

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТЕХНОСФЕРЕ**
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT
№ 4 (56) – 2020

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.

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, заместитель начальника 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 **Сиротинкин Николай Васильевич**, декан факультета химической и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета);

доктор химических наук, профессор **Богданова Валентина Владимировна**, профессор кафедры процессов горения и взрыва Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;

доктор физико-математических наук, профессор **Гончаренко Игорь Андреевич**, профессор кафедры естественных наук Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;

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

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

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 майор 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 **Моторыгин 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;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности 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 полковник внутренней службы **Шидловский Александр Леонидович**, начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований 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, учитываемых при защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Периодичность издания журнала – ежеквартальная

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ложкин В.Н., Эдеев Б.С. К вопросу безопасности альтернативной генерации энергии для населения, промышленности и транспорта в чрезвычайных условиях Крайнего Севера	6
Омельчук М.В., Короткова Ю.С., Венгерский Д.О. Прогнозирование процесса формирования и распространения пропан-бутанового облака при различных начальных условиях	11
Ударцева О.В. Анализ и оценка риска в резервуарных парках для хранения нефти ..	16
Актерский Ю.Е., Мотыженкова М.Г., Шидловский Г.Л. Адаптивная система раннего обнаружения возгораний на этапах строительства и ремонта судов класса «Aframax»	26
Мамаев В.В., Агарков А.В. Испытания усовершенствованной системы дистанционного отбора проб пожарных газов в условиях лаборатории и подземного полигона	31

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Монашков В.В., Ключ В.В., Демехин Ф.В. Причины аварий при использовании природного газа в зданиях жилого назначения	40
Егорова Н.И., Конюшенко И.О., Немец В.М. Снижение рисков производства бензинов путем спектрального исследования нефтяных фракций	44
Крымский В.В., Ищенко А.Д., Таранцев А.А. О построении функции ущерба	54
Фомин А.В., Хорошев А.А. Проблема проведения проверок в области пожарной безопасности в части определения степени огнестойкости здания	59
Сысоева Т.П., Минкин Д.Ю., Крутолапов А.С. Особенности исследования взрывов газа в жилых домах	63
Завьялов Д.В., Савенкова А.Е., Юнцова О.С. Роль пропаганды и информирования в области пожарной безопасности	67

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

Андрюшкин А.Ю., Афанасьев Е.О., Кадочникова Е.Н. Оценка переходного сопротивления подземного трубопровода в зависимости от состояния изоляционного покрытия	73
Танклевский Л.Т., Таранцев А.А., Шидловский Г.Л. Оценка пожарного риска применительно к вузам	80
Соловьев В.О., Седнев А.В., Онов В.А. Универсальный взрывореактивный комплекс для выполнения работ в труднодоступных районах и в чрезвычайных ситуациях	90
Хасанов И.Р., Карпов А.В., Нестеров М.Ю. Расчеты пожарного риска. Проведение, оформление отчета и процедура проверки	95
Бокадаров С.А., Калач А.В., Мельник А.А. Особенности управления спасательными воинскими формированиями	100
Монашков В.В., Ключ В.В., Потапова Ю.С. Оценка параметров взрывоопасности технологии получения присадки к топливному мазуту	105
Савчук О.Н., Сильников М.В., Аксенов А.А. Совершенствование методов и средств обеспечения безопасности личного состава пожарно-спасательных частей при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ	108
Воропаев Н.П., Маслаков М.Д., Белоуско Ю.А. Проблемные вопросы обеспечения безопасности при перевозке аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом	115
Воронов О.С., Фомин А.В. Требования к единой системе оперативного информирования населения в рамках антикризисного управления с учетом специфики выполнения задач в особых условиях	120

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Преснов А.И., Печурин А.А., Данилевич А.В. Высотно-спасательные автомобили: состояние, проблемные вопросы, технические решения	128
Пичкур Е.А., Скрипка А.В. Оценка технического состояния пожарной техники	136
Филановский А.М., Новиков В.Р., Иванов Р.Ю. Обзор пожарных автомобилей, применяемых в подразделениях МЧС России	141
Сытдыков М.Р., Шилов А.Г., Копкин Е.В. Определение гидродинамических характеристик экспериментальной универсальной установки для тушения пожаров на транспорте	145
Зайкин Р.Г., Галишев М.А., Демехин Ф.В. Методика избирательного обнаружения нефтепродуктов в почве при расследовании аварий на нефтегазовых объектах	152

Сведения об авторах 161

Информационная справка 165

Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере» 170

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, 2020

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 658.26:621.43.06:504.054

К ВОПРОСУ БЕЗОПАСНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

**В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации;
Б.С. Эдеев.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Исследована проблема обеспечения безопасности для населения, промышленности и транспорта газогенераторных дизельных станций в чрезвычайных условиях Крайнего Севера. Приведены обоснованные рекомендации для удельных значений эмиссии поллютантов в зависимости от генерируемой мощности и технологии обеспечения конструктивной безопасности газодизельного двигателя. Разработана методика расчета эмиссии поллютантов при работе газогенераторной дизельной станции.

Ключевые слова: Крайний Север, чрезвычайная ситуация, газогенераторная дизельная станция, когенерация, поллютанты, безопасность

ON THE QUESTION OF SAFETY OF ALTERNATIVE ENERGY GENERATION FOR THE POPULATION, INDUSTRY AND TRANSPORT IN EXTRAORDINARY CONDITIONS OF THE HARD NORTH

V.N. Lozhkin; B.S. Edeev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Issues of ensuring safety for the population, industry and transport of gas generating diesel stations in the extreme conditions of the Far North are considered. Reasonable recommendations are given for specific values of pollutant emissions depending on the generated power and technology for ensuring the constructive safety of a gas-diesel engine. A method for calculating the emission of pollutants during the operation of a gas-generating diesel station has been developed.

Keywords: Far North, emergency, gas generator diesel station, cogeneration, pollutants, safety

В связи с освоением шельфовых месторождений углеводородов в Арктике ожидается мощное развитие инфраструктурных объектов [1], которое обеспечит приток инвестиций в сферу наукоемких энергетических технологий. В условиях чрезвычайно холодного арктического климата и необходимости сохранить уникальные северные биоценозы освоение обширных территорий Крайнего Севера будет носить «точечный» характер и откроется

перспектива использования в автономных поселениях газогенераторных мини-ТЭЦ [2], работающих на местных биологических энергоносителях.

При проектировании мини-ТЭЦ [2], представляющих собой группу одновременно функционирующих энергетических установок – газогенератор-дизель-электрогенератор (ГДЭ), являющихся общей станцией генерации энергии, необходимо предусмотреть ее аккумулярование и конверсию генерации тепловой (когенерация), электрической и механической энергии, что позволит полнее ее использовать для нужд населения, в промышленности и на транспорте.

Исходным сырьем для производства станцией отмеченных видов энергии могут являться древесные материалы [2], брикеты торфа, угольные [3, 4] и сланцевые материалы, а также иная промышленная и биологическая органика, например, автомобильные покрышки или кизяк животных. Дополнительно, для запуска и воспламенения генераторного газа в цилиндрах дизельного двигателя, авторы предлагают использовать дизельное топливо [2].

При эксплуатации энергетического комплекса в экстремальных климатических условиях северных широт на газогенераторном топливе вероятно ожидать выбросы с отработавшими газами газодизельного двигателя поллютантов: основные – угарный газ, окислы азота, летучая органика, частицы сажи, сернистый ангидрид, альдегиды, полициклические ароматические углеводороды. Необходимо учитывать процессы метаболизма химических веществ в атмосферном воздухе, например, окисление оксида азота в диоксид и более высокие окислы азота [5].

В целях проведения расчетов загрязнения атмосферного воздуха в местах эксплуатации энергетического комплекса, работающего на газогенераторном топливе, авторами разработана методика, учитывающая мощность газогенераторного дизельного агрегата (ГДА), используемые на нем природоохранные технологии [5, 6], применяемые отечественные [7] и международные [8] экологические стандарты и математические модели для определения параметров рабочего процесса, комбинированного поршневого газодизельного двигателя [9, 10].

Мини-ТЭЦ, аналогично методике, приведенной в работе [10], предлагается разбить на семь категорий в зависимости от страны-изготовителя, года выпуска и номинальной мощности дизельного двигателя ГДА, а именно:

(1) – ГДА с дизельными двигателями, соответствующими требованиям ГОСТ 31967–2012 [7] до 2000 г. (без категорирования по мощности);

(2) – ГДА с дизельными двигателями, соответствующими требованиям ГОСТ 31967–2012 [7] 2000–2021 гг. (без категорирования по мощности);

(3) – ГДА с дизельными двигателями, соответствующими требованиям зарубежных стандартов [8], с номинальной мощностью менее 18 кВт;

(4) – ГДА с дизельными двигателями, соответствующими требованиям зарубежных стандартов [8], в диапазоне мощностей 19–55 кВт;

(5) – ГДА с дизельными двигателями, соответствующими требованиям зарубежных стандартов [8], в диапазоне мощностей 56–129 кВт;

(6) – ГДА с дизельными двигателями, соответствующими требованиям зарубежных стандартов [8], в диапазоне мощностей 130–560 кВт;

(7) – ГДА с дизельными двигателями, соответствующими требованиям зарубежных стандартов [8], в диапазоне мощностей более 560 кВт.

В качестве оценочной величины интенсивности «залпового» выброса поллютанта предлагается, аналогично подходу методики [10], использовать средневзвешенное (по эксплуатационным режимам работы дизельного двигателя ГДА в процессе генерации энергии) его значение, отнесенное к 20-минутному времени экспозиции (требование оценки превышения ПДК_{МР} поллютанта), по выражению:

$$M_{i\text{ ср}} = \frac{e_{M_{i\text{ ср}}} P_{\text{Э ГДА}}}{3.6} 10^{-3},$$

где $P_{эГДА}$ – эксплуатационная мощность (генерируемая мощность) дизельного двигателя ГДА, кВт (если ГДА генерирует электрическую энергию, то допускается, в качестве характеристики $P_{эГДА}$, принимать значение номинальной мощности дизельного двигателя ГДА ($N_{э ГДА}$), кВт); $e_{M_{i_{cp}}}$ – средневзвешенное значение коэффициента выброса i -го загрязняющего воздух вещества, отнесенное к единице вырабатываемой эффективной работы ГДА, г/кВт·ч (табл. 1); значения $e_{M_{i_{cp}}}$ устанавливаются экспертным путем [10] на основании анализа литературных источников, информации заводов-изготовителей ГДА и тенденций стандартизации технических нормативов санитарно-гигиенической безопасности дизельных двигателей, входящих в состав ГДА.

Таблица 1. Рекомендуемые величины коэффициента выброса поллютантов $e_{M_{i_{cp}}}$ для ГДА по категориям

Категория ГДА	Выброс, г/кВт·ч						
	(CO)	(NO _x)	(C _n H _m)	(C – сажа)	(SO ₂)	(CH ₂ O)	(Б(а)П)
(1)	8,40	12,80	2,90	0,11	0,15	0,18	$1,60 \cdot 10^{-5}$
(2)							
До 2000 г.	<u>6,60</u>	<u>8,00</u>	<u>1,20</u>	<u>0,080</u>		<u>0,100</u>	<u>$0,84 \cdot 10^{-5}$</u>
2000–21 гг.	4,2	4,80	0,48	0,050	0,15	0,050	$0,48 \cdot 10^{-5}$
(3)	7,30	6,30	0,55	0,060	0,15	0,080	$0,66 \cdot 10^{-5}$
(4)	5,50	3,90	0,44	0,005	0,15	0,060	$0,44 \cdot 10^{-5}$
(5)	5,50	0,36	0,21	0,003	0,15	0,033	$0,22 \cdot 10^{-5}$
(6)	3,70	0,38	0,20	0,003	0,15	0,026	$0,21 \cdot 10^{-5}$
(7)	3,70	0,64	0,20	0,005	0,15	0,032	$0,21 \cdot 10^{-5}$

Назначение величин коэффициента $e_{M_{i_{cp}}}$ производится на основании термодинамических закономерностей протекания рабочего процесса по газодизельному циклу с воспламенением генераторного газа запальной порцией дизельного топлива [9]. Принимается во внимание более благоприятный, с точки зрения санитарно-гигиенического воздействия на человека, состав отработавших газов и тенденция природоохранной сертификации двигателей, выраженная в сближении значений коэффициентов эмиссии поллютантов для всех видов топлива по мере увеличения заявленной мощности [8].

Величины коэффициента эмиссии $e_{M_{i_{cp}}}$ по SO₂ приведены для топливной смеси (генераторный газ + дизельное горючее запальное) с суммарным содержанием серы в топливной смеси, поступающей в цилиндры дизеля, по массе, близкой к значению 0,035 %. Это возможно только в случае применения в ГДА технологии и специального оборудования по очистке генераторного газа от серы. Если такая технология не применяется, то при содержании в запальной порции дизельного горючего серы 0,035 % по массе величины $e_{M_{i_{cp}}}$ по SO₂ надо повышать соответственно увеличению сверх 0,035 % по массе содержания серы в генераторном газе, поступающем в цилиндры дизеля.

Для ГДА категорий (5–7), ввиду использования для воспламенения генераторного газа запальной порции дизельного топлива и последующего горения обедненной топливовоздушной смеси, приведенные в табл. 1 величины коэффициента эмиссии $e_{M_{i_{cp}}}$ по NO_x соответствуют применению на ГДА оборудования селективного восстановления NO_x катализом. Если оно не применяется, то величины коэффициента эмиссии $e_{M_{i_{cp}}}$ по NO_x следует принимать 3,4 г/кВт·ч.

Для ГДА категорий (4–7) значения величины коэффициента эмиссии $e_{M_{i\text{cp}}}$ по С (сажа) соответствуют применению на ГДА оборудования регенерируемой фильтрации частиц сажи. Если оно не применяется, то величины коэффициента эмиссии $e_{M_{i\text{cp}}}$ по С (сажа) следует принимать 0,3 г/кВт·ч.

Для ГДА категорий (2–7) дизельные двигатели которых прошли капитальный ремонт, значения величины коэффициента эмиссии $e_{M_{i\text{cp}}}$ по NO_x , в соответствии с требованиями документа [7], нужно умножить на 0,95, а значения величин коэффициента эмиссии $e_{M_{i\text{cp}}}$ по остальным поллютантам – умножить на 1,2.

Суммарные годовые выбросы в атмосферу опасных химических веществ с отработавшими газами ГДА, т/г, предлагается оценивать по выражению:

$$W_{ГДА_i} = g_{ГДА_{i\text{cp}}} G_{m_i} \cdot 10^{-3},$$

где $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ – средневзвешенное значение коэффициента выброса i -го загрязняющего воздух вещества, отнесенное к единице массы генераторного и дизельного (запального) топлив, в сумме, поступающих в цилиндры дизельного двигателя ГДА, г/кг_т, (табл. 2); значения $e_{ГДА_{i\text{cp}}}$ устанавливаются экспертным путем [10] на основании анализа литературных источников, информации заводов-изготовителей ГДА и тенденций стандартизации технических нормативов санитарно-гигиенической безопасности дизельных двигателей, входящих в состав ГДА; G_{m_i} – потребление смесового топлива ГДА за календарный год его эксплуатации, т; значение G_{m_i} предлагается определять расчетом на основании данных о загрузке используемого энергоносителя по термохимическим уравнениям газификации твердых углеводородов или данных измерений объема генераторного газа после его охлаждения.

Таблица 2. Рекомендуемые величины коэффициента выброса поллютантов $e_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по категориям ГДА

Категория ГДА	Величины коэффициента выброса, г/кг _т						
	(СО)	(NO_x)	(C_nH_m)	Сажа	(SO_2)	(CH_2O)	(Б(а)П)
(1)	36	66	12	0,45	0,72	0,62	$6,6 \cdot 10^{-5}$
(2)							
До 2000 г.	28	34	5,0	0,330	0,72	0,40	$3,6 \cdot 10^{-5}$
2000–21 гг.	18	20	2,0	0,200		0,20	$2,0 \cdot 10^{-5}$
(3)	30	26	2,3	0,260	0,72	0,32	$2,8 \cdot 10^{-5}$
(4)	23	16	1,9	0,020	0,72	0,23	$1,9 \cdot 10^{-5}$
(5)	23	1,5	0,9	0,014	0,72	0,13	$0,9 \cdot 10^{-5}$
(6)	16	1,5	0,9	0,014	0,72	0,11	$0,9 \cdot 10^{-5}$
(7)	16	2,7	0,9	0,020	0,72	0,13	$0,9 \cdot 10^{-5}$

Назначение величин коэффициента $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ производится на основании термохимических закономерностей протекания рабочего процесса по газодизельному циклу с воспламенением генераторного газа запальной порцией дизельного топлива [9]. Принимается во внимание более благоприятный с точки зрения санитарно-гигиенического воздействия на человека состав отработавших газов и тенденция природоохранной

сертификации двигателей, выраженная в сближении значений коэффициентов эмиссии поллютантов для всех видов топлива по мере увеличения заявленной мощности [8].

Величины коэффициента эмиссии $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по SO_2 приведены для топливной смеси (генераторный газ + дизельное горючее запальное) с суммарным содержанием серы в топливной смеси, поступающей в цилиндры дизеля, по массе, близкой к значению 0,035 %. Это возможно только в случае применения в ГДА технологии и специального оборудования по очистке генераторного газа от серы. Если такая технология не применяется, то при содержании в запальной порции дизельного горючего серы 0,035 % по массе, величины $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по SO_2 надо увеличивать соответственно увеличению сверх 0,035 % по массе содержания серы в генераторном газе, поступающем в цилиндры дизеля.

Для ГДА категорий (5–7), ввиду использования для воспламенения генераторного газа запальной порции дизельного топлива и последующего горения обедненной топливовоздушной смеси, приведенные в табл. 2 величины коэффициента эмиссии $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по NO_x соответствуют применению на ГДА оборудования селективного восстановления NO_x катализом. Если оно не применяется, то величины коэффициента эмиссии $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по NO_x следует принимать 16 г/кг_Т.

Для ГДА категорий (4–7) значения величины коэффициента эмиссии $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по С (сажа) соответствуют применению на ГДА оборудования регенерируемой фильтрации частиц сажи. Если оно не применяется, то величины коэффициента эмиссии $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по С (сажа) следует принимать 0,26 г/кг_Т.

Для ГДА категорий (2–7), дизельные двигатели которых прошли капитальный ремонт, значения величины коэффициента эмиссии $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по NO_x , в соответствии с требованиями документа [7], нужно умножить на 0,95, а значения величин коэффициента эмиссии $q_{ГДА_{i\text{cp}}}$ по остальным поллютантам – умножить на 1,2.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Обоснована актуальность применения в регионах Крайнего Севера Российской Федерации ранее разработанных Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России совместно с ОАО «ЯКУТЭНЕРГО» и ООО «ЦНИДИ» ГДА оригинальных конструкций для мини-ТЭЦ генерации тепловой, электрической и механической энергии (из местных альтернативных энергоносителей) в целях удовлетворения потребностей населения, промышленных и транспортных организаций в чрезвычайных климатических условиях Крайнего Севера (Арктики).

2. Обоснована исключительная значимость для «хрупких» биоценозов Арктики вопросов охраны природной среды и обеспечения санитарно-гигиенической безопасности населения, особенно для коренных уникальных самобытных народностей Крайнего Севера, при эксплуатации ГДА и мини-ТЭЦ.

3. Разработана методика оценки критических (экстремальных) значений интенсивности «залповых» (20-минутных) и валовых (за один год) выбросов в атмосферу актуальных для регионов Крайнего Севера поллютантов (CO , CH , C , CH_2O , BP) в зависимости от генерируемой мощности и технологии обеспечения конструктивной безопасности ГДА.

Литература

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Рос. Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. Орлов Е.И., Гаврилов С.Ю., Ложкин В.Н. Обеспечение устойчивой генерации электрической и тепловой энергии в условиях чрезвычайных ситуаций мини-ТЭЦ, созданной на базе газогенераторной энергоустановки транспортируемого исполнения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2010. № 1 (13). С. 123–130.

3. Particle residence time distributions in a vortex-based solar particle receiver-reactor: The influence of receiver tilt angle / D. Davis, M. Troiano, A. Chinnici, W.L. Saw, T. Lau, R. Solimene [et al.] // Sol Energy. 2019; 190:126–38. URL: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.07.078>.

4. Maurizio Troiano, Roberto Solimene, Fabio Montagnaro, Piero Salatino. Char/ash deposition and near-wall segregation in slagging entrained-flow gasification of solid fuels: from experiments to closure equations // Fuel. 2020. V. 264. p. 1–7.

5. Ложкин В.Н., Мусиенко Т.В., Ложкина О.В. Инновационная технология аккумулирования тепла фазового перехода для транспорта в условиях Арктики // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производства: технология и надежность машин, приборов и оборудования: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. Вологда: ВоГУ, 2020. С. 382–388.

6. Веттегрень В.И., Ложкин В.Н., Савин М.А. Эффективная эксплуатация основных пожарных автомобилей при низких температурах: монография. 2-е изд. перераб. и доп. Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2019. 357 с.

7. ГОСТ 31967–2012. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения с Изменением № 1 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 03.08.2020).

8. The Impact of Tier 4 Emission Regulations on the Power Generation Industry. URL: <https://www.missioncriticalmagazine.com/ext/resources/MC/Home/Files/PDFs/Cummins-Impact.pdf>.

9. Теория двигателей внутреннего сгорания / под ред. проф., д-ра техн. наук Н.Х. Дьяченко. Л.: Машиностроение (Ленингр. отделение), 1974. 552 с.

10. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Гавкалюк Б.В. Методические подходы контроля промышленной санитарно-гигиенической безопасности транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 2 (50). С. 58–64.

УДК 614.835

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОПАН-БУТАНОВОГО ОБЛАКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

М.В. Омельчук, кандидат технических наук;

Ю.С. Короткова;

Д.О. Венгерский.

Тюменский индустриальный университет

В рамках проведенного исследования поведения пропан-бутанового облака с применением технологий вычислительной гидродинамики были сделаны расчеты и моделирование движения атмосферных потоков, образования и рассеивания облаков топливно-воздушной смеси на гипотетической газонаполнительной станции. В итоге были получены численные и графические результаты для объема облаков топливно-воздушной смеси с различными концентрациями и при различных начальных условиях. На основании полученных данных был разработан перечень рекомендаций, которые необходимо учесть на стадии проектирования объектов хранения и обращения пропана, бутана и их смеси.

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы, пропан, бутан, утечка, топливно-воздушная смесь, безопасность, моделирование

FORECASTING THE PROCESS OF FORMATION AND DISTRIBUTION OF A PROPANE-BUTANE CLOUD UNDER DIFFERENT INITIAL CONDITIONS

M.V. Omelchuk; Yu.S. Korotkova; D.O. Vengerskiy.
Tyumen industrial university

The research of the propane-butane cloud behavior with the use of computational fluid dynamics technologies was made. All study consisted of calculations and modeling of atmospheric flows movement, the formation and dispersion of air-fuel mixture clouds at a hypothetical gas filling station. As a result, numerical and graphical data were received for the volume of clouds of air-fuel mixture with different concentrations and under different initial conditions. Based on the data obtained, a list of recommendations that must be taken into account at the design stage of storage and handling facilities for propane-butane was developed.

Keywords: liquefied hydrocarbon gases, propane, butane, leakage, air-fuel mixture, safety, modeling

Согласно статистике Министерства энергетики Российской Федерации производство и поставка сжиженных углеводородных газов (СУГ) продолжают увеличиваться с каждым годом [1]. Основным компонентом СУГ являются пропан и бутан. В связи с тем, что данные газы тяжелее воздуха и имеют большую молекулярную массу, они распространяются (в случае утечки) в виде облака топливно-воздушной смеси (ТВС) вблизи земной поверхности и слабо рассеиваются в атмосфере.

Одним из характерных сценариев аварии для объектов хранения пропана, бутана и их смеси является разгерметизация резервуаров с последующим образованием и распространением в окружающем пространстве облака ТВС. При дрейфе облака ТВС возникает опасность его воспламенения от внешних источников зажигания, что может привести к негативным и даже катастрофическим последствиям.

В данном исследовании для анализа был выбран резервуарный парк хранения пропан-бутановой смеси, на территории которого в системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks были смоделированы четыре железнодорожные цистерны и насыпь, 12 наземных резервуаров, арочный ангар, механический цех, административно-бытовой комплекс, цех наполнения баллонов, насосно-компрессорное отделение. Площадь всего объекта составляет 30 тыс. м² [2].

Для того чтобы обеспечить безопасность рассматриваемого объекта, необходимо обратить внимание на места, в которых возможно скопление (застой) пропан-бутановой смеси. Участки, скорость ветра в которых не превышает 0,5 м/с, называются «зонами застоя» [3]. Размер таких зон напрямую зависит от скорости, направления ветра и застройки объекта. По этой причине выявлять потенциальные источники воспламенения облака ТВС необходимо индивидуально на каждом объекте.

Благодаря современным программным комплексам вычислительной гидродинамики, можно проводить вычислительные эксперименты, по результатам которых можно определить вероятные зоны застоя на территории объекта, а также смоделировать процесс образования и дрейфа облака ТВС при разгерметизации резервуара [4, 5].

В качестве такого программного комплекса в работе был использован FlowVision, основанный на численном решении трехмерных стационарных и нестационарных уравнений динамики жидкости и газа, которые включают в себя законы сохранения массы, импульса (уравнения Навье-Стокса), уравнения состояния [6].

Моделирование поведения и расчет объемов облака пропан-бутановой смеси проводились при разных скоростях и направлениях ветра. Исходя из розы ветров исследуемой территории (г. Тюмень, Россия) и взаимного расположения зданий

и сооружений на газонаполнительной станции (ГНС), было выбрано два направления ветра: северное и восточное. Было проведено 16 вычислительных экспериментов со скоростями 1 м/с, 2 м/с, 3 м/с, 4 м/с для данных направлений ветра. Для того чтобы посмотреть, как изменяется облако пропан-бутановой смеси в течение всего расчета, были созданы изоповерхности: с концентрацией 0,018–0,095 (согласно нижнему и верхнему концентрационному пределу распространения пламени) и с концентрацией от $1 \cdot 10^{-7}$ до 0,99 (показывает объем всего облака) (рис. 1).

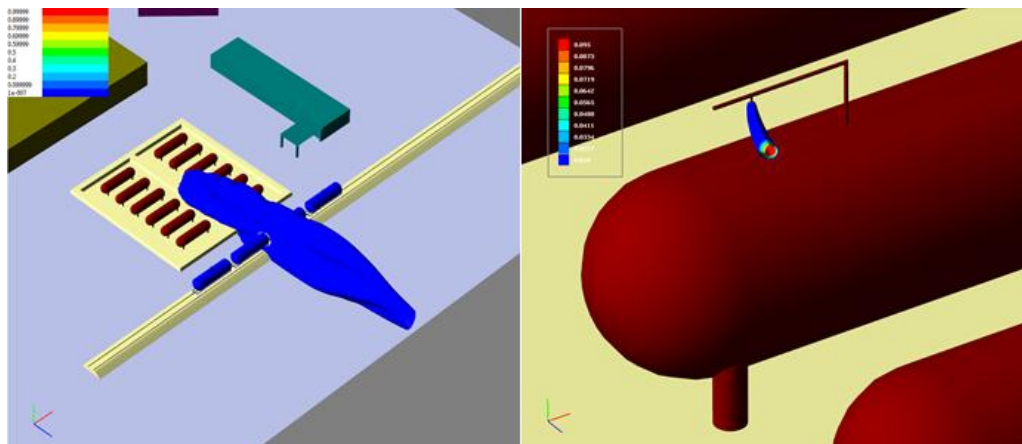


Рис. 1. Изоповерхности для облака ТВС с концентрацией от $1 \cdot 10^{-7}$ до 0,99 (слева) и от 0,018 до 0,095 (справа)

Общая продолжительность каждого расчета составляла 660 с. Первые 60 с моделировалась утечка пропан-бутановой смеси из отверстия около резервуара, далее выход вещества прекращался, оставшиеся 600 с облако рассеивалось в пространстве. Результаты расчетов максимальных объемов облака представлены в табл. 1.

Таблица 1. Максимальные объемы облака ТВС

Направление ветра	Скорость ветра, м/с	Массовая скорость утечки, [кг/(м ² *сек.)]	Объем всего облака (макс.), м ³	Объем облака в пределах 0,018–0,095 (макс.), м ³
Северный	1	7,28	51263,54	0,351379
	2		31431,18	0,221867
	3		62764,87	0,142123
	4		58425,4	0,075235
	1	14,56	45674,37	0,920282
	2		69589,39	0,552797
	3		73513,69	0,345293
	4		63383,48	0,185931
Восточный	1	7,28	10593,43	0,158724
	2		14475,97	0,062178
	3		21204,6	0,034921
	4		25469,71	0,028661
	1	14,56	14211,1	0,532898
	2		15808,92	0,167992
	3		21409,64	0,091153
	4		27091,48	0,071781

Объемы облака ТВС меняются каждый шаг по времени. Поэтому, чтобы отследить изменение объема и визуально сравнить полученные результаты, были составлены графики, которые представлены на рис. 2–5.

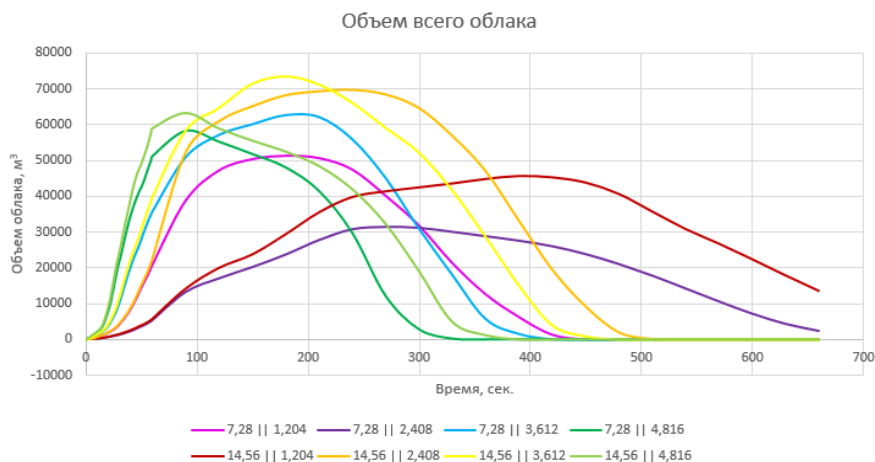


Рис. 2. Объем облака с концентрацией от $1 \cdot 10^{-7}$ до 0,99 при северном направлении ветра (массовая скорость утечки || массовая скорость ветра)

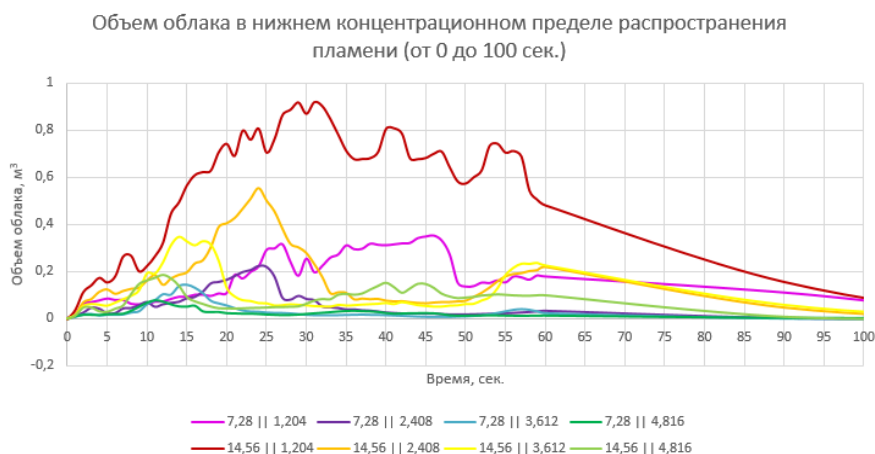


Рис. 3. Объем облака с концентрацией от 0,018 до 0,095 в интервале 0–100 сек. при северном направлении ветра (массовая скорость утечки || массовая скорость ветра)

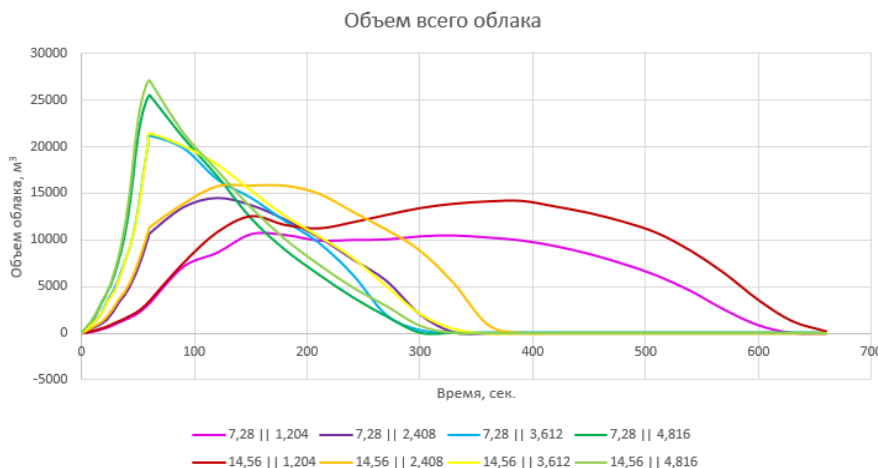


Рис. 4. Объем облака с концентрацией от $1 \cdot 10^{-7}$ до 0,99 при восточном направлении ветра (массовая скорость утечки || массовая скорость ветра)

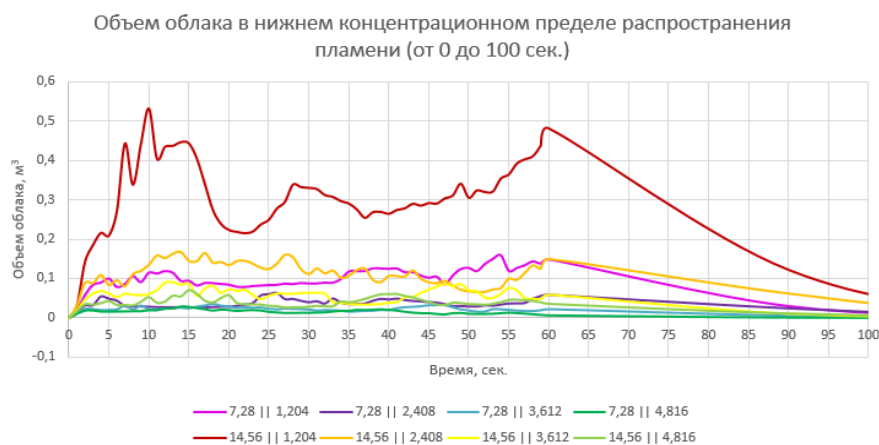


Рис. 5. Объем облака с концентрацией от 0,018 до 0,095 в интервале 0–100 сек. при восточном направлении ветра (массовая скорость утечки || массовая скорость ветра)

По результатам проведенных расчетов можно увидеть, что наибольшие объемы пропан-бутанового облака образуются при северном направлении ветра. Это объясняется тем, что при таком направлении ветра образуются зоны застоя по площади больше, чем при восточном направлении ветра.

При северном направлении ветра образование самого большого облака ТВС с концентрацией от 0,018 до 0,095 наблюдается при массовой скорости утечки 14,56 кг/(м²·сек.) и скорости ветра 1 и 2 м/с. Находясь в пределах таких концентраций подожженная смесь может воспламениться и загореться на всем протяжении облака независимо от расстояния от источника зажигания. Таким образом, при данных условиях будет наблюдаться самый негативный сценарий (из всех рассмотренных условий) развития аварийной ситуации.

Сложно проанализировать линию графика со скоростью ветра 2 м/с и скоростью утечки 7,28 кг/(м²·сек.). При таких условиях образуется облако ТВС по объему в два раза меньше, чем в других расчетах при такой же скорости утечки, но разных скоростях ветра (1 м/с и 3 м/с). Объяснить такое отклонение в данный момент не представляется возможным, необходимо провести дополнительные расчеты с другими слоями визуализации.

Также можно отметить, что при восточном направлении ветра все линии графика объема облака идут по похожим траекториям при одинаковых скоростях ветра и разных скоростях утечек. При скорости ветра 1 м/с облака ТВС рассеиваются в диапазоне 650–660 с, а при остальных скоростях ветра – в диапазоне 300–400 с.

Проанализировав полученные результаты, были разработаны мероприятия, направленные на снижение объемов опасных концентраций в зоне утечки и повышение пожарной безопасности объекта:

- увеличение высоты расположения резервуаров, которое будет способствовать уменьшению размеров зон застоя;
- оптимальное расположение резервуаров относительно розы ветров и застройки, что может снизить вероятность появления зон застоя значительных размеров;
- рациональная расстановка датчиков газоанализа на основе полученных данных визуализации изоповерхностей, которая будет способствовать более оперативному и точному определению опасных концентраций [7].

Использование технологии трехмерного моделирования объектов в совокупности с вычислительной гидродинамикой позволяет прогнозировать зоны застоя для любого объекта и различных начальных условий. Полученные результаты расчетов можно использовать для организации инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение безопасности объектов хранения и обращения пропана, бутана и их смеси.

С помощью средств визуализации и обработки данных можно эффективно и относительно быстро проанализировать результаты расчетов и получить требуемые числовые данные. За счет использования комплексного подхода к анализу проекта и возможности вносить изменения до начала строительства повышается уровень безопасности дальнейшей эксплуатации технического объекта, снижаются вероятные экономические и социальные потери при аварийных ситуациях.

Литература

1. Производство и поставки сжиженных углеводородных газов (СУГ) // Министерство энергетики РФ. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/4852> (дата обращения: 09.09.2020).
2. Omelchuk M.V., Korotkova Y.S., Vorontsova E.A. Estimation of the size of stagnation zones on the territory of the propane-butane tank farm aimed at increasing the safety of the facility // *Periodico tche quimica*. 2019. № 32. С. 656–667.
3. Тляшева Р.Р., Солодовников А.В. Прогнозирование вероятных зон застоя на наружной установке нефтеперерабатывающего предприятия // *Нефтегазовое дело*. 2006. № 2. С. 43.
4. Солодовников А.В., Тляшева Р.Р. Математическое моделирование развития аварийных процессов // Проблемы строительного комплекса России: материалы IX Междунар. науч.-техн. конф. Уфа, 2005. С. 112.
5. Лисанов М.В., Пчельников А.В., Сумской С.И. Моделирование рассеяния выбросов опасных веществ в атмосфере // *Российский химический журнал*. 2005. № 4. С. 18–29.
6. FlowVision 3.09.01. Руководство пользователя. М.: ООО «ТЕСИС», 2014. С. 325.
7. Самсонов В.Т. Проветривание промышленных площадок. Аэродинамические расчеты при проектировании вентиляционных выбросов. М.: Инфра-М, 2015. С. 171.

УДК 504.75.06

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКА В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ

**О.В. Ударцева, доктор технических наук, профессор.
Тюменский индустриальный университет**

Проведен расчет вероятных зон действия поражающего фактора – теплового излучения в результате пожара разлития. Предложено техническое решение, направленное на снижение пожаровзрывоопасной ситуации для резервуаров с нефтью. Математически обоснована необходимость оборудования парка хранения нефти защитной стенкой с отбойным волноотражающим козырьком. Данное устройство позволяет снизить вероятность наступления нежелательного события, связанного с разрушением резервуара, и уменьшить экологические последствия техногенной аварии.

Ключевые слова: техногенная авария, нефтепродукты, разгерметизация, загрязнение окружающей среды

ANALYSIS AND RISK ASSESSMENT IN RESERVOIR PARKS FOR OIL STORAGE

O.V. Udartseva. Tyumen industrial university

In this article, the calculation of the likely zones of action of the damaging factor – thermal radiation as a result of a spill fire. A technical solution aimed at reducing the fire-explosive situation of oil tanks is proposed. The necessity of equipping the oil storage with a protective wall with

a reflective wave awning is mathematically substantiated. This device allows you to reduce the likelihood of an undesirable event associated with the destruction of the reservoir, and to reduce the environmental consequences of a man-made accident.

Keywords: technogenic accident, oil products, depressurization, environmental pollution

Резервуарные парки хранения нефти и нефтепродуктов, используемые для кумулирования значительных объемов сырья, являются не только системами жизнеобеспечения, но и взрывопожароопасными объектами. Данная технология позволяет постоянно иметь запасы нефтепродуктов, но вместе с тем формирует опасность возникновения аварийных ситуаций.

Цель работы – исследование возможности возникновения техногенного риска в резервуарном парке с последующей разработкой технического решения для его минимизации.

Анализ причин аварий, произошедших на аналогичных объектах, позволил выявить в качестве основной – разгерметизацию оборудования [1, 2]. Наиболее вероятные сценарии аварий с описанием развития событий представлены в табл. 1.

Таблица 1. Описание алгоритма развития событий при разгерметизации оборудования

Сценарии аварии	Описание аварии
Формирование пожара разлития	При разрушении оборудования происходит истечение горючей жидкости, с появлением источника зажигания формируется пожар с последующим термическим поражением людей и загрязнением среды обитания
Взрыв облака топливно-воздушной смеси (ТВС)	При разрушении оборудования происходит выброс горючей жидкости, дальнейшее испарение которой образует облако ТВС, при появлении источника зажигания возможен взрыв ТВС, для горючей жидкости вероятно образование пожара разлития, барическое и термическое поражение людей, сооружений и оборудования, загрязнение среды обитания
Разлив вещества	При полном или частичном разрушении оборудования возможен разлив опасного вещества с последующим загрязнением окружающей среды

Выбор оборудования для оценки риска обусловлен статистическими материалами по вероятности возникновения аварий в аналогичных резервуарных парках. В работе оценивалась вероятность возникновения аварии в резервуаре РВС-5000 и насосе ЦНС 300x180. Рассмотрены шесть наиболее вероятных сценариев развития аварии в резервуарном парке при полной и частичной разгерметизации оборудования:

1. С1: Образование пожара разлития при полной разгерметизации насоса ЦНС 300x180:

– С-Н-ГЖ-П-МО-П;

2. С2: Образование пожара разлития при частичной разгерметизации насоса ЦНС 300x180:

- С-Н-ГЖ-Ч-МО-П;
- 3. С3: Образование и взрыв облака ТВС, с возможным образованием пожара разлития при полной разгерметизации насоса ЦНС 300x180:
 - С-Н-ГЖ-П-О-Вз;
- 4. С4: Образование и взрыв облака ТВС, с возможным образованием пожара разлития при частичной разгерметизации насоса ЦНС 300x180:
 - С-Н-ГЖ-Ч-О-Вз;
- 5. С5: Разлив вещества при полной разгерметизации РВС-5000:
 - С-РВС-ГЖ-П-Х-Э;
- 6. С6: Разлив вещества при частичной разгерметизации РВС-5000:
 - С-РВС-ГЖ-Ч-Х-Э.

Веществом, перекачиваемым насосом ЦНС 300x180 и хранящимся в резервуаре РВС-5000, является нефть. Именно данный продукт инициирует опасное событие во всех вышеприведенных сценариях [2].

Исходя из представленного материала, аварийные ситуации, возникающие при нарушениях герметичности технологического оборудования, являются наиболее вероятными. Ситуации, связанные с пожарами и взрывами, менее вероятны, но являются более опасными вследствие возникновения наиболее серьезных последствий. Для оценки вероятности развития аварийной ситуации в резервуарном парке проведен расчет техногенного риска на основе статистических данных (табл. 2) [2].

Таблица 2. Частота разгерметизации типового оборудования

Тип оборудования	Частота разгерметизации, год ⁻¹	
	полное разрушение, мгновенный выброс	продолжительный выброс, через отверстие определенного диаметра
Насосы	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Резервуар	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$

Определение частоты разгерметизации оборудования позволило построить имитационную модель процесса возникновения аварийной ситуации, которая наиболее точно отражает развитие сценария аварии на объекте. В данном случае для определения вероятности возникновения события в резервуарном парке использован графоаналитический метод [3, 4].

«Деревья событий» при полной и частичной разгерметизации оборудования представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

Техногенный риск за выбранный период функционирования опасного производственного объекта рассчитан умножением интенсивности аварий на j -м участке технологического процесса на вероятность возможных последствий i -го сценария аварии по формуле:

$$R_T = \lambda_j \cdot f_i, \quad (1)$$

где λ_j – интенсивность аварий на j -м участке, год⁻¹; f_i – вероятность возможных последствий i -го сценария аварии.

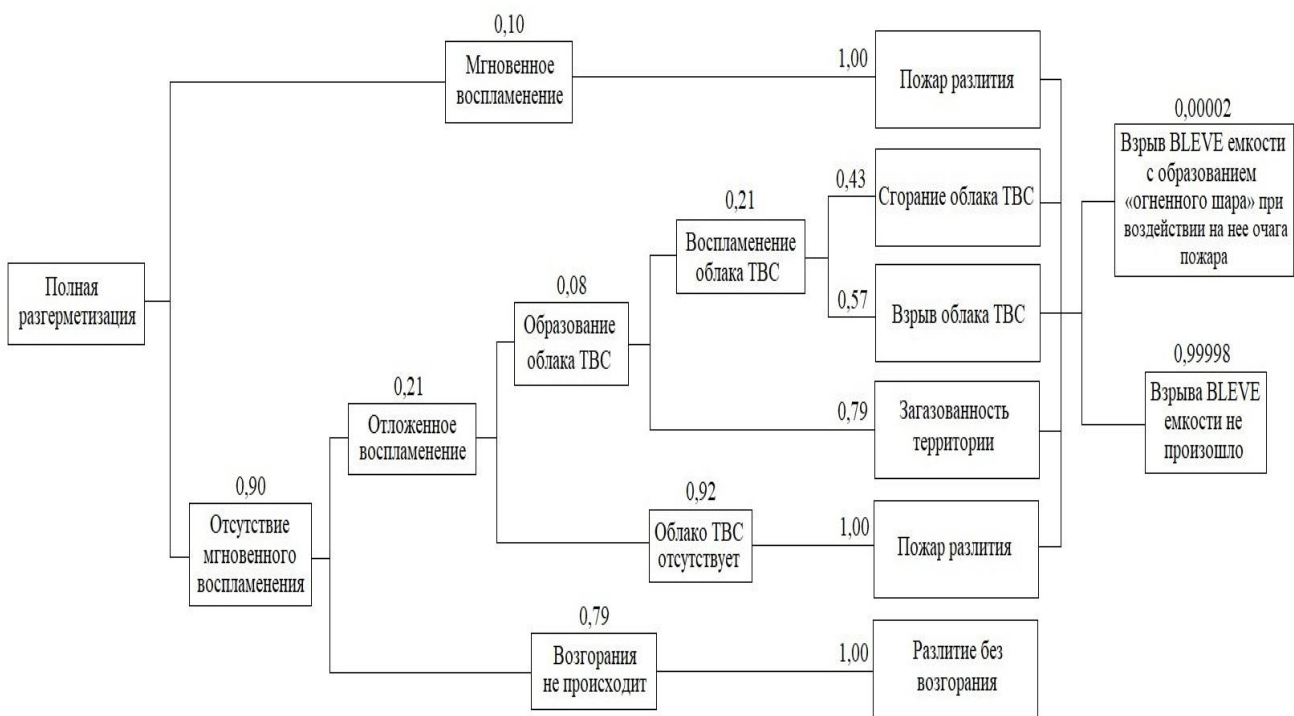


Рис. 1. «Дерево событий» при полной разгерметизации оборудования

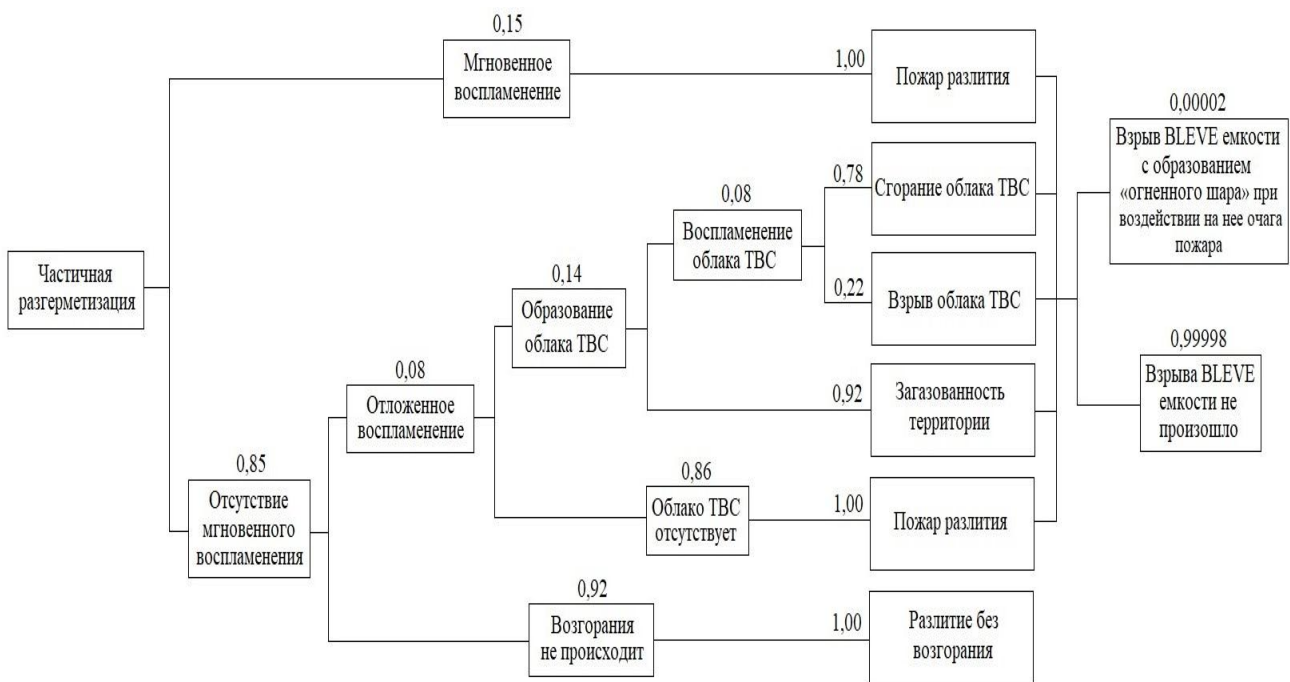


Рис. 2. «Дерево событий» при частичной разгерметизации оборудования

Интенсивность аварий для насоса ЦНС 300x180 в резервуарном парке составляет: $\lambda=7,25 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$. Интенсивность аварий для резервуара РВС-5000 в резервуарном парке составляет: $\lambda=6,34 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

Обобщенные данные об оценке техногенных рисков для каждого сценария на составляющей опасного производственного объекта «Резервуарный парк» представлены в табл. 3.

Таблица 3. Оценка техногенных рисков по каждому сценарию

Сценарий	Возможные последствия	Основной поражающий фактор	Количество опасного вещества, т	R, год ⁻¹
C1	Образование пожара разлива	Тепловое излучение	21	$1,98 \cdot 10^{-4}$
C2	Образование пожара разлива	Тепловое излучение	10	$1,51 \cdot 10^{-4}$
C3	Образование и взрыв облака ТВС с возможным образованием пожара разлива	Ударная волна, тепловое излучение	21	$1,31 \cdot 10^{-6}$
C4	Образование и взрыв облака ТВС с образованием пожара разлива	Ударная волна, тепловое излучение	10	$4,31 \cdot 10^{-7}$
C5	Разлив вещества	Экологическое загрязнение	3 303	$4,51 \cdot 10^{-4}$
C6	Разлив вещества	Экологическое загрязнение	826	$4,96 \cdot 10^{-4}$

Таким образом, наиболее вероятным сценарием развития аварии в резервуарном парке является частичная разгерметизация без взрывопожароопасных последствий резервуара РВС-5000. Частота реализации сценария $4,96 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹. Последствием аварии является разлив вещества.

С целью наглядного представления последствий аварии обозначим размеры зон поражения.

В качестве опасных факторов рассмотрены: тепловое излучение, воздушная ударная волна, экологическое загрязнение.

Зоны действия поражающих факторов зависят:

– для теплового излучения пожаров разлива – от массы растекаемой жидкости, высоты обвалования и характеристик несущей конструкции;

– для воздушной ударной волны – от зоны поражения в точке воспламенения облака ТВС (с учетом возможного дрейфа), радиус которого определяется типом взрывного превращения, массой и видом опасного вещества;

– для токсического поражения – от радиуса действия опасного вещества (с учетом возможного дрейфа), размеры которого определяется типом и массой вещества.

Определение зон действия теплового излучения проведено в соответствии с Методикой определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 [5].

Интенсивность теплового излучения является главным критерием поражения для оценки воздействия теплового излучения.

Данные о вероятных зонах действия поражающих факторов представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты расчета вероятных зон действия поражающего фактора – теплового излучения в результате пожара разлития

Сценарий	Радиус разлития, м	Высота пламени, м	Уровни поражения, м				
			$I=44,0$ кВт/м ²	$I=10,0$ кВт/м ²	$I=7,0$ кВт/м ²	$I=4,0$ кВт/м ²	$I=1,4$ кВт/м ²
(С1) С-Н-ГЖ-П- МО-П	7	16	–	2	6	11	25
(С2) С-Н-ГЖ-Ч- МО-П	7	16	–	2	6	11	25

Графическое изображение вероятных зон при полной и частичной разгерметизации представлено на рис. 3.

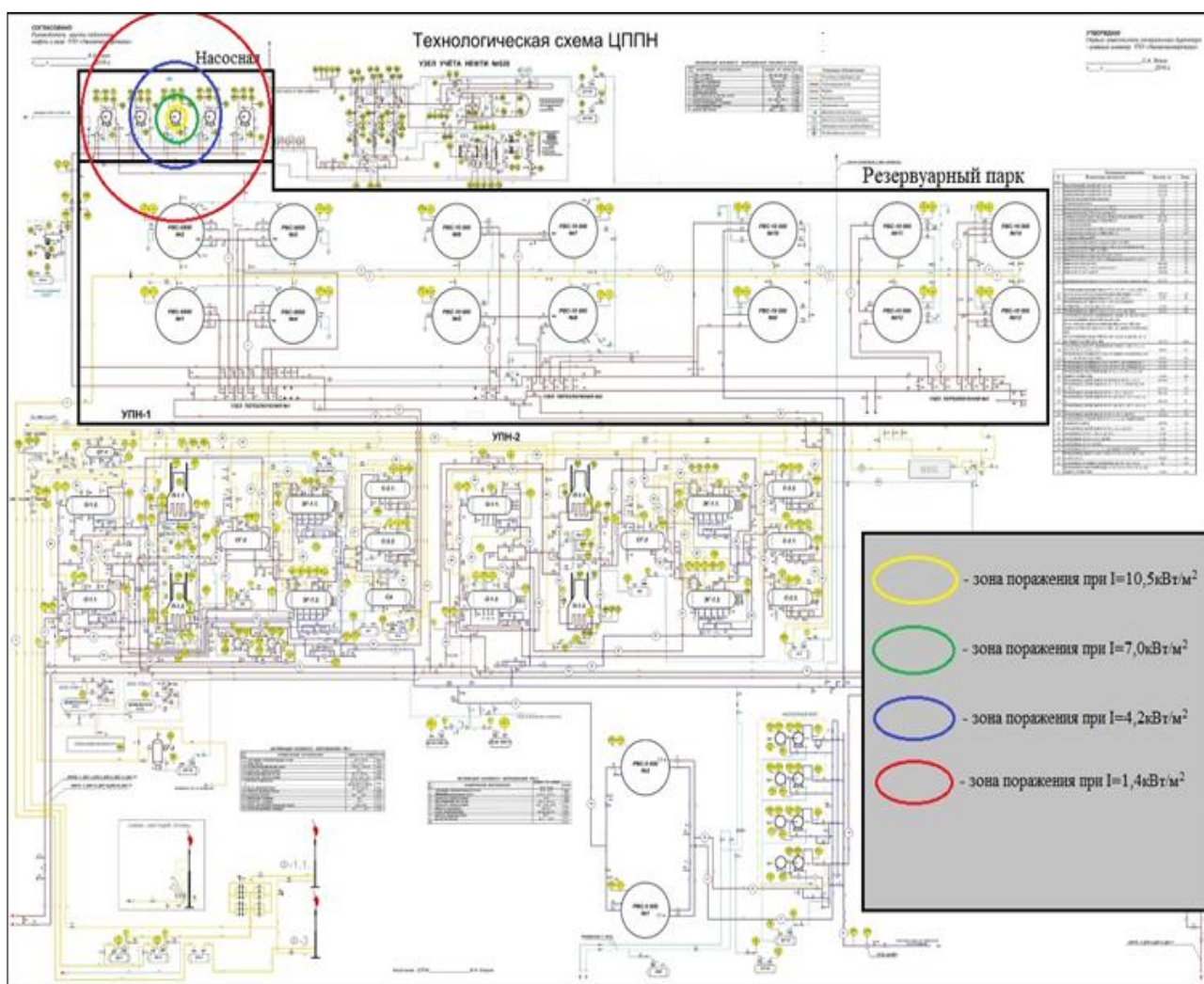


Рис. 3. Вероятные зоны действия поражающего фактора (тепловое излучение) в результате пожара разлития при полной и частичной разгерметизации насоса ЦНС 300x180

Для определения зон действия воздушной ударной волны рассчитано избыточное давление, развивающееся при сгорании газо-, паровоздушных смесей в помещении в соответствии с ГОСТ Р 12.3.047–2012 «ССБТ Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» [6].

Определение зон поражения при воздействии ударной волны от взрыва облака ТВС на открытом пространстве проводилось в соответствии с Руководством по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» [7]. Избыточное давление взрыва для насоса ЦНС 300x180 при полной и частичной разгерметизации представлено в табл. 5.

Таблица 5. Показатели расчета избыточного давления при сгорании газо-, паровоздушных смесей в помещении

Сценарий	Избыточное давление взрыва, ΔP , кПа
(С3) С-Н-ГЖ-П-О-Вз	315
(С4) С-Н-ГЖ-Ч-О-Вз	26

Данные о размерах вероятных зон действия поражающих факторов представлены в табл. 6.

Таблица 6. Показатели расчета вероятных зон действия поражающего фактора – ударной волны в результате взрыва ТВС

Сценарий	Уровни поражения ударной волной, м					
	разрушение зданий при давлении, кПа					поражение людей $\Delta P_{\phi}=120$
	$\Delta P_{\phi}=100$	$\Delta P_{\phi}=70$	$\Delta P_{\phi}=28$	$\Delta P_{\phi}=14$	$\Delta P_{\phi}=2$	
(С3) С-Н-ГЖ-П-О-Вз	8	13	21	63	125	8
(С4) С-Н-ГЖ-Ч-О-Вз	1	1	3	7	15	1

Графическое изображение вероятных зон при полной разгерметизации представлено на рис. 4.

Расчет возможности перехлеста через обвалование в результате аварии на РВС-5000 производился в соответствии с Руководством по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи» [4]. Данные о размерах вероятных зон действия поражающих факторов для разлития вещества приведены в табл. 7.

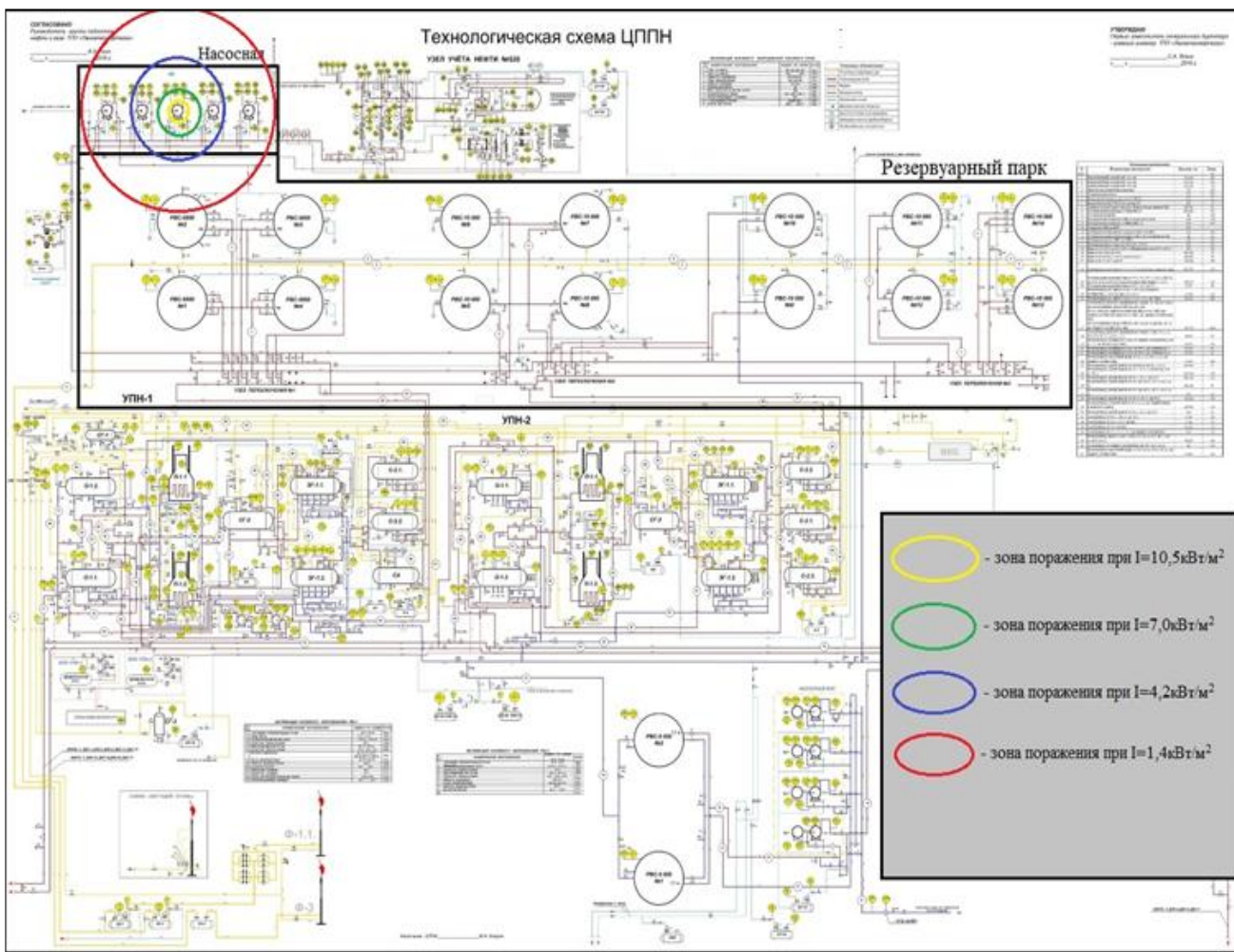


Рис. 4. Вероятные зоны действия поражающего фактора (ударная волна) в результате взрыва ТВС при полной разгерметизации насоса ЦНС 300x180

Таблица 7. Показатели расчета вероятных зон действия поражающего фактора – экологическое загрязнение

Сценарий	Радиус разлития, м	Площадь разлития, м ²
(С5) С-РВС-ГЖ-П-Х-Э	163	83 469
(С6) С-РВС-ГЖ-Ч-Х-Э	126	49 876

Графическое изображение вероятных зон при полной разгерметизации представлено на рис. 5.

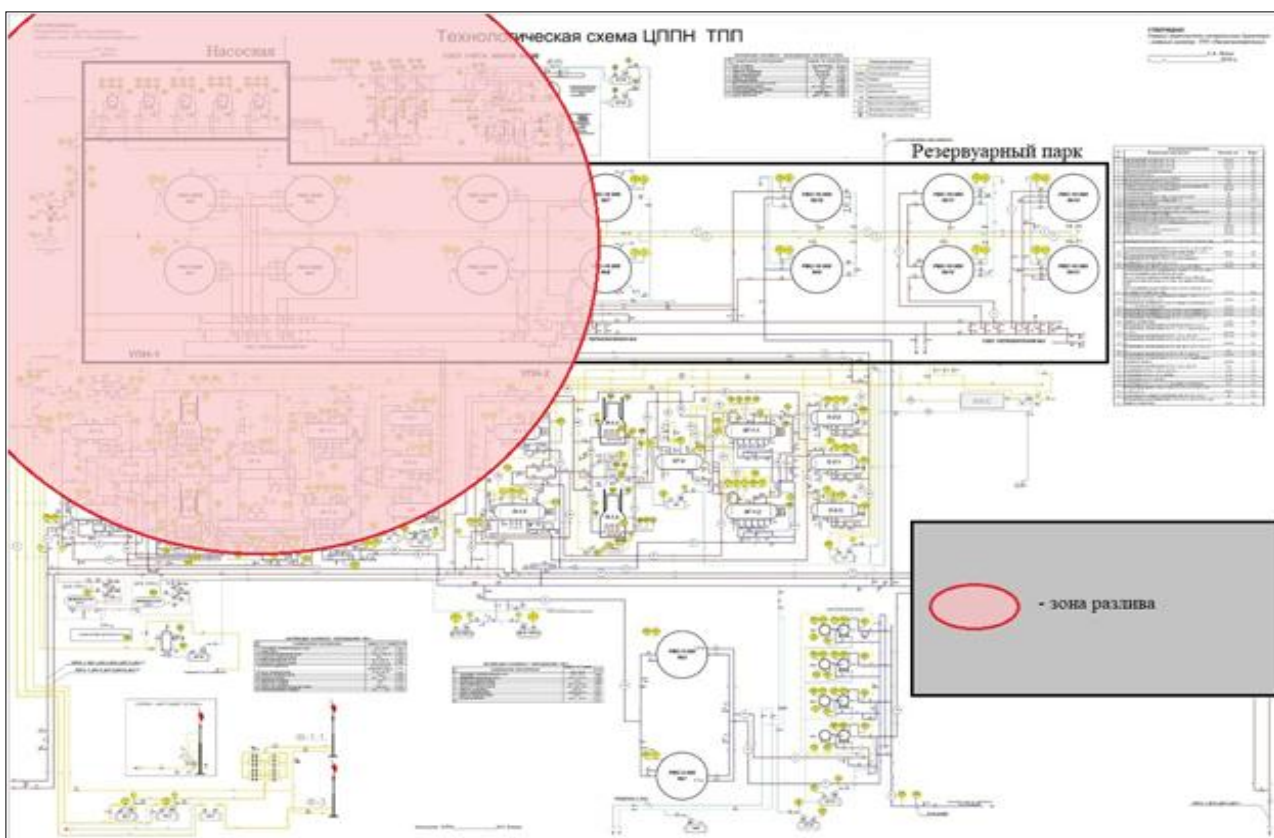


Рис. 5. Вероятные зоны действия поражающего фактора (экологическое загрязнение) при полной разгерметизации резервуара РВС-500

В качестве технического решения с целью уменьшения разлива нефти предлагается установление вертикальной стенки, которая позволит не допустить разлила нефти за пределы обвалования. В связи с этим возникает необходимость определить высоту обвалования для группы резервуаров с нефтью.

Расчет проводим согласно СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы» [8] при условии разгерметизации одного из четырех резервуаров.

Вычислим площадь неразрушившихся резервуаров по формуле:

$$S_{рез}^{ост} = \pi \cdot \frac{d^2}{4},$$

где d – диаметр резервуара;

$$S_{рез}^{ост} = 3,14 \cdot \frac{22,804^2}{4} = 408,22 \text{ м}^2.$$

Высоту обвалования, определяем по формуле:

$$h_{обв} = \frac{V_{рез}}{S_{обв} - S_{рез}^{ост}},$$

где $V_{рез}$ – объем одного резервуара, 5 000 м³; $S_{рез}^{ост}$ – площадь не разрушившихся резервуаров, м²; $S_{обв}$ – площадь обвалования, 6 400 м².

$$h_{\text{обв}} = \frac{5000}{6400 - (408,22 \cdot 3)} + 0,2 = 1,17 \text{ м.}$$

Высота ограждающей стенки:

$$\frac{H_c}{K_3 \cdot H_{\text{жс}}} = -0,0664 \cdot \left(\frac{a_1^2}{\sqrt{a_2}} \right) + 0,0871 \cdot \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} + 0,0639 \cdot \frac{a_1}{a_2},$$

$$\frac{H_c}{K_3 \cdot H_{\text{жс}}} = -0,0664 \cdot \left(\frac{2,9584}{0,6976} \right) + 0,0871 \cdot 1,8799 + 0,0639 \cdot 3,534 = 0,1081.$$

Рекомендуемый коэффициент запаса: $K_3=1,1$. Учитывая K_3 , получим:

$$H_c = K_3 \cdot H_{\text{жс}} \cdot 0,1081,$$

$$H_c = 1,1 \cdot 12,345 \cdot 0,1081 = 1,47 \text{ м.}$$

Схема предлагаемой ограждающей стенки представлена на рис. 6.

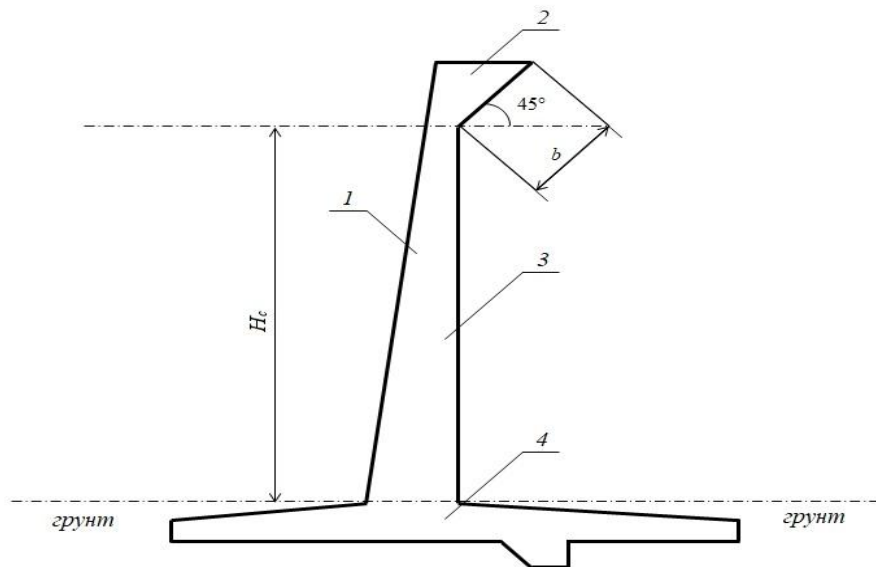


Рис. 6. Схема ограждающей стенки с волноотражающим козырьком:

- 1 – защитная стена; 2 – волноотражающий козырек;
3 – площадка отражения потока; 4 – основание стенки

Применение в резервуарном парке предлагаемой противопожарной преграды позволит решить задачу пожарной безопасности объекта хранения нефти, а также значительно снизит экономический ущерб предприятия. Защитная стенка с волноотражающим козырьком способна не только удержать волну прорыва и весь объем разлившейся жидкости при разрушении резервуара, но и минимизировать последствия причиненного экологического вреда.

Литература

- ГОСТ Р 51901.1–2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс.
- Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М.: Деловой экспресс, 2014. 352 с.

3. РД 153-39.4-078-01. Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз. Уфа, 2001.

4. Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи: руководство по безопасности (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 авг. 2015 г. № 317) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.09.2020).

5. Об утверждении Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

6. ГОСТ Р 12.3.047–2012. ССБТ Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.09.2020).

7. Об утверждении Руководства по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31 марта 2016 г. № 137. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

8. СНиП 2.11.03–93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 28.08.2020).

УДК 656.085.5

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ НА ЭТАПАХ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА СУДОВ КЛАССА «AFRAMAX»

Ю.Е. Актерский, доктор военных наук, профессор;

М.Г. Мотыженкова;

Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматриваются вопросы создания автоматических систем раннего обнаружения и детектирования первичных признаков возгораний на этапах строительства и ремонта судов типа «Aframax», крупнотоннажных судов и кораблей специального назначения. Анализируются актуальные проблемы и предложены пути совершенствования существующих систем автоматической пожарной сигнализации, используемых в настоящее время в отечественной судостроительной отрасли при строительстве и ремонте крупнотоннажных подводных и надводных кораблей различного назначения. Приведено обоснование экономической целесообразности разработки и применения на этапах строительства и ремонта судов типа «Aframax» адаптивных масштабируемых систем пожарной сигнализации с возможностями раннего обнаружения и детектирования первичных признаков возгораний.

Ключевые слова: суда типа «Aframax», надводные и подводные корабли, пожарная сигнализация, возгорание, пожар, обнаружение и детектирование признаков возгораний на этапе строительства и ремонта судов и кораблей

ADAPTIVE SYSTEM FOR EARLY DETECTION OF FIRES DURING THE CONSTRUCTION AND REPAIR OF SHIPS CLASS «AFRAMAX»

Yu.E. Aktersky; M.G. Motyzenkova; G.L. Shidlovsky.

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

The paper deals with the creation of automatic systems for early detection and detection of primary signs of fires at the stages of construction and repair of Aframax-type vessels, large-capacity vessels and special-purpose ships. The article analyzes current problems and suggests ways to improve the existing automatic fire alarm systems currently used in the domestic shipbuilding industry in the construction and repair of large-capacity submarines and surface ships for various purposes. The article substantiates the economic feasibility of developing and applying adaptive scalable fire alarm systems with early detection and detection of primary signs of fires at the stages of construction and repair of Aframax vessels.

Keywords: Aframax vessels, surface and underwater ships, fire alarm, fire, detection and detection of signs of fires during the construction and repair of ships and vessels

Современная геополитическая обстановка требует существенного укрепления экономических и военно-политических позиций Российской Федерации на мировой арене. Одним из прорывных направлений решения данной проблемы является обеспечение доминирования в Мировом океане российского военно-морского (ВМФ) и торгового флотов. Достижение этой цели в приемлемые сроки возможно лишь при значительном увеличении объемов строительства новых, глубокой модернизации и ремонта существующих судов, надводных и подводных кораблей различного, прежде всего, крупнотоннажного класса. В ВМФ России к таким кораблям относятся корабли первого ранга (рис. 1), в торговом флоте наиболее яркими и широко представленными являются суда типа «Aframax» (рис. 2).



а – тяжелый авианесущий крейсер
«Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов»



б – эскадренный миноносец
«Адмирал Ушаков»

Рис. 1. Боевые корабли 1-го ранга ВМФ России



Рис. 2. Российские суда типа «Aframax»

Строительство, ремонт и модернизация таких судов и кораблей в современных условиях проводятся в цехах, доках, у причальных стенок и т.п. судостроительных и судоремонтных предприятий и сопровождаются широким использованием высокоэнергетических технологических процессов, взрыво- и пожароопасных строительных, отделочных и комплектующих материалов, изделий и оборудования. Все это приводит в возможности возникновения и неконтролируемого развития пожаров как внутри чрезвычайно сложно структурированных объектов, так и на их поверхности [1, 2].

Подобные пожары обычно сопровождаются огромным материальным ущербом, негативной корректировкой планов и сроков завершения строительных или ремонтных работ, массовым травмиранием или многочисленными жертвами людей из состава строительных бригад и экипажей судов и кораблей (рис. 3).



Рис. 3. Пожары на кораблях 1-го ранга и судах типа «Aframax»

К основным причинам возникновения таких пожаров можно отнести как отклонение или несоблюдение требований пожарной безопасности при проведении различного вида строительных или ремонтных работ, так и конструктивные особенности архитектуры кораблей и судов, которые также могут являться причиной возникновения пожаров [2, 3]. Но во всех случаях тяжелых последствий таких пожаров можно избежать или значительно минимизировать при наличии на строящихся или ремонтируемых судах временных адаптивных к условиям целевого применения систем автоматической пожарной сигнализации с возможностями раннего обнаружения и детектирования первичных признаков возгораний.

Как показывает практика [2, 4], используемый при существующей технологии строительства крупнотоннажных судов класса «Aframax» комплекс противопожарных мероприятий и специального оборудования не может гарантировать в полном объеме требуемый уровень пожарной безопасности всех видов проводимых работ. Все это делает актуальным и необходимым поиск новых методологических и технических решений снижения пожарного риска при строительстве и ремонте судов и кораблей данного класса [5, 6].

Многоэтапность реализации процесса строительства судов класса «Aframax» и постоянное изменение их конфигурации и размеров при соединении между собой отдельных секций корпуса будущего судна предъявляют особые требования к структуре и принципам функционирования системы противопожарной безопасности объекта защиты. К основным требованиям можно отнести следующие [1, 6]:

- система должна иметь возможность автономного функционирования независимо от этапа строительства судна;
- система должна быть легко масштабируемой с учетом постоянного наращивания количества секций судна и сложности конфигурации помещений внутри них;
- система должна быть адаптивной к внутрисудовой пожарной нагрузке, параметры которой существенно зависят от этапа строительных работ;
- система должна обладать интеллектуальными возможностями, синергетическими свойствами и способностью поддержки принятия решений ответственным лицом;

– масштабирование системы не должно приводить к существенному увеличению сложности и протяженности проводных соединений.

С учетом перечисленных требований в структурный состав предлагаемой адаптивной системы раннего обнаружения возгораний (АСРОВ) на этапах строительства судов класса «Aframax» должны входить следующие основные подсистемы и компоненты:

– центральная подсистема управления (ЦПУ) мониторингом пожарной безопасности объекта защиты, оповещением и эвакуацией людей;

– рабочие места дежурных диспетчеров АСРОВ (количество определяется текущими масштабами системы);

– общесистемное коммуникационное оборудование, обеспечивающее передачу информационных и управляющих сигналов между подсистемами АСРОВ по силовым линиям электропитания системы;

– адаптивная к пожарной нагрузке масштабируемая подсистема пожарной сигнализации;

– адаптивная к пожарной нагрузке масштабируемая подсистема управления автоматическими установками пожаротушения (АУПТ);

– интеллектуальная подсистема оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ) с объекта защиты. В перспективе в состав данной подсистемы предлагается ввести модуль формирования, модификации и управления цифровой моделью объекта защиты;

– автономные модули пожаротушения (АМПТ), специальная оснастка и инженерное оборудование.

Структурная схема перспективной интеллектуальной АСРОВ судов класса «Aframax» приведена на рис. 4.

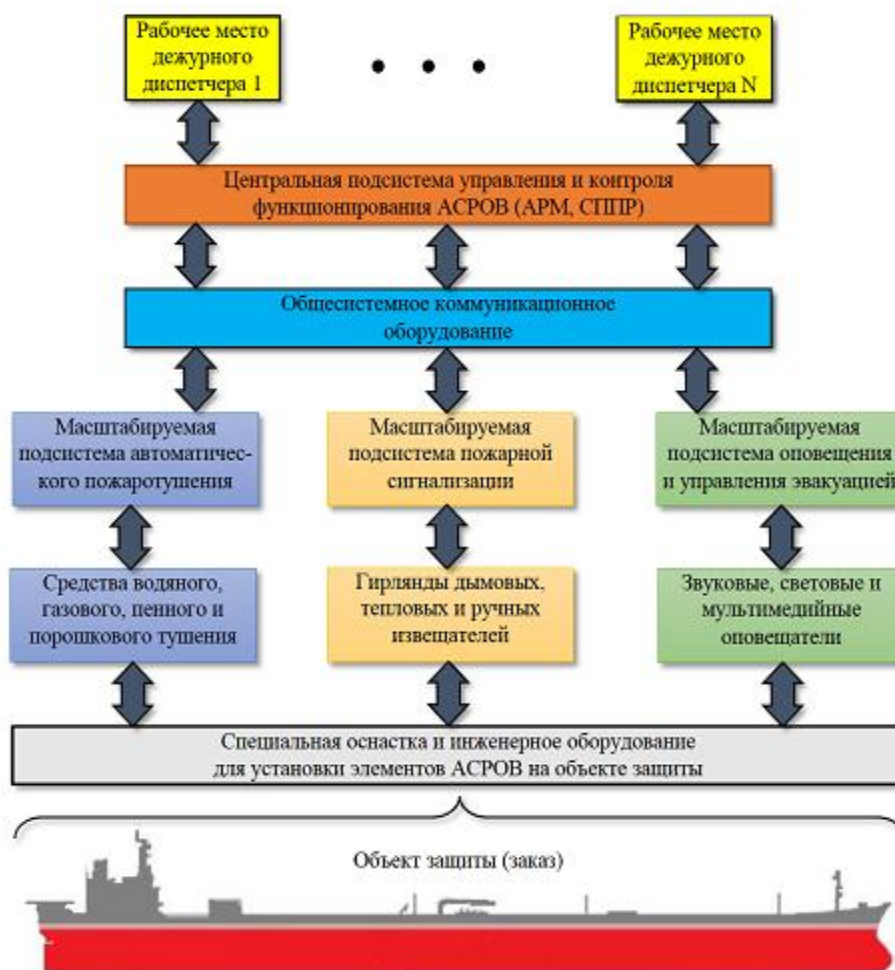


Рис. 4. Структурная схема АСРОВ

Все подсистемы и компоненты АСРОВ многоразового использования соединяются между собой с помощью быстроразъемных коннекторов. Программная и аппаратная реконфигурация системы может выполняться в «горячем режиме» без отключения от электропитания основных компонентов. После завершения работ по постройке судна оборудование АСРОВ снимается с объекта, дефектуется и используется для строительства других судов и кораблей.

ЦПУ в зависимости от этапа строительства судна может быть реализована как автоматизированное рабочее место (АРМ) на базе центрального прибора индикации и управления (ЦПИУ) «Рубеж-АРМ» или как система поддержки принятия решений (СППР) на базе универсального или промышленного компьютера с соответствующим специальным программным обеспечением и набором интерфейсного оборудования. ЦПУ может контролировать пожарную безопасность одновременно во всех отсеках строящегося судна [3]. К интерфейсному оборудованию ЦПУ подключаются гирлянды специализированных или комбинированных извещателей, гирлянды с ручными извещателями, наборные шлейфы комбинированных оповещателей.

При увеличении количества секций и размеров строящегося судна осуществляется постепенное наращивание протяженности гирлянд соответствующего оборудования с автоматическим включением их в новую конфигурацию АСРОВ.

Наборные шлейфы комбинированных адресных оповещателей собираются отдельно для каждой секции оповещения и подключаются с помощью универсальных удлинителей к подсистеме оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).

Предлагаемая АСРОВ позволяет вести непрерывный мониторинг и контролировать в реальном масштабе времени следующие основные параметры во всех помещениях и отсеках строящегося объекта защиты: скорость нарастания температуры, максимально допустимую температуру, появление дыма малой концентрации, ручное включение режима «Пожар».

Поступающая от пожарных извещателей информация обрабатывается аппаратно-программными средствами ЦПУ. По результатам обработки в случае необходимости в ручном, автоматизированном или автоматическом режимах формируются управляющие сигналы и команды активации средств пожаротушения, оповещения и управления эвакуацией людей в безопасные зоны. При этом на средствах отображения ЦПУ в графической, звуковой и комбинированной формах воспроизводится адресная информация о сработавшем извещателе и аналоговая информация о величине контролируемых параметров и динамике их изменения. Использование в системе адресных извещателей позволяет легко контролировать их работоспособность, а также в зависимости от вида и цикла монтажных работ снимать их с режима охраны или возвращать в исходное состояние режима охраны.

В случае обнаружения и подтверждения факта возгорания на цифровой модели объекта защиты отображается адресная информация о сработавших пожарных извещателях. По информации о динамике развития опасных факторов пожара в ручном или автоматическом режиме осуществляется запуск средств подсистемы оповещения и управления эвакуацией людей в безопасные зоны, а также запуск АУПТ. Транспаранты «ВЫХОД», управляемые СОУЭ, в режиме «ПОЖАР» переводятся из режима постоянной подсветки в режим мигания, средства звуковой сигнализации (сирены) формируют сигнал с уровнем звукового давления не менее 105 дБ.

При проведении в помещениях и отсеках защищаемого объекта взрывоопасных работ гирлянды стандартных пожарных извещателей и оповещателей, а также графические транспаранты и указатели заменяются на взрывозащищенные.

Проведенные исследования и оценивание потенциальных возможностей и эффективности целевого применения предлагаемой автоматизированной системы раннего обнаружения возгораний на строящихся и ремонтируемых крупнотоннажных кораблях и судах позволяют утверждать, что ее внедрение и использование более чем на 50 % позволяет

сократить первичные затраты на обеспечение требуемого уровня пожарной безопасности проведения строительных и ремонтных работ по сравнению с решениями на базе известных аналогичных систем.

Литература

1. РД5Р.6207–93. Электроснабжение, освещение, охранная и пожарная сигнализация, оперативная техническая связь строящихся, переоборудуемых и ремонтируемых судов. Проектирование, монтаж и эксплуатация. Нормы и правила (введ. 1 янв. 1994 г.). 25 с. (Отраслевой стандарт). URL: StandartGost.ru>g/РД_5Р.6207-93 (дата обращения: 04.08.2020).

2. Мотыженкова М.Г., Актерский Ю.Е. Технические решения по обеспечению пожарной безопасности при выполнении работ по обработке конструкций из титановых и алюминиевых сплавов в судостроительной и судоремонтной промышленности // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 12–13 нояб. 2019 г. СПб.: ИПТ РАН, 2019. Т. 2. 299 с.

3. Буцынская Т.А. Методы оценки эффективности устройств охранно-пожарной сигнализации // Системы безопасности – СБ-2003: матер. XII Междунар. конф. М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. С. 87–90.

4. РД5Р.0346–81. Электроснабжение строящихся и ремонтируемых судов. Требования безопасности (введ. 12 янв. 1981 г.). 58 с. URL: StandartGost.ru>g/РД_5.0346-81 (дата обращения: 04.08.2020).

5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

6. ГОСТ Р 52436–2005. Приборы приемно-контрольные охранной и охранно-пожарной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний (введ. 1 сент. 2006 г.). М.: Стандартинформ, 2006. 16 с.

УДК [622.868:622.411.3]:[62-543.27.05]-519

ИСПЫТАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОТБОРА ПРОБ ПОЖАРНЫХ ГАЗОВ В УСЛОВИЯХ ЛАБОРАТОРИИ И ПОДЗЕМНОГО ПОЛИГОНА

В.В. Мамаев, доктор технических наук, старший научный сотрудник;

А.В. Агарков.

**Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС
Донецкой Народной Республики**

Представлен обзор результатов экспериментальных исследований и испытаний усовершенствованной системы дистанционного отбора проб пожарных газов, проведенных на лабораторной базе Государственного научно-исследовательского института горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор» МЧС Донецкой Народной Республики и в условиях учебно-тренировочного полигона подземного типа горноспасательного отряда. Результаты испытаний подтвердили соответствие усовершенствованной системы всем требованиям технического задания и конструкторской документации на опытный образец.

Ключевые слова: угольная шахта, подземный пожар, аварийно-спасательные работы, горноспасательная служба, газовая обстановка, пробы пожарных газов

TESTS OF THE ADVANCED SYSTEM OF REMOTE SAMPLING OF FIRE GASES IN THE CONDITIONS OF A LABORATORY AND UNDERGROUND RANGE

V.V. Mamaev; A.V. Agarkov.

The «Respirator» State scientific research institute of mine-rescue work, fire safety and civil protection of EMERCOM of the Donetsk People's Republic

An overview of the results of experimental studies and tests of an improved system for remote sampling of fire gases carried out at the laboratory base of the «Respirator» State scientific research institute of mine-rescue work, fire safety and civil protection of EMERCOM of the Donetsk People's Republic and in the conditions of the training ground of the underground type of the mine rescue detachment is presented. The test results confirmed the compliance of the improved system with all the requirements of the technical specifications and design documentation for the prototype.

Keywords: coal mine, underground fire, emergency rescue operations, mine rescue service, gas situation, fire gas samples

Интенсивная работа угольной промышленности – одно из приоритетных направлений экономического и социального становления и развития многих горнодобывающих стран и государств [1, 2]. При этом существенным препятствием на пути к достижению высоких показателей угледобычи являются подземные пожары, взрывы и другие аварии, при ликвидации которых возникают условия, опасные для жизни горноспасателей [3, 4].

Особую опасность представляют аварийно-спасательные работы в газообильных угольных шахтах, так как их проведение постоянно сопряжено с вероятностью взрыва газозвдушной смеси из-за возможных ее скоплений до взрывоопасных концентраций [5].

При ликвидации пожаров, последствий взрывов и других аварий в угольных шахтах с целью обеспечения безопасности подразделениями горноспасательной службы применяется дистанционный контроль газовой обстановки на значительном расстоянии путем отбора газовых проб по заранее проложенному трубопроводу. Выполнение данного контроля является важным условием безопасного ведения горноспасательных работ в угольных шахтах.

Дистанционный отбор газовых проб также применяется при ликвидации пожаров пассивным (путем изоляции аварийного участка) и комбинированным способами.

Основными данными, по которым можно судить о состоянии пожара (степени его развития или затухания), о вероятности взрыва газозвдушной смеси при установлении границ заполнения пожарным газом горных выработок для выбора месторасположения подземных баз и определения зон работы горноспасателей без изолирующих дыхательных аппаратов, а также при оценке эффективности принятых мер по проветриванию и инертлизации аварийного, в том числе изолированного пожарного участка, являются результаты анализа проб пожарных газов путем определения концентраций метана (CH_4), оксида и диоксида углерода (CO и CO_2), кислорода (O_2), водорода (H_2), а при необходимости – других газов [5].

Однако применяемое на сегодняшний день подразделениями горноспасательной службы МЧС Донецкой Народной Республики (ДНР) оборудование для дистанционного контроля газовой обстановки имеет ряд существенных недостатков, приведенных в работах [6, 7], следствием которых является невысокая достоверность отобранных проб пожарных газов, так как в практике ликвидации пожаров и других аварий имеют место случаи взрывов газозвдушных смесей, в то время как по результатам газового анализа дистанционно отобранных газовых проб смесь была невзрывчатой, а также обратная ситуация, когда по результатам дистанционного контроля газовой обстановки аварийного участка наблюдалась взрывоопасная ситуация, а взрывов не было.

С целью устранения недостатков и согласно приведенным в работе [8] перспективным направлениям и требованиям, в 2020 г. научно-исследовательским институтом горноспасательного дела (НИИГД) «Респиратор» разработана усовершенствованная система дистанционного отбора проб пожарных газов (УСДОП) при ведении аварийно-спасательных работ в угольных шахтах, представленная на рис. 1. УСДОП предназначена для дистанционного контроля газовой обстановки в изолированных и неизолированных аварийных участках угольных шахт.

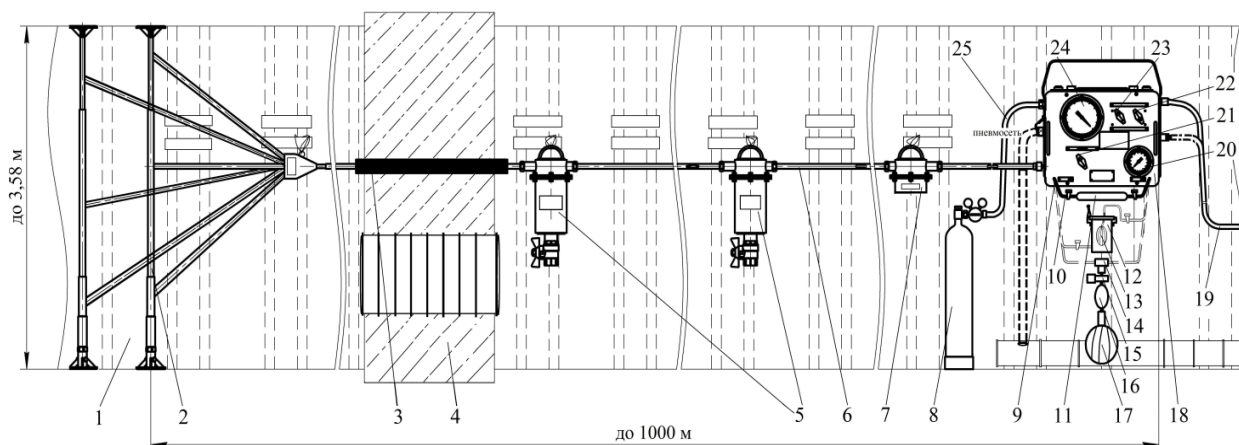


Рис. 1. Общий вид УСДОП:

1 – изолированное пространство аварийного участка; 2 – многоточечный пробоотборник; 3 – металлическая труба, монтируемая в изолирующее сооружение при его возведении; 4 – изолирующее сооружение; 5 – фильтры-влажнители (основной и дополнительный); 6 – пробоотборный трубопровод; 7 – фильтр-осушитель; 8 – баллон (с редуктором) со сжатым воздухом; 9 – штуцеры «Проба»; 10 – соединительные трубки с зажимами Мора; 11 – сосуд для отбора проб пожарных газов; 12 – буферный резервуар для набора пробы пожарных газов в камеру (пробонаборное устройство); 13, 17 – камеры для отбора проб пожарных газов; 14 – Т-образный соединительный тройник; 15 – кран шаровой; 16 – груша резиновая от шахтного интерферометра типа ШИ (ручной насос); 18 – установка эжекторная УЭ-1М; 19 – отводной трубопровод для сброса воздуха в окружающую среду; 20 – манометр; 21, 22, 23 – краны выбора режимов работы и питания; 24 – вакуумметр; 25 – трубопровод соединительный

Целью настоящей статьи является обзор результатов экспериментальных исследований и проведенных испытаний УСДОП на лабораторной базе НИИГД «Респиратор» и в условиях учебно-тренировочного полигона подземного типа горноспасательного отряда. Настоящая работа имеет непосредственное отношение к диссертационному исследованию аспиранта А.В. Агаркова и выполнена в соответствии с Планом работы НИИГД «Респиратор» на 2020 г.

Основные технические характеристики УСДОП приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики УСДОП

Наименование показателя	Значение показателя
1. Питание установки эжекторной УЭ-1М ¹⁾ осуществляется сжатым воздухом от: – баллона с редуцированным давлением, кПа – пневмосети с давлением, кПа	1 500 ± 100 400 ± 100
2. Максимальная дальность ²⁾ отбора проб пожарных газов, м	1 000
3. Время откачивания ²⁾ пробы пожарных газов при длине пробоотборного трубопровода 1 000 м с наружным номинальным диаметром 16 мм, мин, не менее	15
4. Время набора пробы в сосуд (газовую пипетку) или камеру, мин, не более	2,5
5. Время непрерывной работы от баллона (с редуктором) со сжатым воздухом, емкостью 40 л, ч, не менее	8

6. Масса, кг: – многоточечного пробоотборника; – фильтра-влажготделителя; – фильтра-осушителя; – установки эжекторной УЭ-1М	11,000 1,095 0,845 8,000
7. Габаритные размеры, мм: – многоточечного пробоотборника: – стойки; – коллектора; – трубки; – фильтра-влажготделителя; – фильтра-осушителя; – установки эжекторной УЭ-1М	3580×100×100 255×110×90 3000×16 157×230×80 154×135×80 375×265×165
¹⁾ Питание установки эжекторной УЭ-1М может осуществляться от отдельного насоса (побудителя расхода), в качестве которого может быть использован вакуумный насос ВН-461М с пневматическим или электрическим двигателем в рудничном взрывобезопасном исполнении или его аналог (не входят в состав УСДОП). ²⁾ Указана максимальная дальность отбора и время откачивания проб пожарных газов при питании установки эжекторной УЭ-1М от баллона со сжатым воздухом или от пневмосети. При питании установки эжекторной УЭ-1М от отдельного насоса (побудителя расхода) максимальная дальность отбора проб пожарных газов может быть увеличена, а время откачивания проб – сокращено	

УСДОП изготовлена в климатическом исполнении УХЛ и категории размещения 5 по ГОСТ 15150–69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды», но для работы при температуре окружающей среды от 278 К (плюс 5 °С) до 313 К (плюс 40 °С) и относительной влажности до 95 % при температуре 308 К (плюс 35 °С).

С целью проверки УСДОП на соответствие всех характеристик требованиям технического задания и конструкторской документации в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации, проводились предварительные и приемочные испытания, задачами которых являлись: проверка работоспособности, оценка удобства пользования, технического обслуживания и ремонта, определение возможности постановки УСДОП на производство и на подконтрольную эксплуатацию в подразделение МЧС ДНР.

Испытания проводились при соблюдении следующих условий:

- температура окружающего воздуха (298 ± 10) К $[(25 \pm 10) \text{ °С}]$;
- относительная влажность воздуха от 45 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа.

Программы предварительных и приемочных испытаний приведены в табл. 2.

В результате испытаний подтверждено соответствие УСДОП требованиям к составу, внешнему покрытию составных частей, эргономике, эксплуатации, удобству технического обслуживания и ремонта, безопасности, технологичности, конструктивному исполнению, сырью, материалам и комплектующим изделиям, консервации, упаковке и маркировке, качеству и техническому уровню.

Результаты проверки требований технологичности, эргономики, эксплуатации, удобства технического обслуживания и ремонта методом экспертной оценки (по четырехбалльной системе) приведены в табл. 3.

Масса и габаритные размеры составных частей УСДОП соответствуют требованиям технического задания и конструкторской документации.

Таблица 2. Программы предварительных и приемочных испытаний

Наименование показателя (проверки)	Метод (методика) проверки
1. Проверка соответствия УСДОП требованиям:	
– состава;	Путем внешнего осмотра УСДОП и сравнения с конструкторской документацией методом сличения
– внешнего покрытия составных частей;	
– эргономики;	Экспертным методом тремя экспертами по четырехбалльной системе
– эксплуатации, удобства технического обслуживания и ремонта;	
– технологичности;	
– безопасности;	Согласно требованиям раздела 4 НПАОТ 10.0-1.01–2016. «Правила безопасности в угольных шахтах»; разделов 1, 2 ГОСТ 12.2.003–91. «Система стандартов безопасности труда...»; НПАОТ 0.00-1.59–87. «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»
– конструктивного исполнения;	Путем внешнего осмотра УСДОП и сравнения с конструкторской документацией методом сличения
– к сырью, материалам и комплектующим изделиям;	
– к консервации, упаковке и маркировке;	Сравнением показателей УСДОП с показателями аналогов
– к качеству и техническому уровню	
2. Определение и проверка массы составных частей УСДОП (без учета массы пробортборного трубопровода и баллона (с редуктором) со сжатым воздухом)	Методом прямого измерения путем взвешивания на весах
3. Определение и проверка: – габаритных размеров составных частей; – длины пробортборного трубопровода	Методом непосредственной оценки путем измерения линейкой измерительной, рулеткой и штангенциркулем
4. Проверка времени откачивания пробы при длине пробортборного трубопровода 1 000 м ²⁾	
5. Проверка времени набора пробы в камеру ²⁾	
6. Проверка УСДОП на воздействие климатических факторов ³⁾	
7. Проверка УСДОП на воздействие транспортной тряски ²⁾	
8. Проверка показателей надежности УСДОП ²⁾	
¹⁾ 3 балла – отлично; 2 балла – хорошо; 1 балл – удовлетворительно; 0 баллов – неудовлетворительно (согласно ГОСТ 15467. «Управление качеством продукции...»). Результаты вносят в таблицу соответствующей формы (табл. 3 настоящей статьи). ²⁾ Методы (методики) проверки и результаты приведены ниже. ³⁾ Поскольку составные части УСДОП выполнены из материалов, исключая образование статического электричества и искрообразования, диапазон температур эксплуатации которых превышает диапазон температур эксплуатации УСДОП, диапазон температур хранения и диапазон температур транспортирования, испытания на воздействие климатических факторов не проводились	

Таблица 3. Результаты проверки требований технологичности, эргономики, эксплуатации, удобства технического обслуживания и ремонта методом экспертной оценки (по четырехбалльной системе)

Проверяемый параметр УСДОП	Экспертная оценка			Результат оценки
	I эксперт	II эксперт	III эксперт	
Технологичность	2	3	2	2,3
Эргономика	3	2	2	2,3
Удобство эксплуатации	2	2	3	2,3
Удобство технического обслуживания и ремонта	2	3	2	2,3

Проверку времени откачивания пробы при длине пробоотборного трубопровода 1 000 м, а также проверку времени набора пробы в камеру проводили в условиях учебно-тренировочного полигона подземного типа согласно схеме испытаний УСДОП, представленной на рис. 2. Вначале были смонтированы все составные части УСДОП. После монтажа и проверки УСДОП, в тупиковом забое западного откаточного штрека пласта К₇ у груди забоя производится выпуск из резиновой емкости газозвдушной смеси, содержащей метан (СН₄), диоксид углерода (СО₂) и кислород (О₂).

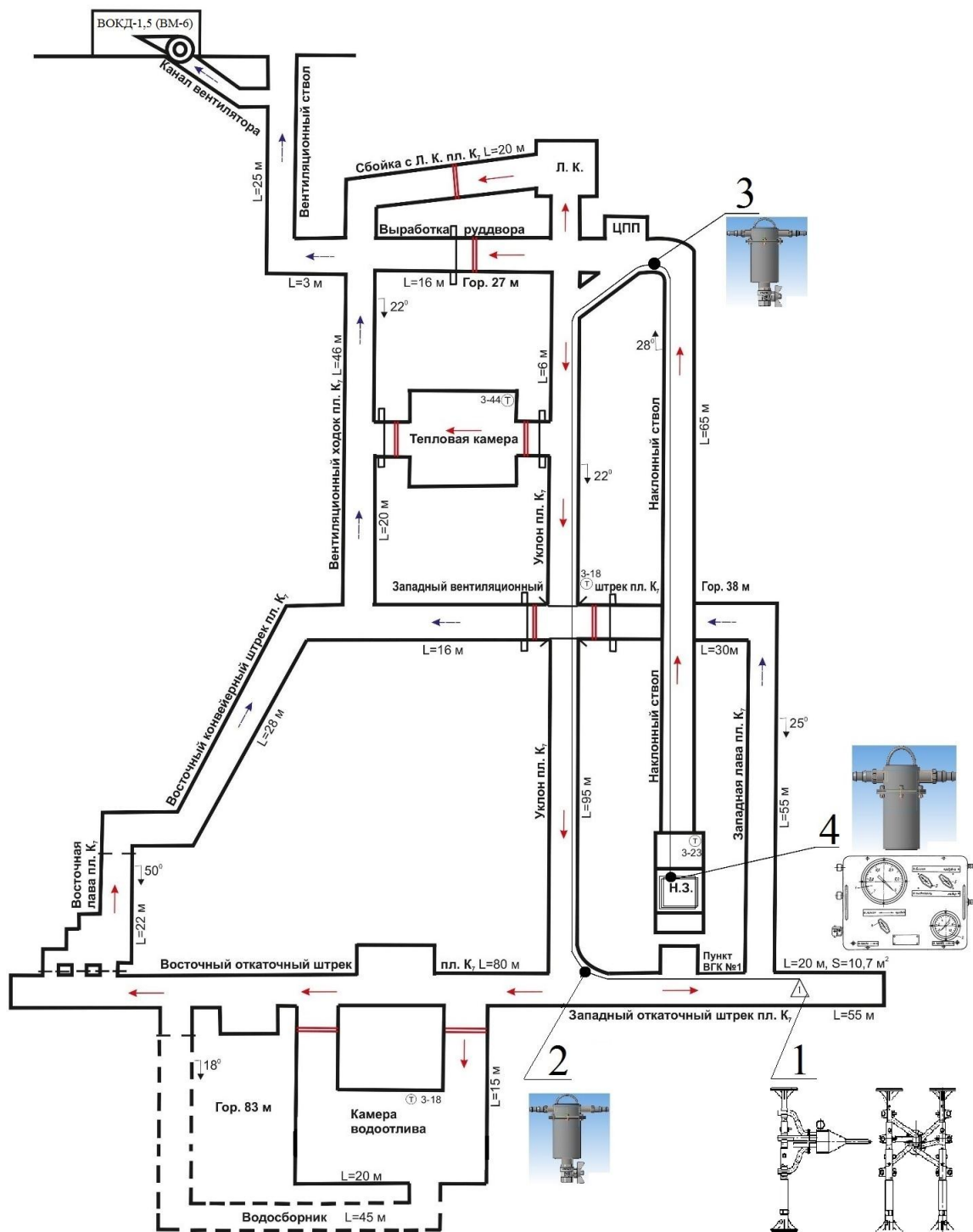


Рис. 2. Схема испытаний УСДОП:

1 – место отбора проб; 2 – место установки основного фильтра-влажнотделителя; 3 – место установки дополнительного фильтра-влажнотделителя; 4 – место подсоединения установки эжекторной УЭ-1М к пробоотборному трубопроводу через фильтр-осушитель

Через 1 ... 3 мин после выпуска газовой смеси была начата продувка пробоотборного трубопровода в течение 15 мин и набор проб в камеры в течение 1,5 мин двумя способами: дистанционным способом с использованием УСДОП и непосредственным способом по сечению горной выработки непосредственно в тупиковом забое западного откаточного штрека пласта К₇ на расстоянии 5 ... 10 м от груди забоя (в месте установки многоточечного пробоотборника) с помощью груши резиновой от шахтного интерферометра типа ШИ (ручного насоса).

Отбор проб дистанционным и непосредственным способами проводился с целью последующего сравнения и определения достоверности отобранных проб пожарных газов.

Газовый анализ отобранных проб осуществлялся в газоаналитической лаборатории с использованием газоанализаторов СИГМА-СО-602 и объемно-оптических газоанализаторов ООГ-2. Результаты газового анализа проб пожарных газов, отобранных непосредственным и дистанционным способами, приведены в табл. 4. Погрешность дистанционного способа в сравнении с непосредственным не превышает двадцати процентов ($\pm 20\%$).

Таблица 4. Результаты газового анализа проб, отобранных непосредственным и дистанционным способом

Газовые концентрации проб, % об. (метан, CH ₄ ; оксид углерода, CO; диоксид углерода, CO ₂ ; кислород, O ₂ ; водород, H ₂), отобранных в камеры для отбора проб		Разница в показаниях (погрешность) проб, отобранных дистанционным и непосредственным способами, %
дистанционным способом с использованием УСДОП	непосредственным способом по сечению горной выработки с помощью груши резиновой от шахтного интерферометра типа ШИ (ручного насоса)	
Камера № 0071: метан (CH ₄) – 3,2 % об.; оксид углерода (CO) – 0,0 % об.; диоксид углерода (CO ₂) – 0,5 % об.; кислород (O ₂) – 18,7 % об.; водород (H ₂) – 0,0 % об.	Камера № 0074: метан (CH ₄) – 3,4 % об.; оксид углерода (CO) – 0,0 % об.; диоксид углерода (CO ₂) – 0,4 % об.; кислород (O ₂) – 19,1 % об.; водород (H ₂) – 0,0 % об.	6,25 % 0 % 20 % 2,14 % 0 %
Камера № 0077: метан (CH ₄) – 2,9 % об.; оксид углерода (CO) – 0,0 % об.; диоксид углерода (CO ₂) – 0,5 % об.; кислород (O ₂) – 19,0 % об.; водород (H ₂) – 0,0 % об.	Камера № 0078: метан (CH ₄) – 2,9 % об.; оксид углерода (CO) – 0,0 % об.; диоксид углерода (CO ₂) – 0,4 % об.; кислород (O ₂) – 19,2 % об.; водород (H ₂) – 0,0 % об.	0 % 0 % 20 % 1,05 % 0 %

Проверку УСДОП на воздействие транспортной тряски проводили на стенде имитации транспортировки в режиме 2 (на частоте 6,5 Гц с максимальной перегрузкой 22) в течение 30 мин, что соответствует транспортированию по дороге с покрытием плохого качества на расстояние до 500 км со скоростью до 50 км/ч. После имитации транспортирования не произошло разрушения составных частей УСДОП, что соответствует требованиям технического задания и конструкторской документации.

Проверку безотказной работы УСДОП проводили путем продувки пробоотборного трубопровода длиной 1 000 м 16 раз.

В табл. 5 приведен перечень средств измерений и испытательного оборудования, использованных при проведении испытаний УСДОП.

Таблица 5. Перечень средств измерений и испытательного оборудования, использованных при проведении испытаний УСДОП

Наименование средства измерения или испытательного оборудования	Тип средства измерения или испытательного оборудования	Предел (диапазон измерений)	Точность (класс, погрешность)
Психрометр аспирационный	МВ-4М	(10–100) %	Кл. 4
Секундомер механический	СОСпр-26-2-000	(0÷60) мин (0÷60) с	Кл. 2
Барометр-анероид метрологический	БАММ-1	(80–106) кПа	$\Delta = \pm 0,2$ кПа
Манометр	ДМ1001	(0–1,0) МПа (0–1,6) МПа	Кл. 1
Манометр технический	ОБМ1-100	(0–2,5) МПа	Кл. 2,5
Линейка измерительная металлическая	Л500	(0–500) мм	ц.д. 1 мм
Рулетка измерительная металлическая	Р10 УЗК	(0–10) м	ц.д. 1 мм
Штангенциркуль	ШЦ-Ш-400-0,1	(0–400) мм	$\Delta = \pm 0,1$ мм
Шахтный интерферометр	ШИ-11	(0–6) %	$\pm 0,2$ %
Весы настольные циферблатные	РН-10Ц13У	(0,1–10) кг	$\Delta = \pm 5$ г
Гири технические	Г5.4100	(0–4100) г	М2
Весы медицинские	РП-150 МГ	(2,5–150) кг	$\pm 1,0–2,0$ %
Ротамер	РМ-0,63 ГУЗ	до 0,63 м ³ /ч	Кл. 2,5
Термометр ртутный лабораторный	ТЛ-4	(0–50) °С	ц.д. 0,1 °С
Стенд имитации транспортной тряски (стенд имитации транспортировки)	СИТ	Режим 2 (частота – 6,5 Гц; максимальная перегрузка – 22)	Допустимое отклонение от минус 10 % до плюс 25 %
Мановакуумметр	МВПЗ-У	(-1 – +3) кгс/см ²	Кл. 1,5

Согласно решению приемочной комиссии, УСДОП выдержала испытания с положительным результатом. Разработанная система обеспечивает повышение достоверности контроля газовой обстановки при ликвидации пожаров и других аварий в шахтах подразделениями горноспасательной службы, что подтверждается сравнительным анализом проб, отобранных дистанционным и непосредственным способами.

Конструкторской документации была присвоена литера «И» и опытный образец разработанного изделия (УСДОП) поставлен на подконтрольную эксплуатацию в горноспасательный отряд МЧС ДНР.

Проверка среднего полного срока службы УСДОП будет выполнена путем обработки статистических данных, полученных при подконтрольной эксплуатации в подразделении горноспасательной службы МЧС ДНР.

Таким образом, в настоящей работе представлен обзор результатов экспериментальных исследований и испытаний УСДОП, проведенных на лабораторной базе НИИГД «Респиратор» и в условиях учебно-тренировочного полигона подземного типа горноспасательного отряда.

Результаты проведенных исследований и испытаний будут служить основой для внедрения УСДОП во все подразделения горноспасательной службы МЧС ДНР, что позволит повысить безопасность горноспасателей и эффективность ведения аварийно-спасательных работ в угольных шахтах.

Литература

1. Плакиткина Л.С. Анализ и перспективы развития угольной промышленности основных стран мира, бывшего СССР и России в период до 2030 г.: монография. М.: Горная промышленность, 2013. 416 с.
2. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А., Дьяченко К.И. Мировые тенденции развития угольной отрасли // Горная Промышленность. 2019. № 1 (143). С. 24–29.
3. Федоренко Е.И., Кобылкин С.С. Проблема подземных пожаров и их тушение на больших глубинах в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень: науч.-техн. журн. 2011. № 8. С. 197–207.
4. Соболев Г.Г. Организация и ведение горноспасательных работ в шахтах: 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1988. 280 с.
5. Agarkov A. Analysis of the emergency at the mining enterprises and evaluation of the method of remote selection of samples of mine air when conducting mine-rescue work // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 2 (3). С. 10–20.
6. Мамаев В.В., Агарков А.В. Способы и технические средства дистанционного контроля шахтной среды при ведении аварийно-спасательных работ // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 3 (4). С. 109–119.
7. Agarkov A. Analysis of foreign scientific works on development of technical means for remote gas sampling in coal mines // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 1 (5). С. 18–25.
8. Агарков А.В. Об исходных требованиях к усовершенствованной системе дистанционного отбора проб шахтного воздуха при ведении аварийно-спасательных работ // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2 (6). С. 15–23.



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 665.6-404

ПРИЧИНЫ АВАРИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ЗДАНИЯХ ЖИЛОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.В. Монашков, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

В.В. Клуй, кандидат педагогических наук, доцент;

Ф.В. Демехин, доктор технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Взрывы природного газа при использовании в зданиях жилого назначения в последние несколько лет являются частым явлением. Согласно статистике в России уровень газификации домохозяйств составляет около 68 %, и газом в качестве товара пользуются около 37 млн физических лиц, при этом число хозяйств к 2035 г. должно составить свыше 80 %. К техническим причинам таких аварий относятся: нарушение правил использования газа, износ газовых плит, отсутствие автоматического прекращения подачи газа при погасании в горелке, отсутствие государственной системы надзора.

Ключевые слова: природный газ, бытовые газовые плиты, безопасность

CAUSES OF ACCIDENTS WHEN USING NATURAL GAS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

V.V. Monashkov. Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university.

V.V. Kluy; F.V. Demehin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Natural gas Explosions in residential buildings have been a frequent occurrence in the past few years. According to statistics, in Russia, the level of household gasification is about 68 %, and about 37 million individuals use gas as a commodity, while the number of households should be over 80 % by 2035. The technical reasons for such accidents include: violation of the rules for using gas, wear of gas stoves, the lack of automatic termination of the gas supply when the burner goes out, and the lack of a state supervision system.

Keywords: natural gas, household gas stoves, safety

Актуальность темы обусловлена тем, что аварийные ситуации, происходящие в зданиях жилого сектора при использовании оборудования, работающего на природном газе, с каждым годом увеличиваются, несмотря на проводимые меры безопасности. По официальным данным [1–4], в России в зданиях жилого назначения происходит свыше 75 % от всего количества пожаров, при этом число погибших составляет 94 %. Такие аварии несут за собой тяжелые последствия в виде гибели людей и разрушений зданий. Восстановление разрушенных жилых зданий и выплата страховых взносов влечет за собой крупные финансовые расходы.

Для обеспечения безопасного и рационального использования газа в быту в системе органов государственного управления ранее действовали специальные органы, которые

осуществляли контроль использования газа потребителями. Такие специальные органы необходимы, так как газ обладает опасными физическими свойствами, что требует строгого соблюдения потребителями газа правил эксплуатации газовых приборов.

Основной задачей органов газового надзора в зданиях жилого сектора являлось не допускать на поднадзорных объектах случаев нарушения правил и норм техники безопасности, способных повлечь за собой аварии и несчастные случаи. Наряду с этим на органы газового надзора был возложен контроль соблюдения правил проектирования и строительства объектов газового хозяйства, разработка правил эксплуатации газового оборудования, наблюдение за рациональным использованием газа и некоторые другие функции. До 1993 г. газовый надзор осуществляли государственные комитеты и газовые инспекции.

В 1993 г. по распоряжению Госкомимущества предприятия газового хозяйства жилищно-коммунального сектора были приватизированы. В 2004 г. Жилищным кодексом Российской Федерации внутридомовое газовое оборудование было передано товариществу собственников жилья и управляющим компаниям.

В 1997 г. вышел Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в котором был определен надзор за объектами газораспределения и газопотребления, если давление природного газа превышает 1,2 МПа, а давление сжиженного углеводородного газа превышает 1,6 МПа, и отсутствовали требования к газовому оборудованию, относящемуся к гражданскому строительству, которое согласно определению закона не относится к опасным объектам.

Органы государственного пожарного надзора производят контроль соблюдения правил безопасной эксплуатации оборудования только отдельных требований правовых актов МЧС России. На данный момент контролем над безопасностью эксплуатации газового оборудования в жилых зданиях занимаются специализированные частные организации. Управляющие компании и собственники жилых помещений, пользующиеся природным или сжиженным газом, обязаны заключать с ними договора на обслуживание.

Поставку природного газа, техническое обслуживание и надзор состояния газовых сетей до точки ввода к объекту осуществляет государственная специализированная организация. За эти услуги выставляется отдельный счет потребителю. Далее газовое оборудование объекта подразделяется на общедомовое (до кранов отключения и счетчиков газа) и внутриквартирное (собственно газовое оборудование – газовые плиты, водонагреватели, отопительные печи, котлы и др.).

Обслуживание и контроль общедомового газового оборудования производит специализированная организация через управляющие компании, и оплата за данные услуги включается в квартирную плату. Контроль состояния и обслуживание внутриквартирного газового оборудования, включая установки баллонов со сжиженным газом, должны осуществлять специализированные организации, имеющие лицензии на производство таких работ. Собственник квартирного оборудования должен заключить с такой организацией самостоятельный договор на обслуживание. Таким образом, поставку, обслуживание и контроль за состоянием газовых сетей и оборудования осуществляют три самостоятельные организации, и владелец производит отдельную оплату за каждый вид услуги.

Аварии, связанные с использованием природного газа, имеют следующие технические причины их возникновения:

- устаревшее газовое оборудование, которое не снабжено автоматической системой прекращения подачи газа в случае погасания газовой горелки или утечки газа;
- отсутствие надлежащего технического и безопасного обслуживания.

Организационной причиной частых аварий является отсутствие единой государственной организации, которая осуществляла бы надзор за всеми стадиями технологии поставки и использования природного и сжиженного газа в зданиях жилого назначения.

Другие причины чрезвычайных ситуаций (ЧС) имеют место при использовании сжиженных газов в баллонах. Заправка и эксплуатация сжиженных газов в баллонах связана с особыми требованиями безопасности, которые вызваны физико-химическими свойствами газов в жидкой фазе. Перевод жидкой фазы в газовую возможен при определенных температурах, которые зависят от давления насыщенных паров, составляющих сжиженную смесь. На рисунке представлена зависимость давления паров для пропан-бутановых смесей различного процентного соотношения от температуры.

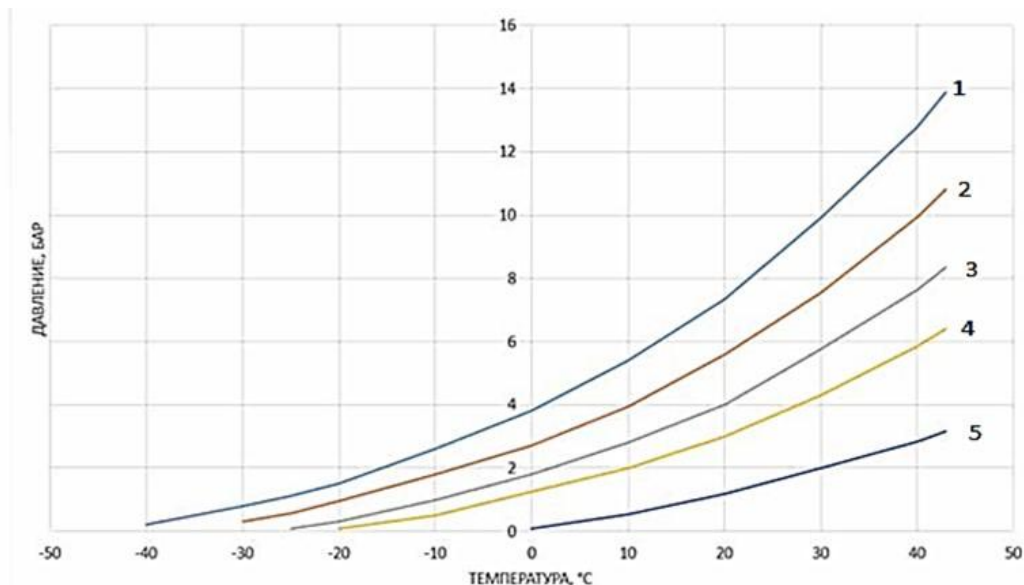


Рис. Зависимость давления для пропан-бутановых смесей от температуры

Примечание: 1 – 100/0; 2 – 70/30; 3 – 50/50; 4 – 30/70, 5 – 0/100 – % соотношение пропан/бутан

Различные температуры кипения составляющих определяют соотношение этих компонентов в различные периоды года. Так для летнего периода это соотношение составляет 40 % пропана и 60 % бутана, а в зимний период – 60 % пропана и 40 % бутана. Для районов с холодным климатом процессы испарения сжиженных газов по этой причине затруднены и требуют особых условий для заправки и эксплуатации баллонов.

Заправка баллонов должна производиться исключительно с контролем массы сжиженной фазы из расчета 0,425 кг на 1 л объема при любой температуре смеси. Повышение температуры смеси приведет к повышению давления в баллоне. По этой причине в баллоне и должен быть свободный (около 20 %) объем. В условиях низких температур особенно важно выполнение данного условия безопасности. Так при перемещении баллона из окружающей среды с низкой температурой в жилое теплое помещение будет происходить испарение жидкой фазы и при отсутствии свободного объема это вызовет повышение давления в баллоне и разрыв корпуса.

Повышение давления в баллоне происходит при любых других обстоятельствах повышения температуры стенок баллона (действие открытого пламени, печные приборы, солнечные лучи и т.д.). Ситуации с перегревом стенок особенно опасны при попадании баллона в очаг пожара. В этом случае при разрыве баллона происходит разлет осколков оболочки до 2 тыс. м и образование «огненного шара» с последующей волной избыточного давления.

Фактор перегрева жидкой фазы газа в баллоне и является наиболее частой причиной его разгерметизации, что приводит к образованию парогазовой смеси и взрыву. Взрывы газа вызывают разрушения зданий и поражения людей. Масштаб поражения и разрушений зависит от объема газа, участвующего во взрыве, и конструктивных характеристик помещения, здания.

Одной из причин разгерметизации баллона является снижение его прочности из-за действия коррозии. В смеси газов всегда присутствует вода, которая является основным механизмом коррозии. Нормативный срок эксплуатации баллонов составляет 40 лет, но такой срок эксплуатации может быть обеспечен при регулярном удалении воды из баллона при заправке новой партии смеси.

На практике заправку баллонов по массе газа производят только на газонаполнительных станциях, где имеются условия контроля массы заполнения баллона. В остальных случаях происходит заправка смесью с газораздаточных колонок, при которых нет контроля массы и возможно заполнение полного объема баллона (в том числе по просьбе владельца баллона).

Причины ЧС при хранении и эксплуатации баллонов со сжиженными газами связаны с перегревом баллонов от бытовых тепловых приборов (электрические обогреватели, батареи теплого отопления, газовые плиты и др.) и утечками газа из обвязки и тепловых приборов.

При использовании природных газов наиболее вероятной ЧС является утечка газов при разгерметизации сети или газовых приборов. При утечке из сети параметры чрезвычайного события будут зависеть от объема вытекшего газа и места утечки. При концентрации вытекшего газа в пределах нижнего и верхнего концентрационных пределов возможны следующие последствия:

- токсическое заражение объема помещения или территории и рассеивание;
- взрыв газа при наличии источника воспламенения [5].

При утечке газа из теплового оборудования параметры чрезвычайного события будут зависеть от тепловой мощности оборудования и продолжительности утечки. Так для обычной газовой плиты тепловая мощность горелок на рабочей поверхности составляет 1–3 кВт, что соответствует утечке газа в случае погасания горения 0,1–0,3 л/ч. Для аварийной ситуации кратковременного периода (1 ч) взрыв газа на кухне обычного объема (около 40 м³) не произойдет, так как концентрация газа в помещении составит менее нижнего концентрационного предела распространения пламени для природного газа (4,5 %).

При использовании сжиженного газа в баллонах к аварийным ситуациям следует отнести:

- утечки газовой смеси из шлангов, трубопроводов и теплового оборудования;
- разгерметизация баллона.

При утечке газовой смеси параметры чрезвычайного события будут зависеть от объема баллона и масштабов утечки (мощности и продолжительности).

При разгерметизации баллона возникнут следующие поражающие факторы и последствия:

– разлет осколков металлической оболочки баллона и вероятность поражения человека;

– взрыв газовой смеси с последующим образованием избыточного давления. Так при разгерметизации баллона с пропан-бутановой смесью емкостью 5 л при взрыве в помещении объемом 40 м³ разрушения будут значительными. При этом разрушения здания будут зависеть от места расположения помещения и характеристик самого здания. При нахождении людей в помещении они получат смертельные поражения.

Рассмотрев причины возникновения аварий при использовании природного и сжиженного газа в зданиях жилого назначения, авторы рекомендуют для повышения безопасности и снижения аварийных ситуаций внести следующие предложения в правила эксплуатации газового оборудования:

- организация государственного надзора по эксплуатации газовых сетей и оборудования в зданиях жилого назначения;
- усиление и совершенствование надзора за использованием баллонов со сжиженным газом в бытовых условиях;

- замена устаревшего газового оборудования на современное с автоматическим контролем безопасности сжигания и утечки газа;
- обучение населения мерам безопасного использования природного газа и эксплуатации баллонов с сжиженным газом.

Литература

1. Хронология взрывов бытового газа с жертвами в жилых домах в России. URL: <https://tass.ru/info/8162413> (дата обращения: 08.10.2020).
2. Взрывы бытового газа в жилых домах в России в 2019–2020 годах. URL: <https://ria.ru/20200821/vzryvy-1576115961.html> (дата обращения: 08.10.2020).
3. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году: гос. доклад. М.: МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. 323 с.
4. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году: гос. доклад. М.: МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. 323 с.
5. Пожаротушение: учеб. пособие. Часть 2 / А.А. Бондарь [и др.] / под общ. ред. Э.Н. Чижикова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017. 216 с.

УДК 543.422

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ПРОИЗВОДСТВА БЕНЗИНОВ ПУТЕМ СПЕКТРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

Н.И. Егорова, кандидат физико-математических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

И.О. Конюшенко, кандидат физико-математических наук.

АО «НПК «Пеленгатор».

В.М. Немец, доктор технических наук.

Санкт-Петербургский государственный университет

Основой многих технологий нефтехимии, а также производства высокооктановых бензинов является использование фракций нефти, получаемых ее термической разгонкой, и компаундов фракций. В таких случаях эффективность технологического процесса во многом определяется идентификационной способностью аппаратурно-методических средств измерений, которая, в свою очередь, определяется информативностью измерений физических или физико-химических характеристических свойств фракций. Это обстоятельство обуславливает необходимость исследования и развития методов контроля физических и физико-химических характеристик нефтяных фракций, в том числе и оптических спектроскопических методов. В последнем случае для обеспечения решения такого рода задачи необходимы исследования спектров фракций, их информативности. Результаты такого рода исследований составляют предмет обсуждения в предлагаемой работе.

Ключевые слова: фракции нефти, оптическая спектроскопия, метод распознавания образов, метод главных компонент

REDUCING RISKS OF GASOLINE PRODUCTION BY THE WAY OF SPECTRAL RESEARCH OF OIL FRACTIONS

N.I. Egorova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

I.O. Konyushenko. AO «NPC «Pelengator».

V.M. Nemets. Petersburg state university

The basis of many petrochemical technologies, as well as the production of high-octane gasolines, is the use of oil fractions obtained by its thermal distillation and fraction compounds. In such cases, the efficiency of the technological process is largely determined by the identification ability of instrumental and methodological measuring instruments, which, in turn, is determined by the information content of measurements of the physical or physicochemical characteristic properties of fractions. This circumstance makes it necessary the study and development of controlling the physical and physicochemical characteristics of petroleum fractions methods, including optical spectroscopic methods. In the latter case to ensure the solution of this kind of problem, it is necessary to study the fractions spectra and their information content. The results of this kind of research are the subject in this work.

Keywords: oil fractions, optical spectroscopy, pattern recognition method, principal component method

Условиями безопасности производства и переработки нефтепродуктов являются техническое соответствие требованиям технических регламентов производства, в том числе жесткий контроль над разделением исходного материала на составляющие фракции. Пренебрежение этими условиями чревато серьезными последствиями, такими как аварии, пожары, взрывы и т.п. Кроме того, использование в решении многих задач нефтепереработки и нефтехимии фракций нефти, получаемых ее термической разгонкой, накладывает определенные требования на отбираемую ту или иную фракцию или группу фракций [1–4]. Одно из основных – это требование близости составов образцового объекта (образец, состав которого удовлетворяет требованиям процесса нефтепереработки или нефтехимического процесса) и отбираемой фракции. Именно такую фракцию необходимо идентифицировать как необходимую для реализуемого того или другого процесса. На практике идентификация осуществляется по температуре кипения фракций, что, вообще говоря, может сопровождаться заметными отклонениями состава отбираемой фракции от требуемого. Причина подобных отклонений может заключаться в том, что устойчивость молекулярного состава той или иной фракции определяется как техническими условиями процесса термической разгонки, так и уровнем неконтролируемых вариаций состава поступающей на термическую разгонку нефти. Избежать негативного влияния этих факторов принципиально позволяет применение для идентификации фракций спектральных методов, в частности абсорбционно-спектрального.

Однако в настоящее время вряд ли имеется решение обозначившейся задачи в общем виде. Во многом это объясняется недостаточной исследованностью корреляций характеристичных свойств фракций (в данном случае спектров) с их эксплуатационными характеристиками (например температурой). В связи с этим представляется актуальным развитие исследований такого рода корреляции в рамках различных физических и физико-химических аналитических методов, в том числе и оптико-спектрального абсорбционного, развитие которого в исследованиях нефти и нефтепродуктов имеет уже значительную историю [5–7].

Поскольку идентификационные возможности средств измерений в целом определяются уровнем информативности измерений, в рассматриваемой работе такая задача решается на основе исследования информативности спектрально-абсорбционных измерений поглощения электромагнитного излучения в дальней инфракрасной (ИК) и видимой – ближней ИК-областях спектра нефтяными фракциями. В этом случае характеристические физические свойства фракций формируются и проявляются, очевидно, на молекулярном уровне.

1. Теория.

Общий принцип обработки спектроскопической информации

Реализованный в предлагаемой работе подход продолжает развитие алгоритмов хемометрики многомерных аналитических измерений. В целом возможности ее применения в решении аналитических задач достаточно подробно рассмотрены в большом числе отечественных и зарубежных работ [8–16]. Обзор этих работ показывает, что основное внимание сегодня уделяется аналитическим исследованиям на молекулярном уровне: обнаружению, классификации и идентификации молекул, а также установлению их структуры.

В предлагаемой работе исследование информативности спектроскопических измерений фракций нефти основано на отказе от поиска нескольких узких характеристических интервалов частот и последующей оценки концентраций основных компонентов фракции. Взамен этого рассматриваются многомерные эквидистантные характеристические спектры (МЭХС) в широком интервале длин волн как единое целое [15, 16]. Для обработки результатов спектроскопических измерений применяли методы многофакторной математической статистики [17–21]. При этом для сокращения размерности информационного сигнала использовали широко известный метод главных компонент (МГК) с использованием модификации расстояния Махаланобиса [22, 23] для оценки информативности спектров.

Для обеспечения максимальной информативности спектров в рассматриваемых условиях предложена и использована при предварительной обработке спектра процедура его дифференцирования по длине волны. Кроме того, для удаления спектрального шума и шума измерительной системы проводили процедуру сглаживания спектра по методу Савицкого-Голея [24].

Оценка информативности спектров при решении задачи идентификации нефтяных фракций имеет одну отличительную особенность на фоне других аналогичных задач. А именно, спектр поглощения зависит только от одного физического параметра: температуры кипения данной фракции. Собственно, по этой температуре их и различают: легкие фракции с низкой температурой кипения и тяжелые, с более высокой. Более того, близкие по температуре кипения фракции близки по своим спектрам поглощения. Можно сказать, что должна иметь место непрерывная и достаточно гладкая зависимость спектра от температуры кипения. Разумеется, на практике необходимо еще учитывать погрешности измерений и разброс в химическом составе внутри даже одной фракции. Однако если характеризовать все множество спектров в целом, то оно должно быть однопараметрическим. Графически его можно было бы представить как пространственную многомерную кривую, непрерывную и в какой-то степени гладкую.

Таким образом, во-первых, в пространстве главных компонент все спектры должны ложиться на одну кривую, во-вторых, зависимость значений главных компонент от номера фракции (или от температуры кипения) будет непрерывной и гладкой (но необязательно монотонной). Этот фактор может служить критерием того, что обработка спектра как предварительная, так и по МГК, проведена удовлетворительно.

2. Эксперимент.

Объекты исследований

Исследуемые объекты представлены фракциями образца нефти, полученные его температурной перегонкой на приборе АРН-2 по ГОСТ 11011–85 в лаборатории ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» (Ленинградская область). Образец нефти в количестве 4 л подвергли температурной разгонке с десятиградусным шагом в диапазоне температур от начала кипения до 390 °С. Итогом разгонки являются 32 фракции. Прозрачность фракции в видимом диапазоне длин волн снижается по мере повышения температуры кипения фракций так, что от полностью прозрачной фракции нк (начало кипения) – 62 °С (в дальнейшем для упрощения записи значки «°С» будут опущены) происходит переход к практически непрозрачной фракции 380–390.

Образцы фракций в количестве примерно 50 мл каждая в герметичной и затемненной посуде переданы для исследований в лабораторию спектрального анализа физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета. Полученные образцы хранятся в холодильнике в условиях холодильной камеры. При хранении в образцах «тяжелых» фракций наблюдается формирование твердой фазы.

Температурные границы фракций выбраны в следующих пределах: нк–62, 62–70, 70–85, 85–100 и далее через десять градусов до 390.

2.2. Спектроскопические измерения

Исследования проводили с использованием спектров абсорбции, полученных методами молекулярной спектроскопии для двух областей спектра – дальней ИК-области и видимой – ближней ИК-области.

В дальней ИК-области диапазон измерений составляет $420\text{--}4\ 500\text{ см}^{-1}$, что в длинах волн $23,8\text{--}2,2\text{ мкм}$. Измерения проводили на Фурье-спектрометре «Bruker» с разрешением 1 см^{-1} и шагом $0,5\text{ см}^{-1}$. Исследуемые образцы фракций помещали в кювету, изготовленную из NaCl. Толщина поглощающего слоя 200 мкм . Использование более тонкой кюветы затруднительно в связи с проблематичной промывкой кюветы от тяжелых фракций. Поэтому не проводились измерения фракций с температурой кипения выше 350 °C .

В видимой – ближней ИК-области измерения были выполнены в диапазоне длин волн $320\text{--}2\ 500\text{ нм}$. Регистрация спектров проводилась на УФ-ВИД-БЛИК-спектрофотометре при температуре $20\pm 1\text{ °C}$. Спектральное разрешение и шаг измерения составляли 1 нм . Подготовительным этапом к измерениям явился разогрев образцов при нормальной температуре в течение времени, обеспечивающего полную гомогенизацию образца, температура которого установилась на уровне нормальной.

В качестве иллюстрации на рис. 1 приведен полный набор Фурье-спектров фракций образца нефти [25]. Наибольший интерес представляет область спектра, лежащая в пределах $500\text{--}1\ 500\text{ см}^{-1}$, за формирование которой в наибольшей степени ответственны колебания связей «С – С». В этом интервале частот характер спектра существенно меняется даже при небольших изменениях в структуре соединений.

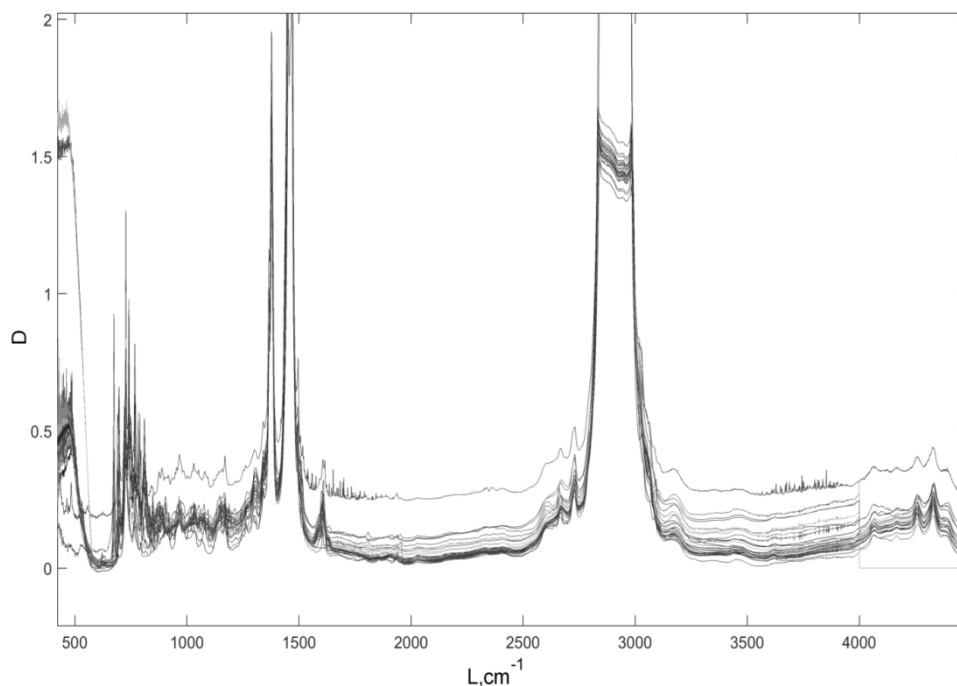


Рис. 1. Дальняя ИК-область. Спектры нефтяных фракций
Предварительная обработка спектров

Наибольшей информативностью обладают измерения, выполненные в следующем порядке обработки спектров.

Первое. Необходимо исключить из обработки области спектра, значения оптической плотности которых достигают или превышают единичное значение.

Второе. Фиксация в исходных спектрах достаточно далеко отстоящих друг от друга областей, в наибольшей степени свободных от полос поглощения. Как видно из рис. 1, этому условию соответствуют область дальнего ИК – около 600 см^{-1} и область около $3 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$, лежащие по обе стороны от области «отпечатков пальцев». В этих областях по значениям интенсивности проводится базовая линия, от которой производят новый отсчет значения интенсивностей полос спектра. После чего приводят базовые линии всех спектров к нулевому уровню в спектральной области, свободной от поглощения.

Третье. Сглаживание спектра с целью удаления спектрального шума и шума измерительной системы (исключение из рассмотрения областей спектра, в которых имеет место поглощение паров воды и других компонентов воздушной атмосферы). Параметры используемого для этого метода Савицкого-Голея выбираются исходя из значений ширины спектральных полос и шумовых особенностей. В данном случае наиболее подходящими параметрами являются 9 для диапазона и 2 для степени полинома. Такое исключение не приводит к заметным потерям полезной информации, так как эти области в аналитическом отношении обладают низкой информативностью.

Четвертое. Использование производной исходного спектра по длине волны. Оно связано с тем, что информация в основном содержится в профиле формы его зависимости от длины волны. Это обстоятельство послужило основанием для включения в предварительную обработку спектров формирование спектра производной исходного спектра по длине волны.

В итоге, в пространстве главных компонент удается сформировать более или менее гладкую непрерывную кривую, соответствующую группе фракций, полученных при термической разгонке нефти. Это, как указывалось выше, свидетельствует о корректности проведенной предварительной обработки спектров фракций.

3. Обсуждение результатов эксперимента.

3.1. Дальний ИК-диапазон

Оценка информативности спектров поглощения, прошедших предварительную обработку

Заметим, что стопроцентную информацию способен передать только исходный спектр, не подвергавшийся какой-либо обработке. Однако такой спектротягощен значительной шумовой составляющей, а также неинформативными и малоинформативными элементами. В этой связи необходимо рассмотреть зависимость объема передаваемой спектром информации от того, в какой степени удалены из него неинформативные или малоинформативные составляющие. Исследования проведены на основе применения МГК. В итоге выявлена благоприятная особенность применения МГК к полученному спектроскопическому материалу, состоящая в плавном росте объема передаваемой информации с увеличением числа вводимых в рассмотрение главных компонент. Оценка степени передачи информативности осуществлялась по отношению суммарных дисперсий [20]. Ниже приведены результаты оценки:

число главных компонент	2	3	4	5	6
переданная информативность (%)	59	77	88	95	97

Как видно, увеличение числа рассматриваемых главных компонент от двух до пяти резко увеличивает степень передачи информации (от 59 % до 95 %). Привлечение шестой главной компоненты уже выявляет тенденцию к насыщению зависимости передаваемой информации от числа главных компонент. Наличие такой тенденции в кривой роста передаваемой информации в практике применения МГК рассматривается как критерий

достаточности отобранного числа главных компонент для описания системы. Таким образом, 5 или 6 главных компонент описывают систему практически в полном объеме.

Идентификационная способность

Другим важным элементом, определяющим информативность спектров, является возможность их использования для идентификации объектов внутри группы (отдельных фракций внутри совокупности фракций) или «идентификационная способность» (ИС). Проявление этого элемента иллюстрируется на рис. 2 а, где приведено взаимное расположение проекций спектров фракций образца нефти в плоскости первых двух главных компонент.

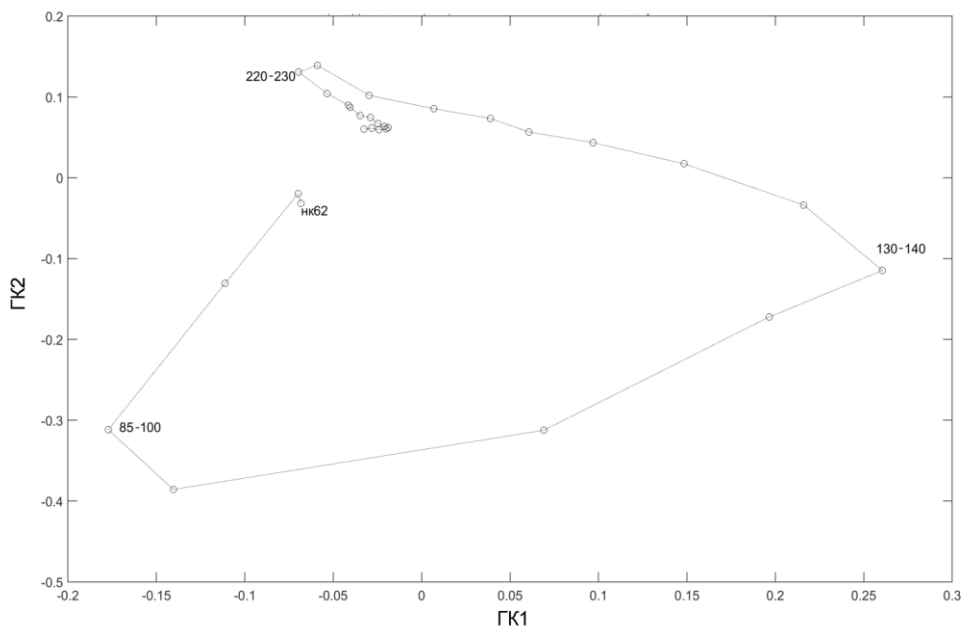


Рис. 2 а. Проекция спектров фракций на плоскость двух первых ГК

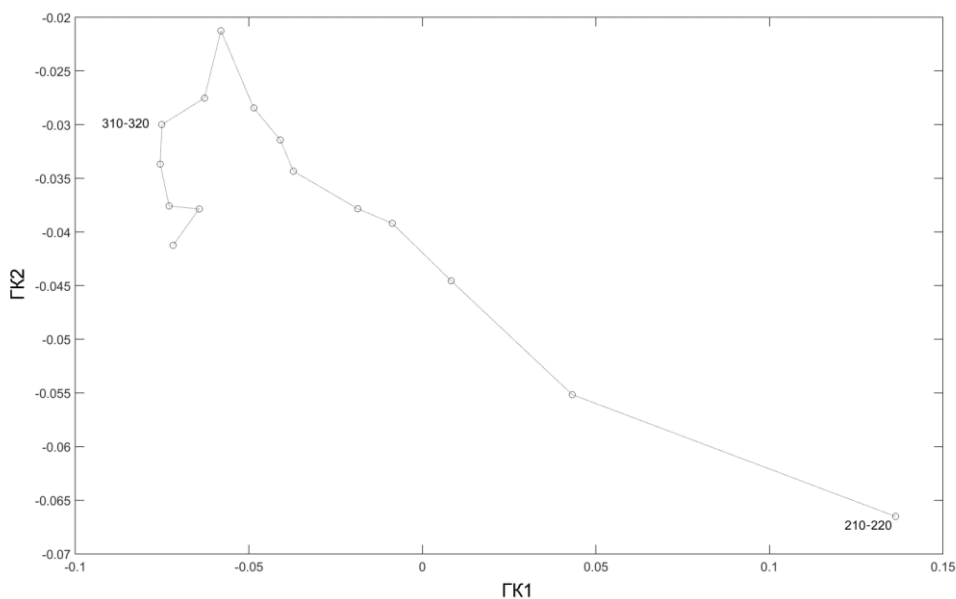


Рис. 2 б. Проекция спектров фракций на плоскость двух первых ГК, область тяжелых фракций

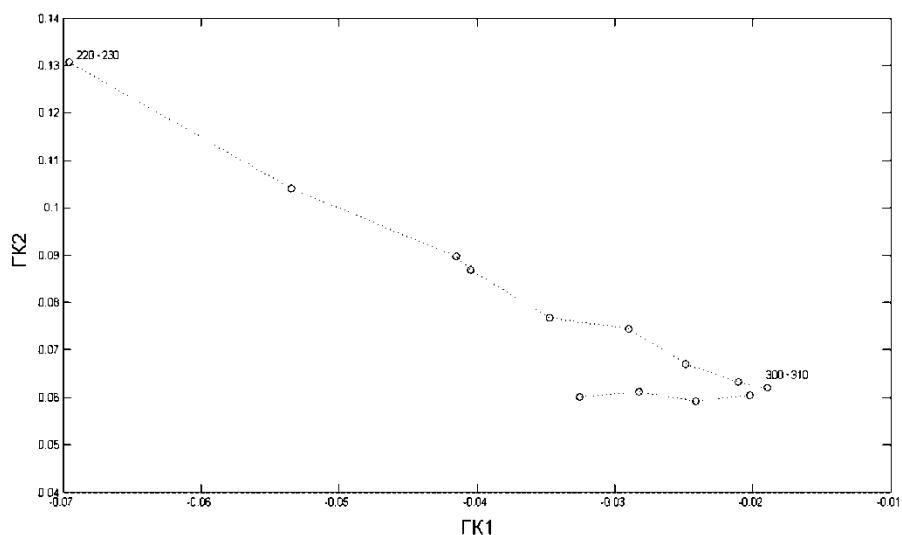


Рис. 2 в. Проекция спектров фракций на плоскость второй и третьей ГК, область тяжелых фракций

На рис. 2 б приведена область сгущения фракций с большими температурами кипения в увеличенном виде. На рис. 2 а видна гладкая немонотонная кривая, прослеживаемая до фракции (250–260). После этой фракции на кривую накладывается шум, приводящий к хаотичному поведению кривой в плоскости первой и второй ГК. Положение немножко лучше в плоскости второй и третьей ГК (рис. 2 в). Точки обозначены нижними границами кипения фракций.

Наблюдаемое сгущение точек на кривых по мере приближения к тяжелым фракциям является, по-видимому, универсальной особенностью и объясняется постепенным снижением степени различия соседних фракций по мере роста температуры их кипения. Поскольку МГК нацелен на поиск наибольших различий, особое внимание этот метод «уделяет» именно легким фракциям, у которых взаимные различия наиболее ярко выражены. Из этих соображений можно ожидать, что слабые различия между тяжелыми фракциями будут лучше отображаться в младших ГК, поскольку старшие, несущие информацию о наибольших различиях в совокупности спектров, возьмут на себя именно максимальные различия между легкими фракциями. Опыт подтверждает это предположение. На рис. 3 приведена зависимость значений проекций спектров фракций на четыре первые ГК. По оси X отложены номера фракций. Начиная с № 1 – нк62, и далее номера возрастают по мере роста температуры кипения фракций.

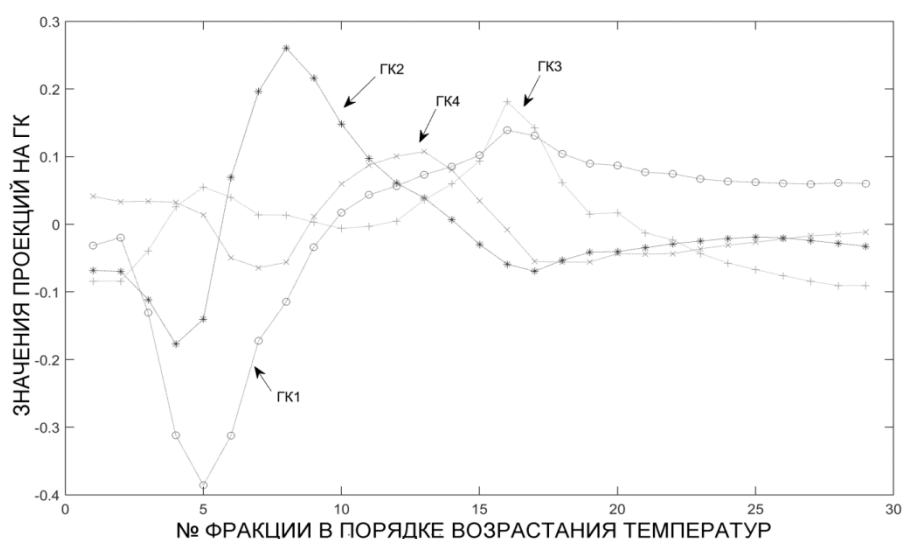


Рис. 3. Зависимость значений проекций спектров нефтяных фракций в дальней ИК-области на различные главные компоненты от номера фракции

Видно, что первая ГК обладает высокой информативностью для фракций от № 1 до № 10 (140–150) – значения проекций спектров на нее при переходе от номера к номеру меняются очень сильно. С № 10 по № 17 (210–220) информативность имеет более слабовыраженный, но, тем не менее, устойчивый характер. С № 17 поведение проекций на первую ГК становится в некоторой степени хаотичным, обнаруживая устойчивое поведение в пределах двух – трех фракций.

Вторая ГК ведет себя похожим образом, но пик амплитудности изменений у нее сдвинут в сторону фракций с большими номерами. До № 17 она сохраняет значительную информативность. После, до № 21 (250–260) – еще заметную, затем информативность становится довольно низкой.

Третья ГК имеет пик на № 16-й фракции (200–210), после чего до 27-й (310–320) ведет себя довольно устойчиво, обнаруживая неплохой наклон. После 27-й фракции третья ГК слабо информативна (выходит на прямой участок с некоторыми хаотическими колебаниями).

Пик четвертой ГК приходится на 17-ю фракцию, после которой, хоть и с выбросами на 22-й (260–270) и 25-й (290–300), проявляет устойчивый наклон.

Это описание иллюстрирует сделанное выше предположение о распределении информативности фракций между различными ГК. Кроме того, можно отметить, что область 16-й и 17-й фракций (200–220) является поворотной и может рассматриваться как граница между тяжелыми и легкими.

Следовательно, для целей идентификации фракций в области легких предпочтительно использование первой и второй ГК, а в области тяжелых – третьей, четвертой и высших ГК. Этот вывод можно, по-видимому, считать универсальным.

Количественно эта составляющая информативности характеризуется соотношением расстояний между соседними точками на плоскости двух главных компонент с уровнем экспериментального разброса этих точек.

Возможно, что при использовании двух главных компонент ИС спектра недостаточна для идентификации тяжелых фракций. Однако следует понимать, что рис. 2 а и 2 б носят чисто иллюстративный характер, поскольку обладают наглядностью, которой не обладают спектры, обработанные с привлечением большего числа главных компонент.

Результаты детального рассмотрения ИС спектров показали следующее:

Две главные компоненты.

Для изучаемого семейства спектров две главные компоненты несут 59 % от общей информации. Наименьшее расстояние имеет место между точками спектров фракций (310–320) и (280–290). Расстояние составляет 0,00057. Характерное расстояние в оценке разброса составляет в этом случае 0,017, превосходя, таким образом, минимальное расстояние между спектрами образцов в 30 раз. В результате можно сделать вывод, что при оценке по первым двум главным компонентам не удастся надежно разделять спектры фракций и идентифицировать их.

Три главные компоненты.

Передаваемая информация – 77 %. Минимальное расстояние между спектрами для различных фракций – 0,0059 – между спектрами фракций (350–360) и (330–340). Характерное расстояние экспериментального разброса – 0,0188. Разброс превосходит различия между фракциями в 3,3 раза. Это позволяет идентифицировать лежащие близко фракции с вероятностью ошибки около 20 %.

Четыре главные компоненты.

Передаваемая информация – 88 %. Минимальное расстояние между спектрами для различных фракций – 0,0070 – между спектрами фракций (250–260) и (280–290). Характерное расстояние экспериментального разброса – 0,0192. Оценочная вероятность ошибки идентификации – 12 %.

Пять главных компонент.

Передаваемая информация – 95 %. Минимальное расстояние между спектрами для различных фракций – 0,0098 – между спектрами фракций (330–340) и (350–360).

Характерное расстояние экспериментального разброса – 0,0196. Оценочная вероятность ошибки идентификации – 7 %.

Шесть главных компонент.

Передаваемая информация – 97 %. Минимальное расстояние между спектрами для различных фракций – 0,0101 – между спектрами фракций (330–340) и (350–360). Характерное расстояние экспериментального разброса – 0,0198. Оценочная вероятность ошибки идентификации – 4 %.

Таким образом, полученные для 5 и 6 главных компонент результаты позволяют утверждать, что спектры фракций в ИК-области достаточно информативны. Они могут быть использованы для идентификации нефтяных фракций и компаундированных смесей. Этот вывод, в свою очередь, позволяет, по меньшей мере, утверждать, что количества информации в спектрах фракций должно быть достаточно для решения основной задачи.

В целях изучения возможностей оптической абсорбционной спектроскопии при измерении в различных областях спектра были проведены исследования нефтяных фракций с измерениями в видимой – ближней ИК-области.

3.2. Видимая и ближняя ИК-область

Особенностью измерения спектров в указанной области является меньший экспериментальный разброс, достижимый при использовании спектрофотометра. Кроме того, отсутствует проблема колебания базовой линии, присущая Фурье-спектрометрам. Это обстоятельство, несмотря на малое количество структурных особенностей, слабое спектральное разрешение полос поглощения и другие особенности, присущие спектрам органических соединений в видимой – ближней ИК-области, позволяет надежно идентифицировать образцы по их спектрам. На рис. 4 приведена зависимость значений проекций спектров фракций на различные ГК от номера фракций в видимой – ближней ИК-области как без дифференцирования исходного спектра (а), так и при его дифференцировании (б). Как видно, в случае «а» фракции плохо различимы по всем главным компонентам. Относительно гладкая зависимость наблюдается только для компонент, начиная с третьей. Дифференцирование спектра приводит к тому, что фракции хорошо различаются уже по значению первой ГК. При этом уровень различия не зависит от номера фракции. Стоит отметить, что в видимой – ближней ИК-области спектры тяжелых фракций демонстрируют большее относительное различие, чем спектры легких. Это объясняется наличием значительного постоянного по длине волны поглощения, приводящего, в частности, к окрашиванию тяжелых фракций.

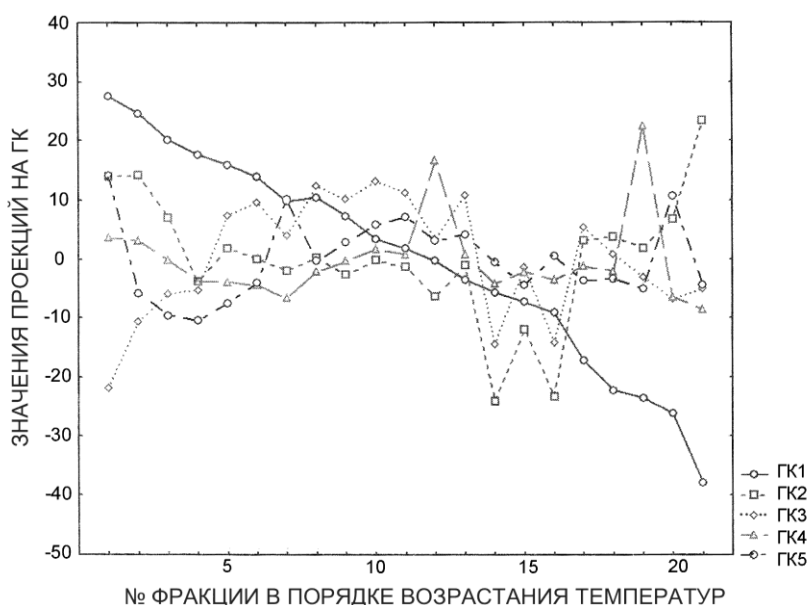


Рис. 4 а. Зависимость значений проекций спектров нефтяных фракций на различные ГК в видимой и ближней ИК-областях без дифференцирования исходного спектра

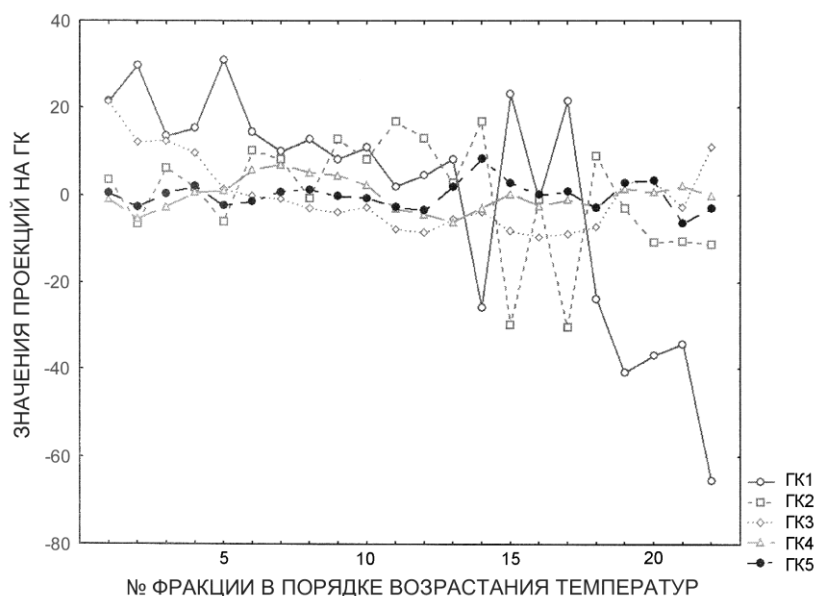


Рис. 4 б. Зависимость значений проекций спектров нефтяных фракций на различные ГК в видимой и ближней ИК-областях при дифференцировании исходного спектра

Таким образом, рассмотрение спектров фракций в видимой – ближней ИК-области позволяет утверждать, что, несмотря на низкую структурированность спектров, отсутствие хорошо разделенных полос поглощения и кажущуюся низкую информативность спектров, точное их измерение позволяет использовать эту информацию для надежной идентификации образцов фракций.

Проведенные исследования в целом показывают, что информативность спектров поглощения как в дальней, так и в видимой – ближней ИК-области спектра обеспечивает возможность идентификации нефтяных фракций в диапазоне температур кипения от нк до 350 °С.

Литература

1. Химия нефти / И.Ю. Батуева [и др.]. Л.: ЛО «Химия», 1984. 343 с.
2. Проскуряков В.А., Драбкин А.Е. Химия нефти и газа. СПб.: Химия, 1995. 448 с.
3. Спейт Д.Г. Анализ нефти: справочник: пер. с англ. / под ред. Л.Г. Нехамкиной и Е.А. Новикова. СПб.: Профессия, 2010. 479 с.
4. Speight J.G. Handbook of Petroleum Product Analysis. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2015. 351 p.
5. Беллами Л.Дж. Инфракрасные спектры сложных молекул: пер. с англ. / под ред. Ю.А. Пентина. М.: Изд-во ИЛ, 1963. 592 с.
6. Глебовская Е.А. Применение инфракрасной спектроскопии в нефтяной геохимии. Л.: Недра, 1971. 140 с.
7. Современные методы анализа нефтей: справ.-метод. пособие / под ред. А.И. Богомолова, М.Б. Темянко, Л.И. Хотынцевой. Л.: Недра, 1984. 431 с.
8. Власова И.В., Вершинин В.И., Шелпакова А.С. Хемометрические алгоритмы в спектрофотометрическом анализе неразделенных смесей органических веществ // Вестн. ОмГУ. 2010. № 2. С. 14.
9. Занозина И.И. Ускоренный мониторинг нефтяного сырья // Нефтепереработка и нефтехимия. 2006. № 12. С. 21.
10. Borin A., Poppi R.J. Application of mid infrared spectroscopy and iPLS for the quantification of contaminants in lubricating oil // Vibr. Spectrosc. 2005. V. 37. № 1. P. 27.
11. Иванова Л.В., Сафиева Р.З., Кошелев В.Н. ИК-спектроскопия в анализе нефти и нефтепродуктов // Вестн. Башкирского ун-та. 2008. Т. 13. № 4. С. 869.

12. Balabin R.M., Safieva R.Z., Lomakina E.J. Gasoline classification using near infrared (NIR) spectroscopy data: Comparison of multivariate techniques // *Anal. Chim. Acta*. 2010. V. 671. № 1–2. P. 27.
13. Экспресс-анализ состава и физико-химических свойств нефтяных систем методом БИК-спектроскопии / Р.З. Сафиева [и др.] // *Нефтепереработка. Нефтехимия*. 2011. № 3. С. 101.
14. Hoel Chung and Min-Sik Ku. Comparison of Near – Infrared, Infrared, and Raman Spectroscopy for the Analysis of Heavy Petroleum Products // *Appl. Spectrosc.* 2000. V. 54. № 2. P. 239.
15. Возможность применения многомерного статистического анализа спектров в лазерно-флуоресцентном исследовании смесей органических соединений / В.Б. Борисов [и др.] // *Аналитика и контроль*. 2000. Т. 4. № 2. С. 151.
16. О возможности применения метода главных компонент в аналитической абсорбционной спектроскопии / В.В. Берцев [и др.] // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2002. Т. 68. № 12. С. 12.
17. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М.: Физматгиз, 1963. 500 с.
18. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов: пер. с англ. / под ред. А.А. Дорофеева. М.: Наука, 1979. 368 с.
19. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник. СПб.: Питер, 2001. 750 с.
20. Дронов С.В. Многомерный статистический анализ: учеб. пособие. Барнаул: Алтайский госуниверситет, 2003. 213 с.
21. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы: пер. с англ. С.В. Кучерявского / под ред. О.Е. Родионовой. Черноголовка: Изд-во ИПФХ РАН, 2005. 160 с.
22. De Maesschalck R., Jouan-Rimbaud D., Massart D.L. The Mahalanobis distance // *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2000. V. 54. P. 123.
23. Mahalanobis P.C. On the generalized distance // *Proceedings of the National Institute of Sciences of India*. 1936. V. 2. № 1. P. 49.
24. Savitzky A., Golay M.J.E. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures // *Analytical Chemistry*. 1964. V. 36. № 8. P. 1627.
25. О возможностях многомерной эквидистантной абсорбционной спектроскопии в широком диапазоне частот в исследованиях фракций термической разгонки нефти / Н.И. Егорова [и др.] // *Оптика и спектроскопия*. 2020. Т. 128. № 4. С. 564–572.

УДК 614.8.02, 06

О ПОСТРОЕНИИ ФУНКЦИИ УЩЕРБА

В.В. Крымский, кандидат экономических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.Д. Ищенко, кандидат технических наук;

А.А. Таранцев.

Академия ГПС МЧС России

Рассмотрен метод построения функции ущерба для объектов при возникновении различных деструктивных событий (пожары, аварии, чрезвычайные ситуации) с учетом действий по ликвидации этих событий и их последствий. Приведен порядок построения функции ущерба с использованием экспертных методов. Показана возможность сравнения эффективности различных способов ликвидации деструктивных событий с использованием функции ущерба.

Ключевые слова: пожар, чрезвычайная ситуация, авария, функция ущерба

ABOUT CONSTRUCTING THE DAMAGE FUNCTION

V.V. Krymsky. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
A.D. Ishchenko; A.A. Tarantsev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The paper considers a method for constructing the damage function for objects in the event of various destructive events (fires, accidents, emergencies), taking into account actions to eliminate these events and their consequences. The procedure for constructing the damage function using expert methods is given. It is shown that it is possible to compare the effectiveness of various methods of eliminating destructive events using the damage function.

Keywords: fire, emergency, accident, damage function

Различным объектам при возникновении на них пожаров, аварийных ситуаций и чрезвычайных ситуаций (ЧС) наносится ущерб. При этом он тем больший, чем с большим запаздыванием и меньшими силами осуществляется тушение, проведение аварийно-спасательных работ (АСР) [1] и другие компенсирующие мероприятия.

Величина ущерба (обозначим ее U) зависит как от вида деструктивной ситуации, так от объекта, на котором она возникла, и от мероприятий по ее преодолению. Например, в пожарной тактике [2] динамику ущерба $U(t)$ (t – время, отсчитываемое от начала деструктивного события) принято оценивать через площадь пожара $S_n(t)$ [3], в других случаях – через риск [4–6] и т.п.

Тем не менее представляется целесообразным привести функцию $U(t)$ к некоторому универсальному виду, лежащему в пределах от $[0, 1]$ (рис. 1). В общем виде функцию $U(t)$ можно представить выражением [7]:

$$U(t) = (1 - e^{-kt})^n, \quad (1)$$

где k, n – коэффициенты, определяемые с использованием экспертных методов [8].

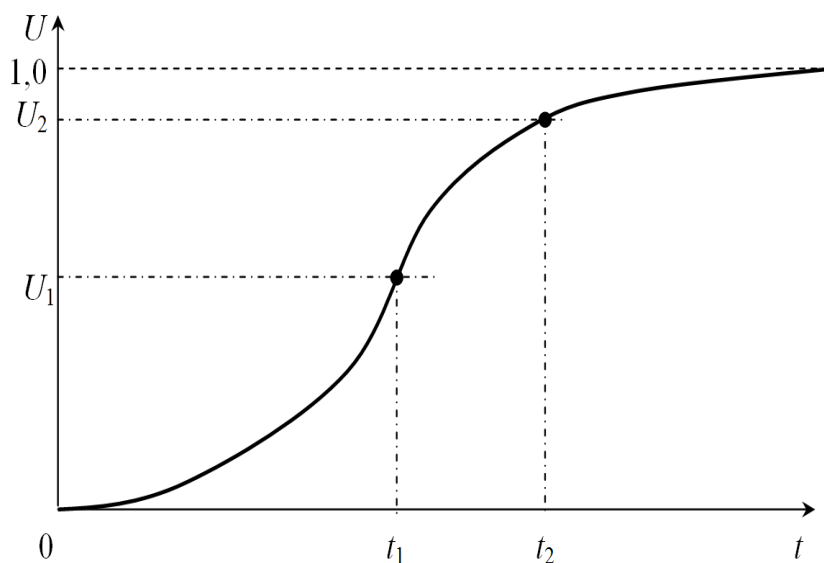


Рис. 1. Возможный вид функции ущерба от деструктивного события

Например, если известно, что к моменту t_1 величина функции (1) достигла значения U_1 , а к моменту t_2 – значения U_2 , то коэффициенты k и n могут быть найдены из решения системы из двух нелинейных уравнений:

$$\begin{cases} U_1 = [1 - \exp(-kt_1)]^n; \\ U_2 = [1 - \exp(-kt_2)]^n. \end{cases}$$

Коэффициенты k и n могут быть определены в два этапа. Сначала находится функция отношения $t_2/t_1=f(n)$ в виде:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{\ln(1 - U_2^{1/n})}{\ln(1 - U_1^{1/n})}, \quad (2)$$

откуда по известному соотношению t_2/t_1 подбирается величина n . Затем находится коэффициент k :

$$k = -t_1^{-1} \ln(1 - U_1^{1/n}) = -t_2^{-1} \ln(1 - U_2^{1/n}). \quad (3)$$

Для случая $U_1=0,5$ и $U_2=0,9$ получаем функцию $f(n)$ в виде таблицы.

Таблица. Функция $f(n)$ при $U_1=0,5$ и $U_2=0,9$

n	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
t_2/t_1	438,8	28,12	11,646	7,520	5,773	4,827	3,836	3,322
n	1,5	2	3	5	10	20	50	100
t_2/t_1	2,707	2,419	2,133	1,893	1,686	1,553	1,438	1,378

Примечание: $f(29)=1,5$; $f(3,88)=2$; $f(1,204)=3$; $f(0,577)=5$; $f(0,3286)=10$

Например, вид функции ущерба (1), построенной при $U(t_1=20)=0,5$ и $U(t_2=30)=0,9$ с использованием выражений (2), (3) и табл. 1, имеет вид (кривая 1 на рис. 2):

$$U(t) = (1 - e^{-0,1873t})^{29}. \quad (4)$$

Однако просто констатировать рост ущерба при деструктивной ситуации недостаточно, так как всегда должны предприниматься меры по его снижению. Для этого, учитывая, что к моменту t_n на объект придут пожарные или аналогичные подразделения других министерств и ведомств, можно предположить, что с этого момента ликвидация деструктивного события будет происходить со скоростью $k_{л}$. Как видно из рис. 2, ущерб может возрастать до момента $t_{л}$, когда он, достигнув величины U_{\max} , будет либо снижаться до 0, например, при проливе аварийно химически опасного вещества (АХОВ), когда к моменту t_k закончатся работы по нейтрализации (кривая 2 на рис. 2), либо будет оставаться на постоянном уровне U_{\max} (кривая 3 на рис. 2), например, после тушения пожара.

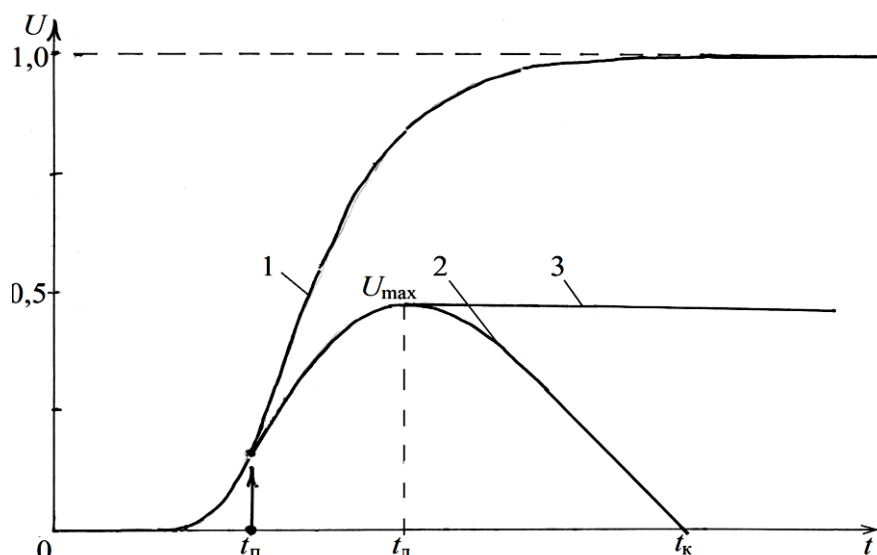


Рис. 2. Вид функции ущерба при отсутствии действий по ликвидации деструктивного события (1), при ликвидации последствий, например пролива АХОВ (2), и при тушении пожара (3)

В общем виде функция ущерба может быть представлена выражением:

$$U(t) = \begin{cases} [1 - \exp(-kt)]^n & \text{при } t < t_n; \\ (1 - e^{-kt_n})^n + [1 - e^{-k(t-t_n)}]^n - k_{\text{л}}(t - t_n) & \text{при } t \in [t_n, t_n]; \\ (1 - e^{-kt_n})^n + [1 - e^{-k(t-t_n)}]^n - k_{\text{л}}(t - t_n), & t \in [t_n, t_k] \text{ ("ликв. АХОВ");} \\ U_{\text{max}} & \text{при } t \geq t_n \text{ ("пожар").} \end{cases} \quad (5)$$

Время t_n может быть найдено из решения трансцендентного уравнения численными методами [9]:

$$k_{\text{л}} = knE(1 - E)^{n-1},$$

где $E = \exp(-k(t_n - t_n))$. Максимальный ущерб $U_{\text{max}} = U(t_n)$ – из уравнения (5):

$$U_{\text{max}} = (1 - e^{-kt_n})^n + [1 - e^{-k(t_n - t_n)}]^n - k(t_n - t_n).$$

Время окончания t_k ликвидации деструктивного события (например пролива АХОВ) – из трансцендентного уравнения также численными методами [9]:

$$(1 - e^{-kt_n})^n + [1 - e^{-k(t_k - t_n)}]^n = k(t_k - t_n).$$

В качестве примера на рис. 3 приведена функция (4) и функции снижения ущерба при различных скоростях $k_{\text{л}}$ от 0,01 до 0,05 мин⁻¹.

С помощью функции ущерба становится возможным решить задачу сравнения между собой различных способов нейтрализации деструктивного события на объекте, например, пожара в модуле арктической станции [10] при экстремально низких температурах наружного воздуха. В частности, было проведено сравнение известного способа тушения пожара в помещении посредством подачи воды или огнетушащего вещества (ОТВ) на ее основе от автоцистерны (АЦ) [2] и запатентованного в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России инновационного способа тушения [11], заключающегося в продуве горящего объема

низкотемпературным наружным воздухом. Преимущества способа [11] и реализующего его устройства (установка в модуле вентилятора и оборудование двух нормально закрытых люков) в оперативности начала тушения (не требуется прибытия АЦ, проведения боевого развертывания и подачи ОТВ стволами при экстремально низкой температуре воздуха) на величину $\Delta t = t_{\text{туш}} - t_{\text{прод}}$ ($t_{\text{туш}}$, $t_{\text{прод}}$ – начало тушения подачей ОТВ и продувкой соответственно), неповреждение внутреннего электрооборудования модуля жидкими ОТВ и др.

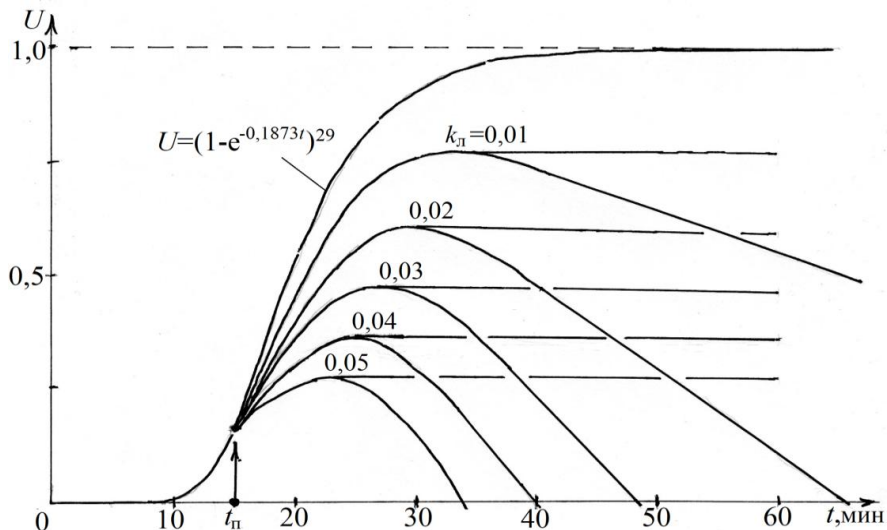


Рис. 3. Пример функции ущерба при действиях по его локализации и ликвидации

Даже без учета стоимости АЦ и депо для нее очевидно (рис. 4) преимущество способа [11], позволяющего значительно снизить остаточный ущерб на величину ΔU при пожаре при тушении модуля в Арктической зоне.

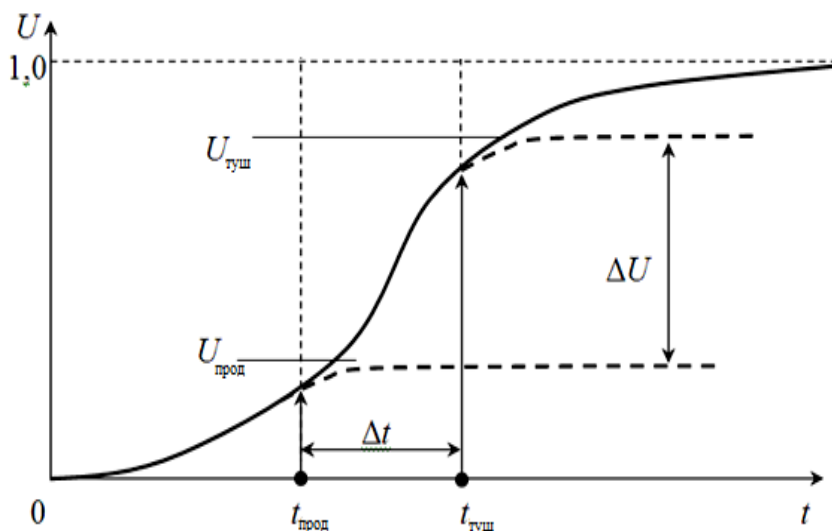


Рис. 4. Сопоставление эффективности известного и инновационного способов тушения пожара в модуле с применением функции ущерба $U(t)$

Таким образом, если на объекте есть риск возникновения различных деструктивных событий, приведенный метод построения функции ущерба позволит объективно оценить характерные временные параметры локализации ущерба с учетом начала и скорости действий соответствующих подразделений.

Кроме того, может быть решена задача сравнения двух или более способов минимизации ущерба на конкретном объекте, что позволит объективно выбрать лучший из них.

Литература

1. Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения АСР (утв. приказом МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444, зарег. в Минюсте Рос. Федерации 20 февр. 2018 г., рег. № 50100). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. Терехнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. Основы тушения пожара. Екатеринбург: Изд-во «Калан», 2008. 512 с.
3. О построении уточненного совмещенного графика для предполагаемого пожара / А.Д. Ищенко [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. № 2–3. Т. 27. С. 82–92. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.82-92.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404, зарег. в Минюсте Рос. Федерации 17 авг. 2009 г., рег. № 14541). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России от 30 мая 2009 г. № 382, зарег. в Минюсте Рос. Федерации 5 авг. 2009 г., рег. № 14486). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
6. Харисов Г.Х., Сидоренко Г.Г., Мирзаянц А.В. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2017. 191 с.
7. Абдурагимов Г.И., Таранцев А.А. Теория массового обслуживания в управлении пожарной охраной: монография. М.: Акад. ГПС МВД России, 2000. 102 с.
8. Анохин А.Н. Методы экспертных оценок: учеб. пособие. Обнинск: ИАТЭ, 1996. 148 с.
9. Хемминг Р.В. Численные методы для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1972. 400 с.
10. Таранцев А.А., Ищенко А.Д., Таранцев А.А. Оценка эффективности инновационного способа тушения пожаров в Арктической зоне // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: ИПТ РАН, СПбУ ГПС МЧС России, 2020.
11. Способ тушения пожара в помещении в условиях низких температур и устройство для его реализации: пат. 2714272 Рос. Федерация / А.А. Таранцев [и др.], заявитель и патентообладатель С.-Петерб. университет ГПС МЧС России; заявл. 13.03.2018, опубл. 13.02.2020.
12. Матвеев А.В. Оценка и управление риском. СПб., 2010.

УДК 614.849

ПРОБЛЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ПРОВЕРОК В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧАСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЗДАНИЯ

**А.В. Фомин, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.**

А.А. Хорошев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены отдельные аспекты деятельности по проведению проверок, образующие проблематику идентификации строительных конструкций зданий как несущих элементов, приведены примеры из практики. Обоснована как необходимость исследования данного

вопроса, так и разработки методики идентификации строительных конструкций в качестве несущих элементов здания.

Ключевые слова: здания, степень огнестойкости, геометрическая неизменяемость, несущий элемент, идентификация

THE PROBLEM OF CONDUCTING INSPECTIONS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY IN TERMS OF DETERMINING THE DEGREE OF FIRE RESISTANCE OF A BUILDING

A.V. Fomin; A.A. Khoroshev.

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

The article deals with certain aspects of inspection activities that form the problem of identifying building structures as load-bearing elements, and provides examples from practice. The article substantiates both the need for research on this issue and the development of methods for identifying building structures as load-bearing elements of a building.

Keywords: buildings, fire resistance, geometric immutability, load-bearing element, identification

Обеспечение пожарной безопасности в соответствии с абзацем 2 преамбулы Федерального закона Российской Федерации «О пожарной безопасности» признается государством одной из ключевых функций, определяя тем самым конституционно-правовой смысл [1]. Пожарная безопасность в силу п. 2 ч. 6 ст. 3 Технического регламента о безопасности зданий является неотъемлемой составляющей широкого понятия безопасности зданий и сооружений [2]. Безопасность в качестве основного принципа градостроительной деятельности лежит и в основе положений Градостроительного кодекса Российской Федерации (п. 8 ст. 2) [3]. Механизм реализации этого принципа раскрывается пп. а п. 3 ч. 12 ст. 48 [3] и заключается в обязательности включения в состав проектной документации соответствующего раздела, направленного на обеспечение, среди прочих, пожарной безопасности, и детализируется п. 26 постановления Правительства Российской Федерации «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию» [4].

Здесь отдельно следует акцентировать внимание на положениях ст. 7 Технического регламента о безопасности зданий [2], определяющих необходимость наделения строительных конструкций и оснований здания или сооружения свойствами прочности и устойчивости в той мере, в какой процесс строительства и эксплуатации не повлечет за собой какой-либо вероятности причинения вреда жизни или здоровью человека, вреда окружающей среде, имущественному комплексу каких-либо лиц, а также муниципальному образованию или государству в целом. К числу вероятности неблагоприятных последствий, которые п. 4 рассматриваемой статьи правовым путем исключает законодатель, относятся как повреждение части здания или сооружения, сетей инженерно-технического обеспечения, так и системы инженерно-технического обеспечения. Под такими повреждениями следует понимать деформацию, перемещение, потерю устойчивости несущих строительных конструкций либо отклонение этих конструкций от вертикальности.

Таким образом, законодателем четко установлено требование к такой характеристике механической безопасности здания, как его прочность, устойчивость и пространственная неизменяемость. Необходимость таких инженерных проработок прямо предусмотрена пп. е п. 14 [4], которым требуется содержание в разделе 4 проекта «Конструктивные и объемно-планировочные решения» (раздел КР – здесь и далее разделы – по шифрам в соответствии с п. 4 табл. А.1 приложения А ГОСТа Р 21.1101–2013 [5]). В данном разделе следует описать, обосновать такие технические решения, которые позволят наделить здание или сооружение объекта капитального строительства надлежащей устойчивостью, пространственной

неизменяемостью, обеспечить его прочность. Требование применимо для здания или сооружения объекта капитального строительства как в целом, так и для его составляющих.

То есть нормативные документы уделяют достаточно внимания геометрии здания в условиях его строительства, эксплуатации с учетом нюансов сейсмологии либо аспектов ветровой нагрузки на его фасад. Вместе с этим вопрос огнесохранности здания, его конструкций в экстремальных условиях пожара проработан недостаточно.

Так, анализ требований пожарной безопасности не дает точного и окончательного ответа на вопрос методики определения (идентификации) конструкций, которые принимают участие в устойчивости здания, неизменяемости его первичных геометрических характеристик в экстремальных условиях воздействия пожара.

Обязанность по соблюдению требований, направленных на обеспечение состояния защищенности от пожара, установлена частями вторыми ст.ст. 34 и 37 Федерального закона Российской Федерации «О пожарной безопасности» [1], которыми на граждан и организации возложены обязанности по соблюдению данных требований – требований пожарной безопасности. Определив соответствующие специальные условия социального и (или) технического характера, которые установлены для обеспечения пожарной безопасности как федеральным законодательством, иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, так и нормативными документами по пожарной безопасности, ст. 2 [1] к этим требованиям, главным образом, относит положения Технического регламента, сводов правил, прочих документов, включенных в перечень документов стандартизации, применение которых обеспечивает соблюдение требований [6] на добровольной основе.

Из ч. 2 ст. 87 Федерального закона Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [6] следует, что пределы огнестойкости строительных конструкций должны соответствовать принятой степени огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков. Соответствие степени огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков и предела огнестойкости, применяемых в них строительных конструкций приведено в табл. 21 приложения к настоящему Федеральному закону. В то же время табл. 21 приложения рассматриваемого Федерального закона дополняет и часть вторую ст. 58 [6] (табл.).

Таблица. Выдержка из положений [6]

Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков	Предел огнестойкости строительных конструкций						
	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				настилы (в том числе с утеплителем)	фермы, балки, прогоны	внутренние стены	марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

Вместе с этим существенно для рассматриваемого вопроса примечание к приведенной выше таблице, которое оговаривает, что порядок отнесения строительных конструкций к несущим элементам здания и сооружения устанавливается нормативными документами по пожарной безопасности.

Это показывает, что смысловая нагрузка табл. 21 [6] имеет открытый характер, что позволяет толковать ее по-разному. Данная норма неотделима от первого абзаца п. 5.4.2 СП 2.13130.2012 [7], ведь этим пунктом к несущим элементам здания было причислено множество конструкций. Здесь, помимо несущих стен, колонн, связей, диафрагм жесткости,

ферм, приведены и элементы перекрытий, бесчердачные покрытия (в число которых включены плиты и настилы). Но для идентификации таковых в качестве несущих элементов приведено условие – они должны обеспечивать (участвовать в обеспечении) общую устойчивость и геометрическую неизменяемость здания при пожаре.

Понятие несущих элементов раскрывается п. 3.1 СП 20.13330.2016 [8] – это те конструкции, которые воспринимают нагрузки, будь то временные или постоянные, включая и иную нагрузку зданий (от других частей).

Понятия нагрузок их виды и классификация приводится сводом правил [6], который находится в системе нормативных документов в области стандартизации, а, значит, не может быть отнесен к документам, содержащим требования пожарной безопасности.

Понятие устойчивости объектов защиты при пожаре п. 47 ст. 2 [6] раскрывается свойством здания (сооружения) не менять своей конструктивной целостности, функционального назначения при пожаре (его факторов и вторичных проявлений).

При этом какой-либо методики определения (идентификации) конструкций, которые принимают участие в устойчивости здания, неизменяемости его первичных геометрических характеристик в условиях экстремального воздействия пожара не прослеживается ни в документах, устанавливающих требования пожарной безопасности, ни в научных, ни в околонаучных трудах.

При этом в силу п. 5.4.2 (второй абзац) СП 2.13130.2012 [7] проектировщику в технической документации на проектируемое здание следует указать сведения о тех несущих конструкциях, которые не принимают участия в сохранении общей устойчивости и геометрической неизменяемости здания.

Вместе с тем на практике у работников проектных организаций зачастую отсутствует понимание как необходимости исполнения данного требования, так и понимания самой сути поставленной задачи.

Так, при проектировании здания детского сада-яслей на 200/80 мест (II степень огнестойкости) по ул. Военный городок в г. Обь Новосибирской области разработчиком раздела проектной документации «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» указано: «...конструкции, участвующие в общей устойчивости и геометрической неизменяемости здания при пожаре подвергаются огнезащите:

... – Лестничные марши и площадки лестниц в лестничных клетках – R60; ...»

Примечателен тот факт, что указанный проект носил характер типового и был в буквальном содержании тиражирован с изменениями реквизитов по другим строящимся объектам дошкольного образования Новосибирской области.

То есть вместо того, чтобы привести сведения о тех несущих конструкциях, которые не принимают участия в сохранении общей устойчивости и геометрической неизменяемости здания, разработчик раздела пожарной безопасности указал, что лестничный марш и лестничные площадки являются несущим элементом здания. Остается только добавить, что указанные проектные решения успешно прошли экспертизу.

Существует множество подобных примеров, которые могут стать объектом пристального внимания органов федерального государственного пожарного надзора. При этом такие объекты могут носить статус высокой социальной значимости, а также характеризоваться пребыванием в них большого количества людей. Так, терминал Б аэропорта «Толмачёво», являющийся международным аэропортом Сибири, был запроектирован с интересным с точки зрения рассматриваемой проблематики инженерным решением, в котором для обеспечения общей устойчивости и геометрической неизменяемости здания при пожаре принята связь вертикальных несущих конструкций горизонтальным диском перекрытия. Здание – I степени огнестойкости, значит, перекрытия, являющиеся несущим элементом, надлежало бы проектировать, предусматривая их предел огнестойкости по несущей способности не менее двух часов. Однако проектной организацией не идентифицированы перекрытия в качестве несущего элемента, что привело к факту эксплуатации данного здания со степенью огнестойкости ниже требуемой.

Аналогична ситуация в г. Новосибирске по торгово-выставочным центрам: «Калейдоскоп комфорта и уюта» на пл. Маркса, д. 6/1, «Мельница» по ул. Фабричная, д. 31.

Проблема невозможности определения конструкций перекрытия как несущих элементов здания, участвующих в общей устойчивости и геометрической неизменяемости данного здания при пожаре, исключают возможность выявления таких нарушений, как несоответствие предела огнестойкости конструкции перекрытия по несущей способности, что влечет за собой некачественное проектирование и проблемы при выполнении государственной функции по осуществлению федерального государственного пожарного надзора.

Таким образом, необходима разработка метода определения перекрытий как несущих элементов здания.

Литература

1. О пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 35. Ст. 3649.

2. Технический регламент о безопасности зданий: Федер. закон Рос. Федерации от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2010. № 1. Ст. 5.

3. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 29 дек. 2004 г. № 190-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2005. № 1. Ст. 16.

4. О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 февр. 2008 г. № 87. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

5. ГОСТ Р 21.1101–2013. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. М.: ОАО «ЦНС», 2013.

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 30. Ч. 1 Ст. 3579.

7. СП 2.13.130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2012.

8. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2016.

УДК 614.841.2

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗРЫВОВ ГАЗА В ЖИЛЫХ ДОМАХ

Т.П. Сысоева, кандидат технических наук;

Д.Ю. Минкин, доктор технических наук, профессор;

А.С. Крутолапов, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности исследования взрывов газа в жилых домах, на которые следует обращать внимание при выдвижении и отработке версии возникновения взрыва. Подробно раскрыт такой немаловажный момент, как изъятие проб газа с добавлением одоранта с неприятным запахом на месте происшествия.

Ключевые слова: взрыв, природный газ, сжиженный газ, газопаровоздушная смесь, газожидкостная хроматография, одорант

FEATURES OF THE STUDY OF GAS EXPLOSIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

T.P. Sysoeva; D.Yu. Minkin; A.S. Krutolapov.

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

Important features of the study of gas explosions in residential buildings, which should be paid attention to when putting forward and working out the version of the explosion occurrence, are considered. And it is revealed in detail not unimportant moment, as the withdrawal of gas samples with the addition of odorant with an unpleasant smell, at the scene.

Keywords: explosion, natural gas, liquefied gas, gas-steam-air mixture, gas-liquid chromatography, odorant

Аварийные взрывы газа внутри зданий и помещений обычно происходят по дефлаграционному, а не детонационному типу взрывного превращения. То есть, происходит быстрое сгорание газовой смеси, концентрация горючего в которой находится между нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени.

Ввиду того, что газопаровоздушные смеси способны к горению только при определенных концентрациях, взрывы в жилых зданиях часто носят многостадийный характер. Взрывные хлопки могут следовать один за другим, с интервалом в несколько секунд. Поэтому свидетели в своих показаниях могут говорить о том, что слышали один или несколько хлопков. Исключение составляют взрывы газовых баллонов в условиях пожара – время, необходимое для разогрева и разрыва баллона, составляет десятки секунд.

К особенностям дефлаграционных взрывов внутри помещений можно отнести и формирование мощных воздушных потоков в межквартирных и межкомнатных проходах, коридорах и т.д.

Как известно, именно эти потоки, а вовсе не ударные волны, приводят к выбросу строительных конструкций и предметов из квартиры, где произошел взрыв [1]. Пример: оконная решетка после взрыва в квартире. Решетка полностью не сорвана, осталась на окне, но очень сильно деформирована наружу. Данное повреждение конструкции мог нанести только скоростной напор струи, истекающий из квартиры. При этом следует иметь в виду, что разрушение конструкций происходит под действием избыточного давления, а последующий их выброс – под действием скоростного напора.

Уровни взрывных нагрузок существенно зависят от множества факторов – объемно-планировочного решения помещения, сценария протекания аварийного взрыва, характера остекления окон квартиры, состояния межкомнатных дверей в момент взрыва.

Особо остановимся на влиянии дверей помещения на развитие и последствия взрыва.

Общеизвестно влияние «дверного фактора» на развитие и последствия пожара. Даже на крупных пожарах закрытая дверь в комнату, помещение препятствует (конечно, до определенных пределов) распространению горения и часто спасает помещение от выгорания, а находящихся там людей от гибели. Не менее существенно влияние этого фактора при взрыве пылегазовоздушных смесей.

Если в момент первоначального взрыва на кухне дверь в коридор квартиры закрыта, то происходит «хлопок» и последующий незначительный по последствиям пожар на кухне. Это связано с тем, что переобогащенная смесь при первом «хлопке» будет выдвинута в атмосферу через разрушенное остекление. Если же дверь на кухню в момент первого «хлопка» открыта, то смесь через дверной проем устремляется в коридор и соседние комнаты, турбулизируется и обогащается кислородом.

В результате формируется хорошо подготовленное к горению взрывоопасное облако, которое через незначительный промежуток времени (10–15 с) взрывается. Так проявляется вторичный взрыв, который обычно и причиняет основные повреждения зданию.

Обратим внимание, что при, казалось бы, пустяковом факторе – открытой или закрытой двери – взрыв может быть одностадийным или двухстадийным, а уровни взрывных нагрузок отличаются в 10–15 раз.

Причиной возникновения множественных взрывов может быть и описанный выше эффект миграции и накапливания газов при утечке в подземных и наземных газопроводах. Газы и пары, проникшие в соседние этажи или комнаты, скапливаются на каждом уровне. В результате возникают так называемые вторичные (каскадные) взрывы – когда зажигание и взрыв происходит на одном этаже или в комнате, последующие взрывы могут произойти в соседних помещениях или этажах.

Миграция и накапливание газов часто образуют зоны, места скопления («карманы») с различными воздушно-топливными смесями. Один «карман» может быть в пределах взрывоопасной концентрации, в то время как «карман» в соседней комнате может быть выше верхнего концентрационного предела взрываемости. Когда первая смесь загорается и взрывается, динамические силы взрыва, включая положительную и отрицательную фазы давления, смешивают воздух с насыщенной смесью и формируют концентрацию, достаточную для взрыва. Эта смесь, в свою очередь, взрывается, если есть источник зажигания достаточной мощности. Таким образом, возможна серия взрывов паров и газов [2].

Каскадные взрывы иногда происходят так часто, что свидетели заявляют, что слышали только один взрыв. Но физические доказательства, в том числе множественность эпицентров, указывают на более чем один взрыв [2].

Некоторые аспекты выдвижения и отработки версии

Версия об утечке газа должна выдвигаться и анализироваться как минимум в случаях [3]:

а) наличия газовых коммуникаций и магистралей на месте происшествя или в пределах зоны возможного проникновения;

б) наличия разрушений, характерных для объемного взрыва;

в) наличия характерного запаха газа;

г) использования технологических процессов с горючими газами;

д) отсутствия других объяснений произошедшего взрыва.

Здесь же остановимся на некоторых специфических следах горения метана и пропан-бутановой смеси и методике их выявления, а так же некоторых расчетах, которые могут быть выполнены в данной ситуации.

Следы горения природного газа (метана) и других углеводородных газов. Вытекающий природный газ склонен к образованию следов в форме перевернутого конуса. Это особенно характерно для природного газа в случае, если утечка происходит от нижнего уровня пола и распространяется дальше до границы пересечения пола и стены.

Последующее горение часто не доходит до потолка и проявляется в образовании характерного треугольного следа в форме перевернутого конуса.

Горение распространенных топливных газов может обеспечивать формирование и иных особых следов на пожаре. Природный газ имеет плотность по воздуху около 0,65, он легче воздуха и потому поднимается вверх. Это его свойство создает зоны повышенных концентраций газа в верхних частях комнаты, здания. Локальное горение между потолочными балками, между внутренними вертикальными стояками стен и в углах потолка комнаты довольно распространено и является признаком горения именно природного газа.

Более тяжелые углеводороды – пропан с плотностью 1,5 по воздуху и бутан с плотностью по воздуху 2,0 – также имеют тенденцию образовывать зоны повышенных концентраций, но на нижних уровнях. Однако летучий характер их продуктов горения предотвращает образование подобных характерных следов зонального горения, как у природного газа [2].

Следы на окружающих конструкциях и предметах могут и вообще не образоваться, если имела место локальная вспышка – «пробежка пламени». По причине кратковременности теплового воздействия, массивные материалы и конструкции могут

просто не успеть прогреться до температур, необходимых для заметных термических поражений.

Существует методика изъятия проб горючего газа.

В случае если осмотр места пожара проводится по «горячим следам», может оказаться полезен отбор проб воздуха на предмет обнаружения остатков газа.

Методика отбора описана в пособии «Место взрыва как объект экспертно-криминалистического исследования» [4].

Отбор производится, в частности:

- выливанием холодной воды из стеклянных банок большой емкости;
- заполнением полиэтиленовых пакетов;
- использованием специальных поглотительных растворов.

Отбор проб газа осуществляется из зон завалов, в полузамкнутых объемах из их центра.

Далее происходит анализ проб газовой фазы.

Основной метод анализа проб воздуха и поглотительных растворов на предмет обнаружения остатков газа – газожидкостная хроматография. Соответствующее оборудование имеется в судебно-экспертных учреждениях федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» и экспертных подразделениях полиции. Методика и условия хроматографирования близки к применяемым для анализа более тяжелых углеводородов (светлых нефтепродуктов) при поджогах [5].

Фотоионизационные детекторы типа «Колиона», обычно используемые для поисков остатков легковоспламеняющихся (газообразных) жидкостей, лучше не применять – они плохо реагируют на легкие газы, в том числе метан, пропан.

Зарубежные методические пособия [2] рекомендуют при этом искать не сам газ, а добавляемый в него компонент, так называемый газовый одорант, иногда называемый «отдушкой». Вероятно, потому, что он лучше сохраняется после пожара.

Как отмечалось выше, природный и сжиженные (пропан-бутан) газы не имеют запаха.

Поэтому для безопасности в них добавляется одорант с неприятным запахом. Самые распространенные одоранты для природных газов – бутилмеркаптаны, а этилмеркаптан и тиопан – для сжиженных газов.

В США, в соответствии с пособием [2], определение одоранта должно входить в состав исследования любого взрыва газа, особенно, если нет указаний на утечку газа. Определение наличия одоранта в полевых условиях рекомендуют проводить линейно-колористическим методом с применением соответствующих индикаторных трубок, а в лабораторных условиях для более точных результатов – с помощью газовой хроматографии. Отмечается, что некоторые люди по разным причинам (главная, вероятно, не очень хорошее обоняние) не могут обнаружить эти одоранты органолептически, а при определенных условиях концентрация одоранта может снизиться настолько, что его обнаружить не удастся и людям с хорошим обонянием.

Литература

1. Утечки и взрывы горючих газов – чрезвычайные ситуации в бытовой сфере / И.Д. Чешко [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 12. С. 38–44.
2. NFPA-921. Guide for Fire and Explosion Investigations. NFPA, Quincy, MA, 2005.
3. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2 кн. СПб.: ООО «Береста», 2012.
4. Калач А.В., Лоран Н.М., Шарапов С.В. Некоторые проблемы обеспечения безопасности объектов нефтегазового комплекса в России // Техносферная безопасность. 2020. № 1 (26). С. 71–76.
5. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2002. 330 с.

УДК 614.849

РОЛЬ ПРОПАГАНДЫ И ИНФОРМИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д.Е. Завьялов, кандидат технических наук;

А.Е. Савенкова, кандидат технических наук;

О.С. Юнцова, кандидат педагогических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Противопожарная пропаганда является одним из ключевых инструментов в профилактике и предотвращении пожаров. В статье рассматриваются цели, инструменты и роль пропаганды и информирования в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: противопожарная пропаганда, пожарная безопасность, информирование, обучение в области пожарной безопасности

ROLE OF PROMOTION AND INFORMATION IN FIRE SAFETY

D.E. Zavyalov; A.E. Savenkova; O.S. Yuntsova.

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

Fire propaganda is one of the key tools in the prevention and prevention of fires. The article discusses the goals, tools and role of propaganda and information in the field of fire safety.

Keywords: fire propaganda, fire safety, information, training in the field of fire safety

Одним из важнейших элементов в перечне всех правил в области безопасности людей является пропаганда против пожаров. Именно ее верное донесение до человека в конечном итоге позволяет максимально сократить возможные ситуации экстремального характера, которые возникают из-за халатного и неосторожного обращения с огнем.

Эта же пропаганда позволяет уменьшить количество травматизма и смертельных случаев по причине пожаров. Таким образом, донесение правил пожарной безопасности дает возможность сократить количество пострадавших индивидов при возникновении опасной ситуации.

Пропаганда в противопожарном деле представляет собой одно из самых эффективных оружий в противостоянии стихии. Ключевым моментом пропаганды являются именно слова и то, какой эффект они оказывают на людей в итоге.

Поэтому при проведении антипожарной пропаганды важно уметь вести свою речь, заставляя окружающих слушать ее, не отрываясь, воспринимая все произнесенные слова, запоминая каждое из них. Правовые нормы такого процесса заложены в официальной политике в данной сфере со стороны государства.

Соответствующий закон федерального характера дает установку на проведение такой пропаганды разными способами, а также перечисляет те инструменты, которые можно использовать при проведении пропаганды. Однако при ознакомлении с литературой по данному вопросу сразу же возникает противоречие между тем, что хочет видеть социум в подобной пропаганде, и тем, что государственные органы в силу своей компетенции способны ему предоставить [1].

Современный подход в трех этапах: предвидеть, предотвратить, спастись – не работает. Ведь чтобы что-либо предвидеть, нужно уже иметь какую-либо информацию по данному поводу. Но самое важное – у самого человека должно быть острое желание предотвратить опасную ситуацию.

Поэтому важно, чтобы природная потребность индивида в безопасности способствовала внимательному отношению к противопожарной пропаганде, приобретению соответствующих навыков и знаний.

Деятельность, осуществляющая информирование и пропаганду, представляет собой особый вид государственной деятельности. В качестве основы выступает законодательная база, которая закреплена некоторыми нормативными актами и поручениями, инструкциями и приказами ведомств [1].

Основной из них – Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», представляющий обеспечение пожарной безопасности как ведущую цель каждого государства, а проведение пропаганды против пожаров – основными функциями системы, направленными на обеспечение пожарной безопасности.

К главным функциям органов местного самоуправления относится осуществление основных мер пожарной безопасности. Специальный технический регламент, в котором содержатся требования соблюдения пожарной безопасности, относит противопожарную пропаганду к первичным мерам пожарной безопасности.

Мероприятия, которые направлены на обеспечение пожарной безопасности муниципального образования и объектов собственности, должны рассматриваться в программах и планах по развитию территории, а также в муниципальных целевых программах.

Администрация учреждений обязательно проводит обучение мерам по соблюдению безопасности среди сотрудников в соответствии с прописанными правилами пожарной безопасности.

Правильное, грамотное соблюдение мер и необходимые знания, направленные на соблюдение техники пожарной безопасности, позволяют полностью избежать непредвиденных ситуаций, которые могут возникнуть в организации или любом учреждении. Потому необходимо проведение пропаганды пожарно-технических знаний среди детей. Оно проводится в дошкольных учреждениях, школах, в учреждениях по дополнительному образованию.

Органы управления образовательными организациями и МЧС России создают специальные добровольные молодежные отряды, оказывающие квалифицированную помощь при пожарах.

Необходимые требования к содержанию программ и порядку проведения обучения специальных лиц мерам пожарной безопасности определяются прописанными правилами для различных образовательных учреждений [2].

Средства массовой информации (СМИ) имеют обязательство, согласно которому они должны быстро и совершенно бесплатно размещать по просьбе подразделений МЧС России необходимую информацию, касающуюся ведущих вопросов обеспечения пожарной безопасности.

Органы управления и власти обязаны сообщать людям о принятых ими решениях, которые направлены на обеспечение пожарной безопасности, на содействие передачи пожарно-технических познаний.

В соответствии со специальным регламентом МЧС России по осуществлению функции государства, занимающейся контролем за исполнением органами власти различного уровня, организациями и должностными лицами, гражданами необходимых требований по соблюдению пожарной безопасности, территориальные отделения и инспекции органов МЧС России по отдельным субъектам работают со СМИ (газетами, журналами).

Каждый государственный инспектор, занимающийся пожарным надзором, во время проверок по осуществлению проведения противопожарной безопасности рассматривает готовность работников предприятия к необходимым действиям в случае возможного пожара, в рамках проверок на выезде устанавливается уровень знаний требований пожарной безопасности при помощи опроса среди сотрудников.

Консультации, проводимые по вопросам, входящим в компетенцию министерства, проводятся инспекторами пожарного надзора. Консультации оказываются гражданам

и предприятиям, их официальным представителям в любой форме, касающихся вопросов, затрагивающих определение обязанностей и функций инспекторов, отвечающих за пожарный надзор, выполняющих функцию государства. Разъясняются права и обязанности должностных лиц, которые указаны в п. 6 Административного регламента.

Разъясняются порядок оспаривания возможного действия или бездействия и решений органов и инспекторов государства по пожарному надзору, которые принимаются во время исполнения своих функций сотрудниками государственного пожарного надзора (ГПН); результаты выполнения государственной функции, кроме сведений личного характера; необходимые требования по соблюдению пожарной безопасности; порядок и время рассмотрения заявлений от физических и юридических лиц о получении заключения о соответствии объекта защиты требованиям пожарной безопасности; список документов, необходимых для предоставления в специализированные органы для получения лицензии; соответствует ли объект главным требованиям пожарной безопасности и другие вопросы, которые относятся к компетенции органов ГПН.

Консультации осуществляются при получении обращения в письменной форме в порядке, который установлен законодательством Российской Федерации о рассмотрении гражданских обращений.

Информация, представленная выше, позволяет сделать следующие выводы. Безопасность при возникновении пожара требует большого внимания, нельзя относиться к ее соблюдению халатно.

Ведение пропаганды и обучения в городских и сельских поселениях или муниципалитете нуждается в правильной подготовке. Она регулируется соответствующим нормативом, определяющим лицо, ответственное за разработку данных мероприятий. Тип собственности в этом случае не играет никакой роли.

Что касается пропаганды с обучением непосредственно по месту жительства, она проводится с помощью:

- печатных продуктов в виде рекламных буклетов, памяток и листовок;
- конференций, конкурсов обозначенной тематики;
- газетных публикаций;
- обучающих передач по телевидению и радио, SMS-сообщений, кинофильмов;
- агитационных средств, представленных плакатами, буклетами, панно, компьютерными открытиями;
- сотрудничества с различными творческими союзами, которые пропагандируют знания противопожарного типа [2].

Хорошо себя зарекомендовал такой агитационный прием, как сходы граждан, в процессе которых рассматриваются и решаются вопросы касательно пожарной безопасности в пределах муниципалитета.

Среди школьников описываемая пропаганда представлена следующими эффективными мерами:

- творческие конкурсы соответствующей тематики, затрагивающие аудиторию всех возрастов;
- соревнования спортивной направленности пожарно-прикладного типа, в которых принимают участие учащиеся средних и высших заведений.

Стоит отметить, что именно самоуправленческие органы выступают создателями, а вслед за тем и исполнителями мер, касающихся противопожарной агитации. Они ведут обучение среди местных жителей по обеспечению пожарной безопасности в пределах конкретного муниципального формирования. Описываемой работой также занимаются инструкторы по пожарной профилактике.

На подобную пропаганду с соответствующим обучением в местных бюджетах стандартно закладываются определенные финансы. Противопожарные мероприятия носят постоянный характер.

Отмечается, что обучение по принципу противопожарного инструктажа выполняют:

- по месту пребывания или жительства вместе с сотрудниками управляющих объектов (например многоквартирные дома), членами или представителями правлений при товариществах с собственниками жилья, участниками органов общественного и территориального самоуправления, которые ознакомлены с пожарно-санитарным минимумом;
- в обществах садоводческого типа вместе с их представителями, которые также обучились пожарно-техническим правилам.

Руководители различных организаций, жилищные кооперативы, товарищества среди владельцев жилья, садоводческие объединения в самостоятельном порядке проводят инструктажи среди граждан. Они также вправе привлекать со стороны специализированные учреждения, с которыми заключаются предварительно договора.

В процессе противопожарного инструктажа граждане знакомятся со следующими пунктами:

- частые причины, влекущие пожары, методы борьбы с ними;
- порядок действий в случае малейших признаков возгорания;
- требования, предъявляемые по пожарной безопасности к садоводческим объединениям, жилым зданиям, населенным пунктам;
- основные требования, которые предъявляются во время создания печного отопления с последующей их эксплуатацией, при использовании различных электрических приспособлений, электросетей;
- меры ответственности, которые наступают при нарушении общепринятых требований касательно пожарной безопасности [3].

Когда вводится противопожарный особый режим, ухудшается или усугубляется обстановка на конкретных территориях, допускается внеочередное проведение противопожарного инструктажа. О подобных мероприятиях делается соответствующая запись в журнале учета по осуществлению среди граждан описываемых инструктажей.

Принято выделять формы по обучению граждан непосредственно по месту жительства:

- распространение через СМИ специальной информации, направленной на предотвращение пожаров, принятия необходимых мер при появлении возгорания;
- беседы и лекции пожарно-технической направленности, демонстрация обучающих фильмов;
- распространение распечатанных листовок с информацией о соблюдении основных требований по пожарной безопасности.

Что касается обучения лиц, которые ведут служебную или трудовую деятельность в учреждениях, оно осуществляется с применением специальных программ по противопожарному инструктажу, минимуму пожарно-технического типа.

С учетом типа внедряемой программы по обозначенному обучению лиц, которые несут служебную, трудовую деятельность, мероприятия осуществляются непосредственно по месту работы либо в специализированных инстанциях по общеобразовательной деятельности.

Что касается образовательных организаций, обучение в них по пожарной безопасности осуществляется в обязательном порядке. При школах создаются дружины юных пожарных.

В современном мире население не знает либо не понимает главных требований, предъявляемых к соблюдению пожарной безопасности, и нуждается в их постоянном разъяснении. Причин возникновения пожаров великое множество: нарушение правил курения, использование открытого огня, оставшиеся без присмотра компьютеры, телевизоры и другие электрические приборы, отсутствие мер по поддержанию электрического оборудования в пожаробезопасном виде. Количество пожаров, которые случились в жилом секторе России в 2019 г., составило около 71,3 %.

На практике опыт по проведению и организации занятий показал, что многие из них имеют значительные, существенные нарушения установленных требований пожарной безопасности. Руководители и должностные лица не обладают высоким уровнем знаний, что

мешает им на практике правильно выстроить эффективную деятельность, способную остановить или предупредить пожар, обеспечить при необходимости быструю и безопасную эвакуацию граждан.

Поэтому возникают противоречия: мероприятия в области пожарной безопасности и обучение необходимым мерам пожарной безопасности не дают должного результата – при этом большая часть пожаров случается по вине именно людей из-за несоблюдения или незнания требований пожарной безопасности.

Анализируя сказанное выше, можно сделать следующий вывод, что мероприятия по противопожарной пропаганде или противопожарному обучению необходимых мер часто не исполняются либо проводятся несистематически или формально.

Для того чтобы сформировать у граждан базу систематизированных навыков, знаний и умений, касающихся соблюдения мер пожарной безопасности, действиям в возникших ситуациях, представляется обязательным активно проводить пропаганду против пожаров по телевидению, а особенно – по центральным каналам.

Для осуществления этих мер можно проводить каждодневную передачу, в которой необходимо рассматривать актуальные темы, касающиеся безопасности жизнедеятельности, а именно по пожарной, промышленной безопасности, охране труда и многого другого [4].

Благодаря противопожарной пропаганде удастся сформировать необходимые условия для понимания и соблюдения правил противопожарной безопасности. Кроме того, на ее основе и с учетом научного подхода удастся создать сознательное отношение граждан к ведению работ на безопасном уровне, правильном обращении с пожароопасными веществами и материалами. Ввиду этого противопожарная пропаганда имеет следующие цели:

1. Вызывать чувство ответственности среди населения за возможные итоги инцидентов с огнем.

2. Воспитательная работа среди граждан по созданию бережного отношения к предметам с учетом обеспечения пожарной безопасности.

3. Создание обучающих программ для людей, где будут разъясняться правила соблюдения пожарной безопасности и правильности действий при возгорании.

4. Популяризация профессии «пожарный», их мужественного и героического отношения к своим профессиональным действиям.

5. Оказание внимания достижениям в науке и технике, касающихся сферы пожарной безопасности.

6. Оповещение людей о нюансах возникновения возгораний в строениях, автотранспортных средствах и оборудовании в текущий момент.

Возникновение пожаров в мире создает экономическую, экологическую и гуманитарную проблему. Существующий анализ и проводимые расчеты демонстрируют, что одними техническими средствами нет возможности решить данную проблему из-за экономической составляющей вопроса.

В связи с этим, наряду с техникой подавления огня и предотвращения пожаров, важнейшее значение приобретает противопожарная пропаганда, которая позволяет существенно снизить количество очагов огня [5].

В России пропаганда противопожарной безопасности обладает значительным опытом, рядом успехов, которые позволяют в скором времени совершить качественный шаг вперед в воздействии на граждан. Дополнительным элементом такой пропаганды является воздействие на юное население, которое с малых лет воспитывает у людей бережное отношение к источникам огня.

Практическая деятельность пропаганды в сфере противопожарной безопасности будет и в дальнейшем улучшать имеющиеся средства и каналы связи, осуществлять поиск новых подходов к организации воздействия на население, повышать уровень профессионального мастерства сотрудников и привлекать к данной проблеме творческую общественность [6].

Основополагающим условием улучшения пропаганды в сфере противопожарной безопасности на ближайшее время является формирование четких критериев и подходов к осуществлению воздействия на население. Эти действия предпринимаются для того, чтобы существенно сократить число пожаров и жертв, которые они уносят с собой.

Данная задача является сложной, но важной, так как ее решение позволит более гибко использовать действующий инструментарий и чутко реагировать на запросы населения.

В дальнейшем данная деятельность должна стать опережающим фактором при возникновении пожарной опасности, формируя у людей чувство предосторожности до реального появления очага огня. Это связано с тем, что развитие науки и техники ведет к созданию новых типов пожарной опасности. У противопожарной пропаганды же задача стоит предусмотреть их и максимально нейтрализовать.

Делая вывод по изложенному выше, можно подвести следующий итог: противопожарная пропаганда, касающаяся учащихся любой образовательной организации, не только помогает обучить главным правилам соблюдения пожарной безопасности, главным требованиям по безопасности жизнедеятельности, а также действиям, происходящим при возникновении чрезвычайных ситуаций технического или природного характера, но и позволяет ребенку правильно и гармонично развиваться, удовлетворить главные потребности воспитанников в профессиональном определении, вызывает у ребенка интерес к участию в соревнованиях разных спортивных видов, олимпиадах, деловых играх, конкурсах, касающихся темы пожарной безопасности.

Улучшая пропаганду действий против пожара, повышая уровень обучения населения главным пунктам знаний, приходит в действие важный резерв, затрагивающий снижение количества пожарных ситуаций в стране, а также возможного ущерба. Работа должна вестись постоянно и кропотливо, так как она поможет избежать риска.

Деятельность служб органов ГПН ведется на основе тесного контакта со СМИ. Значительный упор делается на повышение уровня качества материалов для пропаганды. Основной задачей остается достижение возможного скачка в данной сфере деятельности, способного сформировать необходимое мнение общества в направлении обеспечения пожарной безопасности.

Пресс-службы, отделения и группы, выставки по пожарно-технической тематике не должны выходить за рамки стройной системы, способной обеспечить устойчивую противопожарную пропаганду на всех общественно-социальных уровнях граждан с учетом потребностей каждой возрастной группы или каждого уровня.

Литература

1. Воеводин Е.В., Лисин Н.А., Протасов А.В. Роль противопожарной пропаганды в профилактике пожаров // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. № 1 (9). С. 70–72.
2. Пожарная безопасность: учеб. пособие для членов добровольных Дружин юных пожарных / О.Д. Ратникова [и др.]. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2017. 181 с.
3. Лазарев А.А., Коноваленко Е.П. Использование самопродуцируемого убеждения для ведения противопожарной пропаганды // Психологические проблемы образования и воспитания в современной России: материалы IV Конф. психологов образования Сибири. 2016. С. 375–377.
4. Бадагуев Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции. 4-е изд., пер. и доп. М.: Альфа-Пресс, 2017. 720 с.
5. Санникова С.М. Применение современных информационных средств для обеспечения пропаганды противопожарных мер среди населения // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 192–194.
6. Буданов С.А. Некоторые вопросы организации противопожарной пропаганды // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 24–26.

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

УДК 678.026

ОЦЕНКА ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ

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

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

Е.О. Афанасьев;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведена оценка переходного сопротивления подземного трубопровода в зависимости от состояния изоляционного покрытия и после его разрушения. Представлены различные виды и типы изоляционных покрытий трубопроводов. Приведены характерные величины сопротивлений различных изоляционных покрытий. Антикоррозионное состояние трубопровода характеризуется переходным сопротивлением трубопровода, состоящим из сопротивления изоляционного покрытия и сопротивления растеканию трубопровода. В процессе эксплуатации по величине сопротивления изоляционного покрытия оценивают состояние антикоррозионной защиты трубопровода. По величине изменения сопротивления изоляционного покрытия за определенный период эксплуатации прогнозируют его долговечность. При разрушенном изоляционном покрытии переходное сопротивление трубопровода определяется сопротивлением растеканию трубопровода. Проведен анализ выражений для расчета сопротивления растеканию трубопровода. Расчеты показали, что с увеличением диаметра трубопровода и уменьшением глубины его залегания величина сопротивления растеканию трубопровода существенно растет.

Ключевые слова: изоляционное покрытие, трубопровод, долговечность, переходное сопротивление трубопровода, сопротивление растеканию трубопровода

ASSESSMENT OF THE TRANSITION RESISTANCE OF AN UNDERGROUND PIPELINE DEPENDING ON THE STATE OF THE INSULATION COATING

A.Yu. Andryushkin. Baltic state technical university «VOENMEH» of D.F. Ustinov.

E.O. Afanasiev; E.N. Kadochnikova.

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

The assessment of the transition resistance of the underground pipeline depending on the state of the insulation coating and after its destruction was carried out. Various types and

types of pipeline insulation coatings are presented. The characteristic values of the resistances of various insulation coatings are given. The anti-corrosion condition of the pipeline is characterized by the pipeline's transient resistance, which consists of the insulation coating resistance and the pipeline's spreading resistance. During operation, the state of corrosion protection of the pipeline is assessed by the amount of resistance of the insulation coating. According to the value of changes in the resistance of the insulation coating for a certain period of operation, its durability is predicted. When the insulation coating is destroyed, the transition resistance of the pipeline is determined by the resistance to spreading of the pipeline. The analysis of expressions for calculating the pipeline spreading resistance is performed. Calculations have shown that as the pipeline diameter increases and its depth decreases, the pipeline spreading resistance increases significantly.

Keywords: insulation coating, tubing, durability, resistance tubing, resistance to flow of the pipeline

Технологические процессы транспортировки и переработки углеводородов проходят при высоких значениях давлений и температур, поэтому к конструкционным материалам оборудования, и в том числе трубопроводов, предъявляют высокие требования. Для изготовления трубопроводов широко применяют конструкционные стали, основным недостатком которых является химическая и электрохимическая коррозия под воздействием окружающей среды. Коррозия выражается в постепенном разрушении стального трубопровода из-за электрохимического взаимодействия металла с электролитом, что может привести к разгерметизации трубопровода и аварии. Около 70 % аварий на трубопроводах обусловлены коррозией, многие аварии сопровождаются взрывами и пожарами. Снижение аварийности стальных трубопроводов является актуальной проблемой.

Скорость коррозии стали обусловлена различными причинами: наличием электролита и кислорода на поверхности стали, скоростью отвода продуктов реакции от поверхности стали, химическим составом и температурой окружающей среды и прочими факторами. Значительно снизить скорость коррозии стального трубопровода позволяет пассивная защита в виде изоляционного покрытия [1–4].

Влияние состояния изоляционного покрытия на величину переходного сопротивления подземного трубопровода в процессе эксплуатации

Качество изоляционного покрытия характеризуется сплошностью – отсутствие сквозных дефектов и повреждений (трещин, пор, несплошностей). Контроль сплошности изоляционного покрытия трубопровода осуществляют, помещая испытываемый участок между положительным и отрицательным полюсами источника постоянного электрического тока. При нарушении сплошности изоляционного покрытия происходит пробой и замыкание электрической цепи, что свидетельствует о наличии опасных дефектов и повреждений.

К основным электрическим параметрам трубопровода относят: продольное сопротивление и переходное сопротивление.

Продольное сопротивление трубопровода вычисляют по формуле [5–7]:

$$R_{\text{пр}} = \frac{\rho_{\text{T}}}{\pi \cdot (D_{\text{T}} - \delta_{\text{T}}) \cdot \delta_{\text{T}}},$$

где ρ_{T} – удельное электрическое сопротивление трубной стали, Ом·м ($\rho_{\text{T}}=2,45 \cdot 10^{-7}$); δ_{T} – толщина стенки стальной трубы, м; $R_{\text{пр}}$ – продольное сопротивление стального трубопровода, Ом/м; D_{T} – наружный диаметр стальной трубы, м.

Переходное сопротивление трубопровода $R_{\text{пер}}$ вычисляют по формуле [5–7]:

$$R_{\text{пер}} = R_{\text{из}} + R_{\text{р}} , \quad (1)$$

где $R_{\text{р}}$ – сопротивление растеканию трубопровода, $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$; $R_{\text{пер}}$ – переходное сопротивление трубопровода, $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$; $R_{\text{из}}$ – сопротивление изоляционного покрытия трубопровода, $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$.

Переходное сопротивление трубопровода в основном обусловлено типом и видом изоляционного покрытия и его толщиной. В начале эксплуатации сопротивление изоляционного покрытия характеризуется как отличное (табл. 1, 2), то есть выполняется условие $R_{\text{из}} \geq 5 \cdot 10^4$.

Таблица 1. Сопротивление изоляционного покрытия в начале эксплуатации $R_{\text{из}0}$

Тип и вид изоляционного покрытия	Сопротивление изоляционного покрытия $R_{\text{из}0}$, $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$
Усиленные трех-, двухслойные полимерные покрытия на основе терморезистивных смол и полиолефина. Покрытия на основе термоусаживающихся материалов	$3 \cdot 10^5$
Усиленные мастичные и полимерно-битумные покрытия	$5 \cdot 10^4$
Остальные усиленные покрытия	$1 \cdot 10^5$
Нормальные покрытия	$5 \cdot 10^4$

При отличном состоянии сопротивление изоляционного покрытия значительно превосходит сопротивление растеканию трубопровода $R_{\text{из}} \gg R_{\text{р}}$.

Таблица 2. Сопротивление изоляционного покрытия $R_{\text{из}}$

Тип изоляционного покрытия	Вид изоляционного покрытия	Толщина, мм	Сопротивление изоляционного покрытия $R_{\text{из}}$, $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$
Усиленный	Полиэтилен экструдированный напыленный по ГОСТ 16336–77	2,50	$1 \cdot 10^5$
Усиленный	Краска эпоксидная порошковая типа ПЭП-334	0,35	$1 \cdot 10^5$
Нормальный	Лента полиэтиленовая	0,60	$1 \cdot 10^4$
Нормальный	Лента поливинилхлоридная изоляционная липкая типа ПВХ-Л	0,50	$1 \cdot 10^4$
Усиленный	Стеклопластик, ориентированный на основе ЛСБ-Р	0,70	$1 \cdot 10^6$

В процессе эксплуатации трубопровода сопротивление изоляционного покрытия постепенно уменьшается вследствие старения, накопления повреждений, увеличения размеров производственных дефектов (табл. 3). В этот период эксплуатации состояние изоляционного покрытия характеризуется как хорошее или удовлетворительное, то есть выполняется условие $5 \cdot 10^4 > R_{\text{из}} \geq 5 \cdot 10^3$. При хорошем или удовлетворительном состоянии сопротивление изоляционного покрытия превосходит сопротивление растеканию трубопровода $R_{\text{из}} > R_{\text{р}}$. При плохом состоянии изоляционного покрытия через поры, трещины и другие несплошности, заполненные электролитом, протекает ток, вызывающий электрохимическую коррозию стали, то есть выполняется условие $5 \cdot 10^3 > R_{\text{из}} \geq 3 \cdot 10^2$. При очень плохом состоянии изоляционное покрытие разрушено и сопротивление изоляционного покрытия $R_{\text{из}} < 3 \cdot 10^2$.

Таблица 3. Оценка состояния изоляционного покрытия по величине его сопротивления $R_{из}$

Оценка состояния изоляционного покрытия	Величина сопротивления изоляционного покрытия $R_{из}$, Ом·м ²		
	Отличное (начальное значение сопротивления)	более $3 \cdot 10^5$	более $1 \cdot 10^5$
Хорошее	от $8 \cdot 10^4$ до $3 \cdot 10^5$	от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^5$	от $5 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^4$
Удовлетворительное	от $5 \cdot 10^3$ до $8 \cdot 10^4$	от $3 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^4$	от $1 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^3$
Плохое	от $1 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^3$	от $5 \cdot 10^2$ до $3 \cdot 10^3$	от $3 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^3$
Очень плохое (покрытие разрушено)	менее $1 \cdot 10^3$	менее $5 \cdot 10^2$	менее $3 \cdot 10^2$

Экспериментальные исследования и натурные испытания на действующих трубопроводах показали, что для оценки изменения сопротивления изоляционного покрытия во время эксплуатации используют следующее выражение [8]:

$$R_{из} - R_{изк} = (R_{из0} - R_{изк}) \cdot e^{(-\alpha \cdot t)}, \quad (2)$$

где $R_{из}$ – сопротивление изоляционного покрытия в текущий момент эксплуатации, Ом·м²; $R_{из0}$ – сопротивление изоляционного покрытия в начальный момент эксплуатации, Ом·м²; $R_{изк}$ – конечное значение сопротивления изоляционного покрытия, Ом·м²; t – время эксплуатации, год; α – показатель старения изоляционного покрытия (для усиленных и нормальных покрытий $\alpha=0,105-0,115$), 1/год.

После преобразований и логарифмирования выражения (2) получим выражение для прогнозирования долговечности изоляционного покрытия [8]:

$$t = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left(\frac{R_{из0} - R_{изк}}{R_{из} - R_{изк}} \right).$$

Выражение (1), с учетом старения изоляционного покрытия в процессе эксплуатации по выражению (2), перепишем в виде:

$$R_{пер} = \left((R_{из0} - R_{изк}) \cdot e^{(-\alpha \cdot t)} + R_{изк} \right) + R_p.$$

В конце эксплуатации трубопровода $t \rightarrow \infty$, при его очень плохом состоянии изоляционного покрытия $R_{из} \rightarrow 0$, тогда переходное сопротивление трубопровода обусловлено сопротивлением растеканию трубопровода $R_{пер} \approx R_p$.

Необходимо отметить, что долговечность эксплуатации стальных трубопроводов без изоляционных покрытий в песках и на вечной мерзлоте может быть весьма значительной, так как в таких условиях отсутствует влага для протекания электрохимических реакций. Роль изоляционного покрытия выполняет сухой грунт (песок, лед), имеющий высокое удельное электрическое сопротивление.

Расчет сопротивления растеканию трубопровода

Долговечность трубопровода зависит от условий эксплуатации, характеризующихся коррозионной активностью окружающей среды и воздействием различных климатических факторов, приводящих к разрушению изоляционного покрытия и коррозии стальной стенки трубы.

После разрушения изоляционного покрытия переходное сопротивление равно сопротивлению растекания трубопровода ($R_{пер} \approx R_p$), то есть зависит от размеров стальной части трубопровода (диаметр трубы, толщина стенки трубы, удельное электрическое сопротивление трубной стали) и условий его прокладки (глубина залегания трубопровода, удельное электрическое сопротивление грунта).

Для расчета сопротивления растеканию трубопровода применяют ряд трансцендентных уравнений.

Сопротивление растеканию трубопровода [5, 6]:

$$R_p = 0,5 \cdot \rho_{\Gamma} \cdot D_T \cdot \ln \left(\frac{0,4 \cdot R_p}{D_T^2 \cdot H_T \cdot R_{пр}} \right), \quad (3)$$

где H_T – глубина залегания трубопровода, м; ρ_{Γ} – среднее удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м.

Сопротивление растеканию трубопровода [9]:

$$R_p = 0,5 \cdot \rho_{\Gamma} \cdot D_T \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot \delta_T \cdot (D_T - \delta_T) \cdot R_p}{D_T^2 \cdot H_T \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}} \right). \quad (4)$$

Сопротивление растеканию трубопровода [10]:

$$R_p = \rho_{\Gamma} \cdot D_T \cdot \ln \left(\frac{1,12}{D_T \cdot \left(\pi \cdot H_T \cdot \frac{R_{пр}}{R_p} \right)^{0,5}} \right). \quad (5)$$

Анализ приведенных выражений (3–5) показывает, что на сопротивление растеканию трубопровода существенно влияют толщина стенки трубы, диаметр трубопровода и глубина его залегания. Так как толщина стенки трубы определяется по диаметру трубы и по значению внутреннего давления в ней, то рассмотрим влияние диаметра трубопровода и глубины его залегания на сопротивление растеканию трубопровода.

Оценим влияние диаметра трубопровода на величину сопротивления растеканию трубопровода по выражению (3) при следующих исходных данных: диаметр трубы $D_T=273-1\ 220$ мм; $\delta_T=10$ мм; $\rho_{\Gamma}=2,45 \cdot 10^{-7}$ Ом·м; $H_T=1,0$ м; $\rho_{\Gamma}=20,0$ Ом·м. С увеличением диаметра трубопровода сопротивление растеканию трубопровода растет (рис. 1) и может быть описано линейной моделью:

$$R_p = 159,18 \cdot D_T - 0,118.$$

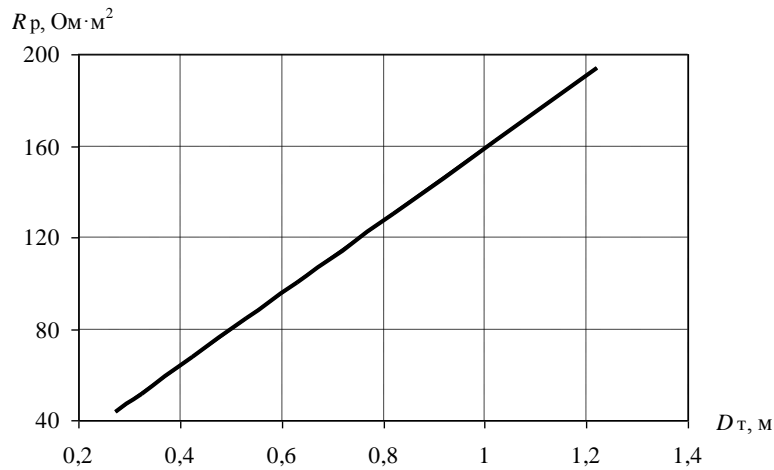


Рис. 1. Зависимость сопротивления растеканию трубопровода от его диаметра

Таким образом, увеличение диаметра трубопровода приводит к повышению долговечности трубопровода из-за роста величины сопротивления растеканию трубопровода. С точки зрения обеспечения высокого значения сопротивления растеканию трубопровода желателен подземный трубопровод большего диаметра.

Оценим влияние глубины залегания трубопровода на величину сопротивления растеканию трубопровода по выражению (3) при следующих исходных данных: диаметр трубы $D_T=530$ мм; $\delta_T=10$ мм; $\rho_T=2,45 \cdot 10^{-7}$ Ом·м; $H_T=0,5-3,0$ м; $\rho_r=20,0$ Ом·м. С увеличением глубины залегания трубопровода сопротивление растеканию трубопровода уменьшается (рис. 2) и может быть описано степенной моделью:

$$R_p = 84,143 \cdot H_T^{-0,0618}.$$

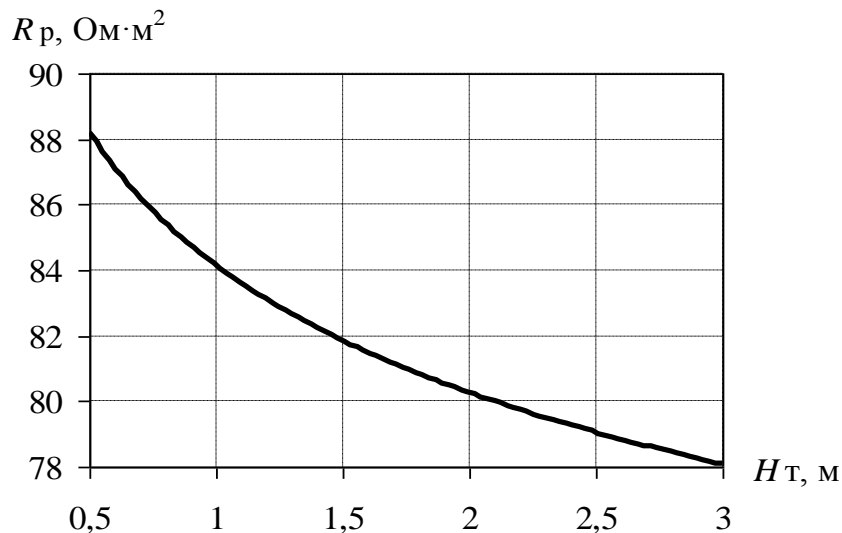


Рис. 2. Зависимость сопротивления растеканию трубопровода от глубины его залегания

Таким образом, увеличение глубины залегания трубопровода приводит к снижению долговечности трубопровода из-за уменьшения величины сопротивления растеканию трубопровода. Необходимо отметить, что сопротивление растеканию трубопровода уменьшается на 11,4 % при увеличении глубины залегания с $H_T=0,5$ м до $H_T=3,0$ м и на 4,5 % при увеличении глубины залегания с $H_T=3,0$ м до $H_T=6,0$ м. С точки зрения обеспечения

высокого значения сопротивления растеканию трубопровода желательно подземный трубопровод располагать ближе к поверхности.

Таким образом, для антикоррозионной защиты подземных трубопроводов, транспортирующих углеводороды, применяют пассивную защиту в виде различных изоляционных покрытий, сплошность которых характеризуется переходным сопротивлением трубопровода.

В процессе эксплуатации изоляционное покрытие разрушается и переходное сопротивление трубопровода, являющееся суммой сопротивления изоляционного покрытия и сопротивления растеканию трубопровода, постепенно уменьшается из-за снижения сопротивления изоляционного покрытия. По величине сопротивления изоляционного покрытия оценивают его состояние. По изменению величины сопротивления изоляционного покрытия за определенный период эксплуатации прогнозируют его долговечность. После разрушения изоляционного покрытия переходное сопротивление трубопровода определяется только сопротивлением растеканию трубопровода.

При разрушенном изоляционном покрытии коррозионная стойкость и долговечность подземного стального трубопровода характеризуется сопротивлением растеканию трубопровода, зависящего от толщины стенки трубы, диаметра трубы и глубины залегания трубы.

Анализ влияния диаметра трубопровода и глубины его залегания на величину сопротивления растекания трубопровода показал, что с увеличением диаметра трубопровода и уменьшением глубины его залегания величина сопротивления растеканию трубопровода существенно растет.

Литература

1. Андриюшкин А.Ю., Кадочникова Е.Н., Балабанов В.А. Напыляемые системы покрытий для антикоррозионной защиты металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 4 (44). С. 55–62.

2. Андриюшкин А.Ю., Кадочникова Е.Н., Скрипник И.Л. Способы повышения безопасности использования корпусных деталей нефтеперерабатывающего оборудования // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 2. С. 28–33.

3. Андриюшкин А.Ю., Кадочникова Е.Н., Балабанов В.А. Исследование методов, обеспечивающих снижение пожарной и промышленной опасности на трубопроводы // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 3. С. 24–31.

4. Андриюшкин А.Ю., Кадочникова Е.Н., Пугачев С.А. Совершенствование методов обеспечения безопасности объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 4. С. 65–69.

5. ГОСТ Р 51164–98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. URL: docs.cntd.ru>document/1200001879 (дата обращения: 04.08.2020).

6. СТО Газпром 2-3.5-047–2006. Инструкция по расчету и проектированию электрохимической защиты от коррозии магистральных газопроводов // ELEC.RU. URL: elec.ru>library/direction/sto-gazprom...35-047-2006/ (дата обращения: 04.08.2020).

7. Назарова М.Н., Иваник С.А. Противокоррозионная защита. Методические указания по выполнению практических работ для студентов направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело». СПб., 2017. 23 с.

8. РД 39Р-00147105-025–02. Методика определения остаточного ресурса изоляционных покрытий подземных трубопроводов // StandartGOST.ru. URL: StandartGost.ru>g/pkey...РД_39Р-00147105-025-02 (дата обращения: 04.08.2020).

9. РД 12-411–2001. Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов. URL: docs.cntd.ru>document/1200025080 (дата обращения: 04.08.2020).

10. Зинкевич А.М., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. М.: Недра, 1975. 288 с.

УДК 699.816, 614.849

ОЦЕНКА ПОЖАРНОГО РИСКА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВУЗАМ

**Л.Т. Танклевский, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Петра Великого.**

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
Российской академии наук;
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы оценки индивидуального пожарного риска в вузах на основе компьютерного моделирования развития опасных факторов пожара и эвакуации студентов и преподавателей. Показана значимость своевременного начала эвакуации на безопасность людей в вузе. Даны рекомендации по снижению риска воздействия опасных факторов пожара на людей, находящихся в вузе.

Ключевые слова: высшие учебные заведения, пожар, эвакуация, риск

FIRE RISK ASSESSMENT IN RELATION TO HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

L.T. Tanklevsky. Peter the Great Saint-Petersburg state polytechnic university.
A.A. Tarantsev. N.S. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences;
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
G.L. Shidlovsky. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article deals with the assessment of individual fire risk in universities based on computer modeling of the development of fire hazards and evacuation of students and teachers. The significance of the timely start of evacuation for the safety of people at the university is shown. Recommendations are given to reduce the risk of exposure to fire hazards on people who are in the university.

Keywords: higher education institutions, fire, evacuation, risk

Высшие учебные заведения (вузы) являются неотъемлемой составляющей научно-технического прогресса общества и успешного развития страны в целом. В СССР/России вузам уделялось и уделяется особое внимание.

Важным условием устойчивого учебного процесса вузов является безопасность, в частности, пожарная [1, 2]. За предыдущие 10 лет в российских вузах произошло свыше 60 пожаров (табл. 1), причем некоторые из них помимо материального ущерба приводили к отравлению людей продуктами горения и даже жертвам, требовали привлечения сил и средств пожарной охраны по повышенному номеру [3]. В 2013 г. зарегистрирован антирекорд – 11 пожаров в вузах – почти ежемесячно по пожару.

Таблица 1. Данные о пожарах в российских вузах за 10 лет

Дата	Пожар
20.01.2018	Возгорание в одном из помещений отдельно стоящего учебного корпуса на территории Военно-морского института Военного учебно-научного центра ВМФ. Площадь пожара 1 000 м ² . Пострадавших нет. Эвакуация не проводилась
11.12.2017	Возгорание на чердаке корпуса Рязанского государственного университета. Огнем повреждено чердачное помещение на площади 10 м ² . Эвакуировано около 200 человек, никто не пострадал
17.11.2017	Пожар в филиале Удмуртского государственного университета (УдГУ) в г. Воткинске. Очаг пожара находился в подвале 2-этажного кирпичного здания филиала УдГУ. Эвакуировано свыше 90 человек, никто не пострадал
28.09.2017	Пожар в здании института – факультета Санкт-Петербургского университета МВД. Площадь пожара в пристройке к 4-этажному административному зданию составила 150 м ² . Из здания эвакуированы около тысячи человек. К ликвидации пожара привлекались 114 человек и 27 единиц техники
12.09.2017	Пожар на кровле государственного университета в г. Сургуте. Около 800 человек эвакуировано
05.04.2016	Возгорание в здании факультета филологии и массовых коммуникаций Забайкальского государственного университета в г. Чите. Пожар начался утром в учебном кабинете на втором этаже корпуса. Студенты и преподаватели были эвакуированы, пострадавших не было
18.12.2015	Возгорание в учебном корпусе Московского физико-технического института (МФТИ) в подмосковном г. Долгопрудном. Огонь охватил около 100 м ² . Были эвакуированы 450 человек. Погибших, пострадавших не было
11.10.2015	На территории учебного корпуса Военно-морского института в Санкт-Петербурге произошло возгорание нежилого помещения площадью 250 м ² . В учебном корпусе личного состава не было. Никто не пострадал
20.09.2015	Возгорание в спортивном зале Российского государственного университета физкультуры и спорта в Москве. Пожар возник в 2-этажном административном здании на площади 200 м ² . Никто не пострадал
19.09.2015	Возгорание в Военной академии Ракетных войск стратегического назначения (РВСН) им. Петра Великого в Москве. По информации военного ведомства, во внутреннем дворе учебного заведения произошло задымление технического мусора. Никто не пострадал
14.05.2015	Пожар в здании Пермского института культуры. Его общая площадь составила 50 м ² . Из здания были эвакуированы 220 человек
20.12.2014	Загорелся один из корпусов Красноярского государственного аграрного университета. Площадь возгорания составила более 150 м ² . Один человек погиб
10.04.2014	Пожар в здании Российской академии художеств в Санкт-Петербурге. По данным регионального МЧС России загорелись шторы, драпировка стен, паркет и оконная рама в выставочном зале. Погибших и пострадавших нет
04.03.2014	Пожар в Академии художеств произошел ночью на кровле здания. Горели перекрытия между третьим и чердачным этажами. Площадь составила 30 м ² . Выгорела часть мансарды и перекрытия двух этажей
21.01.2014	Пожар в одном из зданий Горного университета в Москве. Площадь пожара составила около 200 м ² . Никто не пострадал
04.12.2013	Пожар в здании Российского химико-технологического университета им. Менделеева в центре Москвы. Возгорание возникло в лаборатории кафедры неорганической химии во время научного эксперимента. Из здания были эвакуированы почти 50 человек. Два сотрудника попали в больницу с отравлением продуктами горения
20.11.2013	Возгорание произошло в здании Московского авиационного института. Площадь пожара составила 50 м ² . Пострадавших нет
07.10.2013	Пожар произошел в здании филиала Российской таможенной академии в Санкт-Петербурге. Загорелась мебель в неучебной аудитории. Никто не пострадал
18.09.2013	Задымление вечером в подвальном помещении сектора «В» Московского государственного университета (МГУ). Никто не пострадал

05.09.2013	Возгорание в торгово-экономическом университете в г. Уфе. Из здания были эвакуированы около 100 человек. Никто не пострадал
07.06.2013	Пожар в здании Калининградского государственного технического университета. Возгорание в аудитории на 4-м этаже. Никто не пострадал
29.05.2013	Пожар в здании Санкт-Петербургского государственного технологического института. Сначала сообщалось о том, что огонь охватил площадь в 40 м ² , затем площадь пожара увеличивалась. Горело чердачное помещение и частично 5-й этаж. Общая площадь горения около 2 000 м ² . Погибших и пострадавших нет
28.03.2013	Возгорание в здании Государственного института театрального искусства (ГИТИС). Спустя полтора часа после начала пожар удалось локализовать. Площадь составила 500 м ² . Борьбу с огнем вели 20 пожарных расчетов в составе 70 сотрудников Государственной противопожарной службы (ГПС)
14.03.2013	Пожар в здании Уральского федерального университета в г. Екатеринбурге. Никто не пострадал. Площадь пожара составила 15 м ²
27.01.2013	Около 400 студентов было эвакуировано из общежития высотки МГУ им. Ломоносова в Москве из-за небольшого пожара на цокольном этаже. Возгорание площадью 10 м ² произошло в столовой в секторе «Б», огонь был быстро потушен. Причиной пожара стало короткое замыкание в электрооборудовании
15.01.2013	Пожарные эвакуировали около 500 человек из здания Современной гуманитарной академии (СГА) в Москве из-за небольшого пожара. Поступил сигнал о возгорании электропроводки в распределительном щитке на площади 1,5 м ² . Жертв и пострадавших не было, на месте происшествия работали 33 пожарных и 4 единицы техники
23.12.2012	Пожар в общежитии Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА). Пострадал один человек. На 9-м этаже 14-тиэтажного здания в одной из квартир загорелись личные вещи и мебель, площадь возгорания составила 15 м ² . По данным пресс-службы университета возгорание произошло из-за нарушений правил проживания в общежитии
21.09.2012	Пожар на 13-м этаже общежития Российского государственного гуманитарного университета (РГГУ) в Москве. Площадь возгорания составила 2 м ² , из здания было эвакуировано 10 человек, никто не пострадал. Очаг ликвидирован до приезда пожарных
30.08.2012	Пожар в государственном университете технологии и дизайна в Санкт-Петербурге, горели чердак и кровля на площади 300 м ² , эвакуировано 15 человек, жертв и пострадавших нет
16.08.2012	Пожар в одном из корпусов Пермского государственного педагогического университета. Горели деревянные конструкции чердачного помещения. Общая площадь пожара достигла 600 м ² . Работы осложнялись наличием пустотных перекрытий, многослойных деревянных конструкций. Для ликвидации были задействованы 12 водяных стволов, развернуты автолестницы. В результате пожара огнем значительно повреждена кровля, никто не пострадал
16.08.2012	Пожар возник утром в здании Дальневосточного государственного университета путей сообщения в г. Хабаровске. К прибытию пожарных в аудитории на третьем этаже горели мебель и оборудование на площади 10 м ² . Из здания пожарные вывели двух охранников, которые самостоятельно пытались бороться с огнем. Возгорание потушено в течение 20 мин
10.07.2012	Около 60 человек пожарные эвакуировали во время пожара в Балтийском государственном техническом университете в Санкт-Петербурге. Горели перекрытия между чердаком и 4-м этажом. Общая площадь пожара около 20 м ² . Пожар тушили по 2-му повышенному номеру сложности
05.07.2012	Пожар в здании Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского на севере Москвы. Пожар начался вечером в ангаре по адресу: улица Серегина, д. 3. Позже огонь перекинулся на соседнее здание академии. Общая площадь пожара, по данным ГУ МЧС, составила 1 500 м ² . В результате пожара никто не пострадал
04.04.2012	Возгорание в учебно-научном комплексе Санкт-Петербургского государственного университета в г. Петродворце. На локализацию пожара потребовалось около 4 ч
21.01.2012	Пожар в одноэтажной пристройке Московского института стали и сплавов (МИСиС) в центре Москвы на площади 20 м ² . Пострадал один человек

13.01.2012	Пожар в здании педагогического института в г. Армавире, часть постройки была уничтожена огнем. Тушение осложнялось тем, что здание старой постройки и в нем много деревянных перекрытий. Сведений о пострадавших не поступало
30.12.2011	На 18-м этаже главного здания МГУ произошел пожар, которому был присвоен 2-й уровень сложности. Площадь пожара составила 20 м ² . Две девушки с отравлением продуктами горения были госпитализированы в институт им. Склифосовского, из здания были эвакуированы 500 человек. В тушении пожара принимали участие 22 пожарных расчета с общей численностью 72 человека
07.11.2011	Пожар в 7-этажном учебном корпусе Государственного университета управления в Москве. Со второго по седьмой этажи горел стояк электрощитовой, на каждом из этажей площадь возгорания составляла от 5 до 10 м ² . Сначала на месте работали 9 пожарных расчетов, затем 12. Пострадавших нет
27.10.2011	Пожар в здании Медицинского университета в г. Уфе. Загорелась наружная стена одного из корпусов университета, площадь возгорания составила около 200 м ² . В момент пожара в здании находились студенты лечебного факультета, которые вместе с преподавателями были эвакуированы. Пострадавших нет
18.10.2011	Пожар в Восточно-Сибирском государственном технологическом университете в г. Улан-Удэ. Загорелась крыша 4-го корпуса университета. Пожарные эвакуировали из здания 9 человек. В результате пожара повреждена крыша здания на площади 30 м ² . Пострадавших нет
20.05.2011	Пожар в Медицинском университете г. Ростова-на-Дону. Горела кровля административного здания. Площадь возгорания составила 300 м ² , было задействовано 13 пожарных расчетов. Пожару был присвоен 3-й повышенный номер сложности. Из-за сильного задымления пожарные провели эвакуацию людей. Пострадавших нет
12.05.2011	Пожар в здании Уральского педагогического университета, расположенного в г. Екатеринбурге на пр. Космонавтов. Площадь пожара составила 20 м ² . Из здания эвакуировано 120 человек
10.05.2011	Пожар в здании Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. Бонч-Бруевича. На 5-м этаже здания горел кабинет и коридор площадью 30–40 м ² . Студенты и сотрудники вуза эвакуированы. Пострадавших нет
28.12.2010	Пожар в здании Московского авиационного института (МАИ) на Ленинградском шоссе в Москве. Возгорание произошло в одной из аудиторий института на 2-м этаже. Открытое горение было ликвидировано, однако возникло задымление. Все люди, находящиеся в здании, были эвакуированы. Никто не пострадал
20.09.2010	Пожар в Московском гуманитарно-экономическом институте на Ленинском пр. Возгорание возникло на чердаке здания института. Площадь пожара составила около 400 м ² . Пострадавших нет
20.06.2010	Крупный пожар в здании Сельскохозяйственной академии в г. Екатеринбурге. Горела кровля 2-этажного учебного корпуса, где располагались факультет механизации сельского хозяйства, инженерный факультет, библиотека и канцелярия. Огонь охватил площадь в 1 000 м ² . В здании сгорела кровля, поврежден чердак и перекрытия 2-го этажа. Огонь тушили 76 пожарных при поддержке 20 единиц техники. Никто не пострадал
18.06.2011	Пожар ночью в Красноярском государственном аграрном университете. В результате пожара сгорела кровля на площади 140 м ² . Задействовано 16 единиц пожарной техники. Пострадавших нет
16.04.2010	Пожар в Тихоокеанском государственном университете в г. Хабаровске. На 4-м этаже университета в аудитории загорелась стена. Из здания университета эвакуировано 135 человек. Пожару был присвоен 3-й номер сложности, в его ликвидации участвовали подразделения 6 пожарных частей, 14 единиц техники и 44 человек личного состава. Пострадавших нет
05.04.2010	Пожар в Северном медицинском государственном университете (СГМУ) в г. Архангельске. В тушении принимали участие три пожарных расчета. Все находящиеся в здании были эвакуированы
13.02.2010	Пожар в Санкт-Петербургском военно-строительном университете. В результате возгорания сгорела аудитория площадью около 30 м ² . Пострадавших нет
06.11.2009	Небольшой пожар в Уральском государственном педагогическом университете в центре г. Екатеринбурга. Возгорание на площади в 1 м ² в подвальном подсобном

	помещении здания экономического факультета было потушено огнетушителями. 150 человек были эвакуированы, пострадавших нет
26.08.2009	Пожар в Челябинском государственном педагогическом университете. Возгорание возникло в кабинете на четвертом этаже на площади 30 м ² . Огонь тушили 60 пожарных и 14 единиц техники. Из здания были эвакуированы 35 человек. Пострадавших нет
14.08.2009	Пожар в химической лаборатории Российского государственного педагогического университета им. Герцена в Санкт-Петербурге. Площадь возгорания составила 20 м ² . В ликвидации пожара было задействовано 9 единиц техники. Погибших и пострадавших нет
31.07.2009	Пожар в Донском государственном техническом университете (ДТГУ) в г. Ростове-на-Дону. Возгорание произошло на чердаке одного из корпусов. Огнем было повреждено около 150 м ² чердачного помещения. На месте работали 46 человек личного состава ГПС и 11 единиц техники. Из здания были эвакуированы 180 человек
31.05.2009	Пожар в Горном университете на Ленинском пр. в Москве. Возгорание площадью 10 м ² возникло в подвале 3-этажного административного здания. В тушении были задействованы 15 пожарных расчетов. Пострадавших в результате происшествия нет
11.03.2009	Небольшой пожар на химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. Площадь пожара составила 10 м ² . С учетом особой важности объекта к месту ЧП по первому сообщению о пожаре выехали около 15 пожарных расчетов. Пострадавших нет
05.01.2009	Небольшой пожар в главном корпусе МГУ им. М.В. Ломоносова. На 18-м этаже на площади 5 м ² горела мебель. Пожар был быстро потушен. Пострадавших нет, эвакуация людей также не проводилась
27.12.2008	Пожар в Российском государственном аграрном университете на севере Москвы. Площадь возгорания составляла 2 500 м ² . Пожару присвоен 3-й ранг сложности. Пострадавших нет
11.10.2008	Пожар в Пограничной академии Федеральной службы безопасности России на севере Москвы. Загорелась мебель в кабинете на 2-м этаже здания. Общая площадь пожара составила 5 м ² . С возгоранием удалось справиться в течение нескольких минут, пострадавших нет
18.03.2008	Пожар в Государственной академии тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова в Москве. Площадь возгорания в учебном корпусе на 2-м этаже составила 20 м ² . Двое охранников эвакуированы. Пострадавших нет
31.03.2008	Крупный пожар в техническом здании Московского авиационного института (МАИ), пожару был присвоен наивысший – 5-й номер. Огонь возник в лаборатории технического здания института, после чего быстро распространился. Площадь пожара составила около 4 000 м ² . В тушении огня были задействованы 40 пожарных расчетов, 3 столичных спасательных отряда и отряд «Центроспаса» МЧС России. Пожарные спасли трех человек, пострадавших нет
13.02.2008	Пожар в Уральском государственном горном университете в г. Екатеринбурге. Площадь возгорания 10 м ² . На место происшествия выехали 9 пожарных машин и 40 человек личного состава. Из здания вуза сотрудники ГПС эвакуировали 295 человек. В результате пожара никто не пострадал
08.02.2008	Пожар в здании Военной академии РВСН им. Петра Великого. Площадь пожара составила 20 м ² . Борьбу с огнем вели 15 пожарных расчетов. Пострадавших нет

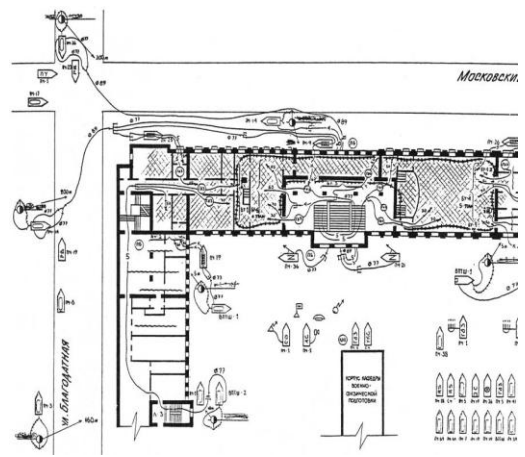
Примечание: по данным <https://ria.ru/20180120/1512981240.html>

Это делает актуальной проблему обеспечения безопасности студентов, преподавателей и персонала вузов, в частности, оценку индивидуального пожарного риска [4, 5] как риска, способного привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара (ОФП) [4].

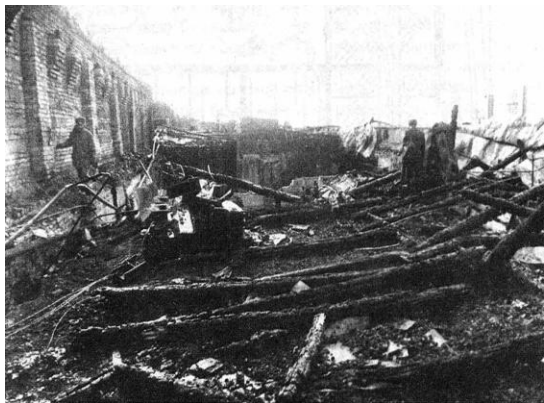
Особо следует отметить знаковый пожар, случившийся 24 марта 1997 г. в Санкт-Петербургской Высшей пожарно-технической школе (ВПТШ) МВД России [6] (рис. 1). Символично, что 1-м руководителем тушения пожара на этом пожаре был отец одного из авторов данной статьи – Л.А. Шидловский, а другой автор – Л.Т. Танклевский – был также участником тушения.



а



б



в

Рис. 1. Пожар в СПб ВПТШ МВД России 24 марта 1997 г.:

а – вид со стороны Московского проспекта;

б – схема боевого развертывания на момент локализации; в – последствия пожара – чердак

Пожар длился почти 10 ч, его ранг был повышен до максимального – 5-го. Было привлечено 28 автоцистерн, 5 автолестниц, 2 коленчатых подъемника, 3 автомобиля газодымозащитной службы (ГДЗС) и другая техника. К счастью, обошлось без жертв и серьезно пострадавших – только один из слушателей получил легкую травму и небольшое отравление продуктами горения.

Последствия пожара: обрушение кровли на площади 1 300 м², выгорело 870 м² пятого этажа. Из учебного процесса было временно выведено 3 лекционных зала, 5 аудиторий, 15 лабораторий и 6 специализированных кабинетов. К настоящему времени ничто не напоминает об этом страшном пожаре – Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (преемник ВПТШ), являющийся одним из лучших учебных заведений, успешно готовит пожарных специалистов и проводит важные научные исследования.

В заключении, по данному пожару можно привести мнение многих специалистов: если бы в этом здании довоенной постройки располагалось другое (непожарное) заведение, все бы выгорело до фундамента.

Риск воздействия ОФП на студентов и преподавателей вуза

В соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [4] вузы относятся к подклассу функциональной пожарной опасности Ф4.2 и являются общественными зданиями с массовым пребыванием людей. Согласно Своду правил (СП 5.13130.2009.) [7] они оборудуются автоматической пожарной сигнализацией (АПС), согласно СП 3.13130.2009 [8] – системами оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) людей при пожаре. Противодымная вентиляция, необходимость которой оговорена в СП 7.13130.2009 [9], в большинстве зданий вузов отсутствует.

Согласно ГОСТу [2], индивидуальный риск Q_B воздействия ОФП на человека (в данном случае на студента или преподавателя) в год находится из выражения:

$$Q_B = Q_{\Pi}(1 - P_{\text{Э}})(1 - P_{\text{ПЗ}}), \quad (1)$$

где Q_{Π} – вероятность пожара в здании в течение года, год⁻¹; $P_{\text{Э}}$ – вероятность эвакуации; $P_{\text{ПЗ}}$ – вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты (ТРППЗ).

Вероятность $P_{\text{Э}}$, в свою очередь, обуславливается вероятностями эвакуации по эвакуационным путям $P_{\text{ЭП}}$ [10] и по наружным эвакуационным лестницам и переходам в смежные здания $P_{\text{ДВ}}$:

$$P_{\text{Э}} = 1 - (1 - P_{\text{ЭП}})(1 - P_{\text{ДВ}}).$$

Вероятность $P_{\text{ПЗ}}$ обуславливается числом n эффективностью срабатывания ТРППЗ:

$$P_{\text{ПЗ}} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - R_j),$$

где R_j – вероятность эффективного срабатывания j -го ТРППЗ.

Вероятность $P_{\text{Э}} = P_{\text{ЭП}}$ (при отсутствии наружных лестниц $P_{\text{ДВ}} = 0$) обуславливается соотношением временем блокирования $t_{\text{бл}}$ эвакуационных путей ОФП, временем начала эвакуации $t_{\text{нэ}}$ и расчетным временем эвакуации $t_{\text{р}}$:

$$P_{\text{Э}} = \begin{cases} (kt_{\text{бл}} - t_{\text{р}}) / t_{\text{нэ}}, & \text{если } t_{\text{р}} < kt_{\text{бл}} < t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}}, \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}} \leq kt_{\text{бл}}, \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{р}} \geq kt_{\text{бл}}, \end{cases}$$

где k – коэффициент, который, согласно ГОСТу [2], равен 1, а согласно методике [11], равен 0,8.

Также в методике [11], в отличие от ГОСТа, приведено условие, связанное с продолжительностью существования скопления людей $t_{\text{ск}}$, когда плотность потока на путях эвакуации $D > 0,5$: $P_{\text{Э}} = 0$, если $t_{\text{ск}} > 6$ мин. Для наглядности временная последовательность событий при эвакуации людей при пожаре приведена на рис. 2.

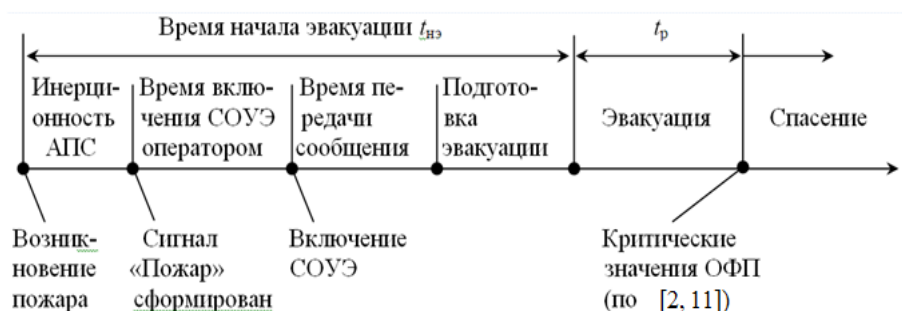


Рис. 2. Интервалы затрат времени при возникновении пожара (по [12])

Значение времени $t_{\text{нэ}}$ конкретизировано в приложении 1 к методике [11], где указано, что для помещения очага пожара $t_{\text{нэ}} = 0,5$ мин, а для остальных помещений – от типа СОУЭ [8]. Однако не оговорено влияние инерционности АПС и действий оператора. Для наглядности условия выбора типа СОУЭ для вузов приведены в табл. 2.

Время $t_{\text{бл}}$ определяется из условия:

$$t_{\text{бл}} = \min(t_{\text{T}}, t_{\text{пв}}, t_{\text{O}_2}, t_{\text{пт}}, t_{\text{тп}})_{\text{кр}},$$

где t_{T} , $t_{\text{пв}}$, t_{O_2} , $t_{\text{пт}}$, $t_{\text{тп}}$ – времена достижения критических значений ОФП соответственно по повышенной температуре, по потере видимости, по пониженному содержанию O_2 , по повышенной концентрации токсичных продуктов горения и по тепловому потоку.

Таблица 2. Условия выбора типа СОУЭ для вузов в соответствии с [8, 11]

Характеристика здания вуза и СОУЭ	Тип СОУЭ				
	I	II	III	IV	V
Количество этажей здания	до 4	■			
	4–9		■		
	более 9			■	■
1. Способы оповещения					
1.1. Звуковой (сирена, тонированный сигнал и др.)	■	■	■	■	■
1.2. Речевой (передача специальных текстов)			■	■	■
1.3.1. Световые мигающие оповещатели	■	■	■	■	■
1.3.2. Световые оповещатели «Выход»	■	■	■	■	■
1.3.3. Эвакуационные знаки указания направления движения		■	■	■	■
1.3.4. Световые указатели движения с изменяющимся смыслом				■	■
2. Разделение здания на зоны пожарного оповещения			■	■	■
3. Обратная связь пожарного оповещения с диспетчерской			■	■	■
4. Реализация нескольких вариантов эвакуации из каждой зоны				■	■
5. Координация из диспетчерской всеми системами обеспечения безопасности людей при пожаре					■
Время начала эвакуации $t_{\text{нэ}}$ для помещений	3,0 мин		1,5 мин		

Примечания: 1. ■ – требуется, ■ – допускается, □ – не требуется.

2. При отсутствии СОУЭ $t_{\text{нэ}}=6$ мин.

3. Допускается использование звукового оповещения для СОУЭ III–V типов в отдельных зонах пожарного оповещения в помещениях без постоянного пребывания людей.

4. Выбор типов эвакуационных знаков пожарной безопасности, указывающих направление движения людей при пожаре, осуществляется организацией-проектировщиком.

5. В зданиях, где требуется СОУЭ IV или V типов, окончательное решение по выбору типа СОУЭ принимается организацией-проектировщиком.

В ГОСТе [2] значения t_{T} , $t_{\text{пв}}$, t_{O_2} , $t_{\text{пт}}$ требуется определять по интегральной модели пожара [13], а в методике [11] – как по интегральной, так по зонной и полевой моделям [14], причем необходимо учитывать и время блокирования эвакуационных путей и выходов повышенным тепловым потоком $t_{\text{тп}}$. При этом на уровни ОФП накладываются ограничения: а) по повышенной температуре – $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ («болевого порог»); б) по потере видимости – 20 м ; в) по пониженному содержанию O_2 – $0,226\text{ кг/м}^3$; г) по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (CO_2 – $0,11\text{ кг/м}^3$; CO – $1,16 \cdot 10^{-3}\text{ кг/м}^3$; HCl – $23 \cdot 10^{-6}\text{ кг/м}^3$); д) по тепловому потоку – $1,4\text{ кВт/м}^2$.

Полевая модель пожара [14], в отличие от интегральной [13], позволяет определять величины t_{T} , $t_{\text{пв}}$, t_{O_2} , $t_{\text{пт}}$, $t_{\text{тп}}$ не только для помещения пожара, но и для всех участков эвакуационных путей, например, для общего коридора, куда выходят двери аудиторий, в том числе помещения с очагом пожара.

Расчетное время эвакуации t_p в соответствии с ГОСТом [2] рассчитывается по упрощенной аналитической модели для группы мобильности М1 (это соответствует физическим возможностям студентов и преподавателей), а по методике [11] – еще и по индивидуально-поточной и имитационно-стохастической моделям.

В методике [11] приведено уточненное выражение для оценки индивидуального риска Q_B воздействия ОФП на человека. Оно учитывает N возможных сценариев пожара:

$$Q_B = \max_{i=1}^N Q_{B_i}.$$

По сравнению с выражением (1) в оценке риска Q_{B_i} при i -м сценарии пожара учитывается вероятность соответствия автоматических установок пожаротушения (АУП) $P_{АУП_i}$ нормативным требованиям (то есть вероятность их эффективного срабатывания) и вероятность наличия людей в здании $P_{Л_i}$ при пожаре [11]:

$$Q_{B_i} = Q_{П_i}(1 - P_{АУП_i})P_{Л_i}(1 - P_{Э_i})(1 - P_{ПЗ_i}), i=1, \dots, N. \quad (2)$$

Поскольку официальная статистика о частоте пожаров в вузах отсутствует, согласно методике [11]: $Q_{П_i} = 0,04 \text{ год}^{-1}$. Учитывая, что согласно СП [7] наличие АУП в здании вуза не требуется, можно положить $P_{АУП_i} = 0$. Вероятность $P_{Л_i}$ определяется соотношением:

$$P_{Л_i} = t_{\phi_i} / 24, \quad (3)$$

где t_{ϕ_i} – время нахождения людей в здании вуза, ч; а вероятность $P_{ПЗ_i}$, согласно [11], учитывает только два ($n=2$) ТРППЗ – наличие СОУЭ и противодымной вентиляции:

$$P_{ПЗ_i} = 1 - (1 - R_{обн,i}R_{СОУЭ_i})(1 - R_{обн,i}R_{ПД_i}), \quad (4)$$

где $R_{обн,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие АПС требованиям нормативных документов (то есть АПС при i -м сценарии пожара сработает эффективно); $R_{СОУЭ_i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие СОУЭ требованиям нормативных документов по пожарной безопасности (то есть СОУЭ при i -м сценарии пожара также сработает эффективно); $R_{ПД_i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие противодымной вентиляции требованиям нормативных документов (при ее отсутствии $R_{ПД_i} = 0$).

Поскольку, согласно методике [11], $R_{обн,i} = R_{СОУЭ_i} = 0,8$, выражение (4) упрощается: $P_{ПЗ_i} = 0,64$. Учитывая 8-часовой рабочий день в вузе, из (3) находим: $P_{Л_i} = 0,333$. В итоге выражение (2) применительно к зданию вуза приводится к виду:

$$Q_{B_i} \approx 8,53 \cdot 10^{-3} (1 - P_{Э_i}), i=1, \dots, N. \quad (5)$$

Из выражения (5) следует тот очевидный факт, что безопасность студентов, преподавателей и персонала при пожаре в вузе будет напрямую зависеть от успешности проведения эвакуации – мероприятия, когда они организованно самостоятельно выйдут непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия ОФП на людей [4].

Окончательно вывод о безопасности людей при пожаре в вузе можно сделать, сопоставив величину Q_B при наиболее опасном сценарии пожара с нормативным значением 10^{-6} год^{-1} [2].

Таким образом, пожары в вузах могут представлять определенный риск воздействия ОФП на студентов, преподавателей и персонала. Для его снижения можно предложить следующее:

1. Усилить профилактическую работу с целью снижения вероятности предпосылок к возникновению пожара, проводить противопожарные учения и другие мероприятия.
2. При возникновении пожара в здании как можно быстрее его обнаружить и начать эвакуацию людей.
3. Рассмотреть возможность повышения уровня ТРППЗ – оборудовать коридоры, в которые выходят двери аудиторий, системой противодымной вентиляции, повесить тип СОУЭ и др., а также создать добровольные пожарные дружины из наиболее подготовленных студентов.
4. Сделать расчет индивидуального пожарного риска на примере конкретного вуза и рассмотреть возможность публикации соответствующей научной статьи.

Литература

1. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (с изм.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. ГОСТ 12.1.004–91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 24.09.2020).
3. Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: приказ МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. Харисов Г.Х., Фирсов А.В. Обоснование нормативного значения и расчетной величины индивидуального пожарного риска в зданиях и сооружениях: монография. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 225 с.
6. FIREMAN.CLUB. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/pozhar-v-spb-vptsh-mvd-rossii/> (дата обращения: 11.09.2020).
7. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изм. и доп.). URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 24.09.2020).
8. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 24.09.2020).
9. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 24.09.2020).
10. СП 1.13130.2019. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 24.09.2020).
11. 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 (Прил. 5) // МЧС России. URL: mchs.gov.ru/normativnye-pravovye/mchs-rossii/668 (дата обращения: 24.09.2020).
12. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие / В.В. Холщевников [и др.]. М.: АГПС МЧС России, 2015. 262 с.
13. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование ОФП в помещении. М.: Акад. ГПС МВД России, 2000. 118 с.
14. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности: монография. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2005. 336 с.

УДК 62, 622, 624, 662, 614, 55

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВЗРЫВОРЕАКТИВНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНАХ И В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

**В.О. Соловьёв, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук.
А.В. Седнев.**

**Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии
наук; Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет).**

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

Рассмотрена не имеющая аналогов конструкция универсального взрывореактивного комплекса для разрушения горных пород, особенно эффективного для выполнения работ в труднодоступных местах и в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: разрушение пород, управляемый взрыв, взрывчатое вещество, аварийно-спасательные и восстановительные работы, безопасность, управление

UNIVERSAL EXPLOSION JET COMPLEX FOR PERFORMING WORK IN HARD TO REACH AREAS AND IN EMERGENCY SITUATIONS

V.O. Soloviev. Institute of machine science A.A. Blagonravova of the Russian academy of sciences.
A.V. Sednev. Institute of machine science A.A. Blagonravova of the Russian Academy of Sciences;
Moscow state technical university them. N.E. Bauman (national research university).
V.A. Onov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The unique design of a universal explosion of a jet complex for rock destruction, especially effective for performing work in hard-to-reach places and in emergency situations, is considered.

Keywords: rock destruction, controlled explosion, explosive, rescue and recovery operations, safety, management

Взрывореактивные установки (ВРУС) и комплексы (ВПК) на их основе представляют собой изделия, способные серийно управляемых взрывов осуществлять разрушение горных пород или искусственных материалов с образованием углублений в них и предназначенные для выполнения работ в труднодоступных местах, в том числе в районах Крайнего Севера, и в чрезвычайных ситуациях.

К таким работам относятся:

– сооружение колодцев, траншей, котлованов, скважин под опоры высоковольтных линий электропередачи, опор контактной сети железнодорожного транспорта в труднодоступных местах;

– разрушение преград, в том числе выполнение отверстий в бетоне и других искусственных материалах при проведении аварийно-спасательных и восстановительных работ в зоне стихийных бедствий, производственных аварий или военных действий;

– разрушение железобетонных и стальных преград, сооружений, подземных хранилищ;

– уничтожение неизвлекаемых мин или снарядов и др.

Разработки мобильных комплексов начаты в 1983 г. в Московском горном институте [1], в дальнейшем (1988–1996 гг.) на базе проведенных исследований в ОАО «Трансстроймаш»

были созданы модификации взрывореактивных комплексов – ВРК-7А, ВРК-7В, ВРК-14. Это позволило определить требования к ВРК – высокие надежность, мощность, КПД, частота и эффективность подрывов зарядов взрывчатых веществ, разработать простые, надежные и эффективные схемы и средства инициирования зарядов взрывчатых веществ [2–4].

Сформулированы основные принципы обеспечения эффективности ВРК:

- наличие независимых и регулируемых высокочастотных средств инициирования, обладающих высокой степенью безопасности и инициируемых при относительно малых энергиях;

- последовательное взрывание зарядов взрывчатых веществ, размещенных в кассетах с отражателями для повышения эффективности действия взрыва;

- реактивно-безоткатная работа кассет.

Дальнейшие работы по совершенствованию взрывореактивных комплексов позволили создать универсальный малогабаритный ВРК-21 (рис. 1).

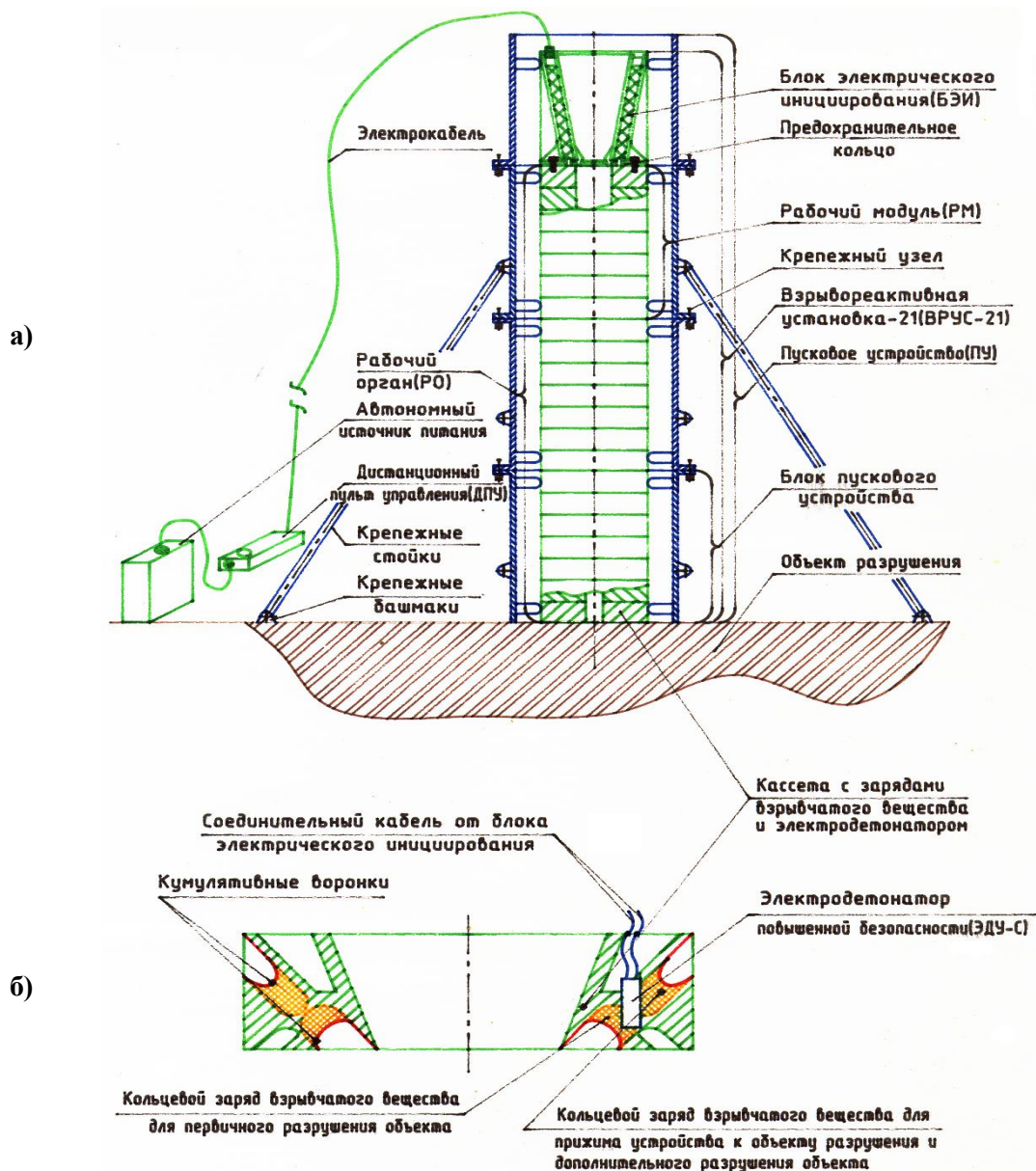


Рис. 1. Взрывореактивный комплекс ВРК-21:

а – общий вид; б – кассета с кольцевым кумулятивным зарядом взрывчатого вещества

Его основой является взрывореактивная установка (ВУ-21), в состав которой входит блок электрического инициирования и рабочий орган из трех рабочих модулей по семь кассет с кумулятивными зарядами взрывчатых веществ (ВВ) и электрическим детонатором повышенной безопасности в каждом.

ВРУС помещается в пусковое устройство, в котором рабочие модули стыкуют между собой. Кассеты с зарядами взрывчатых веществ рассчитаны на инициирование до 500 или 1 000 Гц (зависит от модификации блока электрического инициирования).

Заданную частоту выставляют регулятором на панели блока электрического инициирования перед началом работы ВРК-21.

Управление комплексом осуществляют от автономного источника питания с помощью дистанционного пульта управления.

Количество рабочих кассет рассчитывают и принимают в зависимости от решаемых задач, прочности разрушаемых пород и материалов, заданных параметров полости или отверстия. ВРК-21 можно устанавливать под любым углом к горизонту. Время подготовки комплекта к работе – 3–5 мин.

Один комплект ВРУС-21 позволяет образовывать выемки (полости, отверстия, скважины) глубиной от 1 до 5 м (табл. 1).

Таблица 1. Типы пород и ожидаемые параметры отверстий или полостей, образуемых одним комплектом ВРУС-21

отверстий или полостей	Параметры	Породы			
	СНиП IV-50	I–II	VIII	IX	XI
	f	0,4	8	14	20
	Диаметр, мм	1000	260	220	200
	Глубина при использовании:				
	одного РМ, мм	1700	700	500	330
	двух РМ, мм	3400	1400	1000	660
	трех РМ, мм	5000	2000	1500	1000

Примечание: f – коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова

Параметры отверстий или полостей, образуемых комплектом ВУ-21, в зависимости от категории и крепости пород, приведены в табл. 2, 3.

Характеристики ВРК-21 и его узлов определены из результатов разрушения реальных объектов при работах с опытными образцами – ВУ-7 и ВУ-14. При этом общая длина сборки не превысит 1 000 мм, а диаметр – 160 мм.

Время образования полости зависит от установленного частотного режима подрыва зарядов взрывчатых веществ.

При использовании электрической системы подрыва оно составляет от 21 до 0,42 с при частотном режиме от 1 до 500 Гц, а при оснащении кассет капсулями-детонаторами с замедлителями от 30 до 1,6 с в частотных режимах от 0,7 до 13,3 Гц. Использование капсулей-детонаторов позволяет в семь раз снизить массово-габаритные характеристики БЭИ [5]. Частотный режим определяет также высоту выноса шлама на земную поверхность, которую можно регулировать в частотном диапазоне от 1 до 30 м (рис. 2).

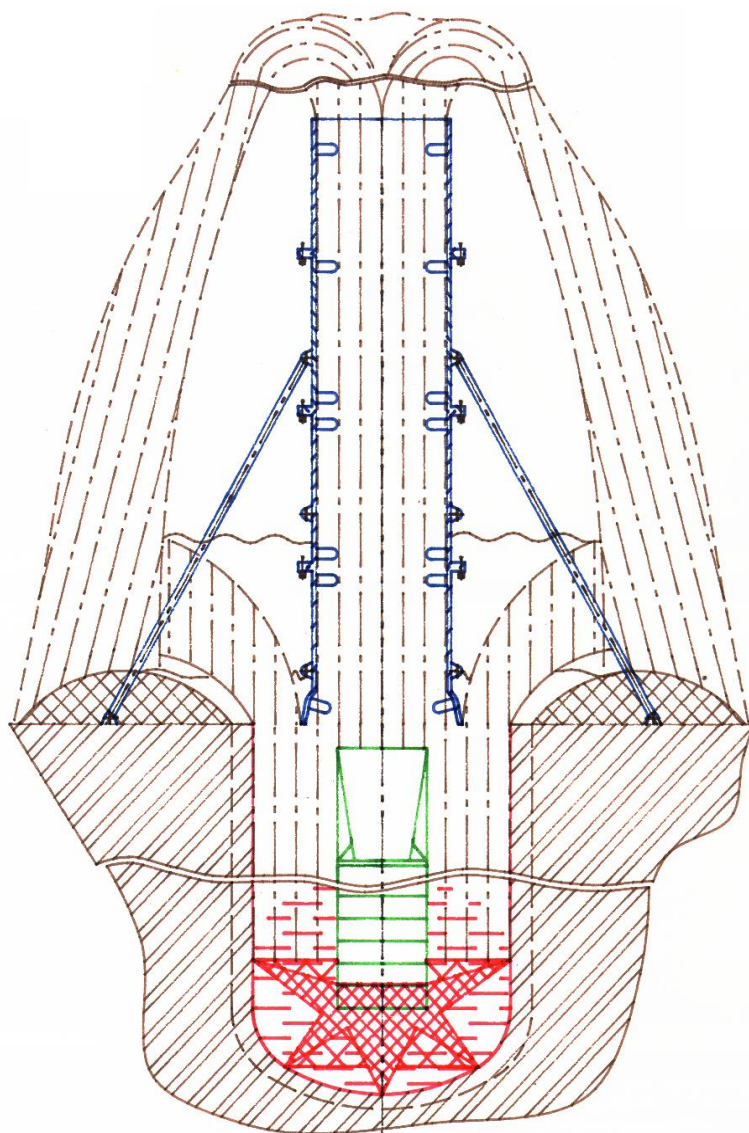


Рис. 2. Схема работы ВРК-21 с выносом шлама на земную поверхность

Таблица 2. Массово-габаритные характеристики пускового устройства для ВУ-21

Параметры ПУ	Пусковое устройство	
	для вертикальной проходки	для проходки под различным углом
Наружный диаметр, мм	200	200
Максимальная высота в транспортировочном положении, мм	340	340
Максимальный диаметр в рабочем положении, мм	2 000	2 500
Максимальная высота в собранном состоянии, мм	1 200	1 200
Общая масса, кг	5	10
Число пусков при работе ВРУС-21: с одним РМ, раз с двумя РМ, раз с тремя РМ, раз	3	3
	2-1	2-1
	1	1

Таблица 3. Основные технические характеристики ВУ-21 и его подсистем

Состав комплекта	Характеристики ВУ-21 и ее подсистем	Величины		
БЭИ	Максимальный диаметр, мм	160		
	Максимальная высота, мм	200		
РМ	Частота инициирования, Гц	до 500		
	Масса, кг	5		
	Срок хранения или эксплуатации, год	10		
	Максимальный диаметр, мм	160		
	Тип используемого ВВ	промышленный		
	Срок хранения, год	10		
		Число задействованных РМ при пуске		
		один	два	три
	Число кассет, шт.	7	14	21
	Масса ВВ, кг	2	4	6
Общая масса, кг	10	20	30	
Максимальная высота, мм	260	530	800	
Максимальное число пусков РМ одного комплекта, раз	3	2	1	
ВУ	Максимальная высота, мм	460	730	1000
	Общая масса, кг	15	25	35

Анализ механических и газодинамических средств разрушения пород показывает, что по временным, массово-габаритным и другим характеристикам ВРК-21 не имеет равноценных аналогов. В настоящее время Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук проводит исследования по моделированию импульсных ударно-волновых нагрузок и численному анализу результатов их воздействия на различные преграды, например, на отражатели, оснащенные металлическими энергоаккумулирующими покрытиями, различные конструкционные материалы и горные породы. При этом используются реальные уравнения состояния вещества, гидродинамики и термоупругости, а также уравнения переноса нейтрального или заряженного излучения. Построенные теоретические модели и разработанные численные схемы позволяют провести оптимизацию пульсирующих взрывных устройств по эффективности их воздействия на разрушаемые объекты.

Литература

1. Кутузов Б.Н., Соловьев В.О., Родченко В.В. Малогабаритная буровая установка для исследования подповерхностных слоев различных планет // Гагаринские чтения по авиации и космонавтике. М.: Институт проблем механики АН СССР, 1986–1987. С. 128–129.
2. Фролов К.В., Соловьев В.О., Пацюк В.В. Анализ преимуществ взрывореактивных комплексов малого класса для проведения буровых работ в сложных и экстремальных условиях // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2001. № 2. С. 3–9.
3. Фролов К.В., Соловьев В.О., Пацюк В.В. Об использовании взрывореактивных комплексов малого класса для разрушения горных пород и искусственных материалов // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2001. № 5. С. 3–7.
4. Кутузов Б.Н., Соловьев В.О., Думенко В.И. Электродетонатор для взрывореактивной установки кассетного типа // Физические процессы горного производства. М.: МГИ, 1991. С. 61–63.
5. Соловьев В.О. Разработанные средства инициирования для твердотопливных пульсирующих детонационных ракетных двигателей и взрывореактивных установок // Научные доклады V Международного совещания по проблемам энергоаккумулирования и экологии в машиностроении, энергетике и на транспорте. М.: ИМАШ РАН, 2006. С. 431–443.

УДК 614.841.3

РАСЧЕТЫ ПОЖАРНОГО РИСКА. ПРОВЕДЕНИЕ, ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА И ПРОЦЕДУРА ПРОВЕРКИ

И.Р. Хасанов, доктор технических наук;

А.В. Карпов, кандидат технических наук.

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России¹.

М.Ю. Нестеров.

**Департамент надзорной деятельности и профилактической работы
МЧС России**

Представлен анализ нормативных правовых актов в области расчета пожарного риска, который показал актуальность разработки обоснованных требований, регламентирующих порядок проверки расчета и оформление отчета по результатам проведения расчета пожарного риска. На основе обобщения практики применения методик расчета пожарного риска разработаны основные требования к порядку проведения, оформления и проверки расчета пожарного риска. Указанные требования сформулированы в виде проекта нормативного правового акта, содержащего правила проведения расчетов по оценке пожарного риска.

Ключевые слова: пожарный риск, расчеты пожарного риска, объекты с массовым пребыванием людей, проверка расчетов пожарного риска

FIRE RISK ASSESSMENTS. IMPLEMENTATION, REPORT DESIGN AND REVISION PROCEDURE

I.R. Khasanov; A.V. Karpov.

All-Russian Order «Badge of Honor» research institute of fire protection of EMERCOM of Russia.

M.Yu. Nesterov.

Department of supervision and preventive work of EMERCOM of Russia

The analysis of normative legal acts in the field of fire risk calculation is presented, which shows the relevance of developing reasonable requirements that regulate the procedure for checking the calculation and making a report on the results of fire risk calculation. Based on the generalization of the practice of applying fire risk calculation methods, the main requirements for the procedure for conducting, registration and verification of fire risk calculation have been developed. These requirements are formulated in the form of a draft regulatory legal act containing rules for conducting calculations for fire risk assessment.

Keywords: fire risk, fire risk assessments, fire risk assessment report design, fire risk assessment revision procedure

В настоящее время в Российской Федерации и развитых зарубежных странах при проектировании зданий и сооружений широко используется проведение расчетных оценок достаточности противопожарных мероприятий. В странах Европы и США разработан ряд документов в области моделирования пожаров и оценки пожарного риска [1–5]. Международной организацией по стандартизации (ISO) приняты документы [6–8], в которых рассматриваются оценка, верификация и валидация методов расчета пожарно-технического

¹ В работе над статьей принимали участие Д.В. Ушаков, А.А. Абашкин (ФГБУ ВНИИПО МЧС России)

анализа. Описание моделей пожаров представлено в работе [9]. В руководстве [10] описана оценка прогнозирующей способности детерминированных моделей пожаров. В работах [11, 12] даны рекомендации по составлению документации для компьютерного программного обеспечения моделирования пожаров.

В нашей стране в соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности» (принятым Государственной Думой 4 июля 2008 г.: по состоянию на 27 декабря 2018 г.) основным количественным показателем при проведении расчетных оценок достаточности противопожарных мероприятий является пожарный риск. Указанный федеральный закон устанавливает критерии обеспечения пожарной безопасности объектов, а также содержит основные термины и определения, связанные с пожарным риском.

Порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска определяется нормативными правовыми актами Российской Федерации и МЧС России, а именно, постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» и методиками [13, 14]. Для практического использования методик разработаны пособия по расчету пожарного риска для общественных [15] и производственных объектов [16].

Расчеты развития пожаров и пожарных рисков широко и успешно используются в практике научных исследований и работы проектных организаций, органов государственной экспертизы, государственного строительного и государственного пожарного надзоров (ГПН) [17–22].

Порядок проведения административных процедур, связанных с принятием, проверкой и использованием расчетов пожарного риска при проведении проверок, регулируется административными регламентами МЧС России. Так, в соответствии с требованиями (приказ МЧС России от 30 ноября 2016 г. № 644 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности») в случае проведения расчета по оценке пожарного риска должностным лицом органа ГПН проверяется: соответствие исходных данных объекта защиты, применяемых в расчете, фактическим данным, полученным в ходе обследования; соответствие требованиям, установленным методиками [13, 14]. При несоответствии результатов расчета пожарного риска на объекте защиты предъявляемым требованиям выносится мотивированное решение с указанием причин несоответствия расчета на объекте защиты предъявляемым требованиям и (или) указываются невыполненные меры, разработанные по результатам расчетов пожарных рисков.

В целях мониторинга практики проведения расчетов пожарного риска специалистами ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» (ВНИИПО) МЧС России совместно с Департаментом надзорной деятельности и профилактической работы (ДНПР) МЧС России были рассмотрены и проанализированы более 200 отчетов по расчету оценки пожарного риска из 85 регионов Российской Федерации. В рассмотренных отчетах были представлены основные объекты с массовым пребыванием людей: гостиницы, здания офисов, школы, детские дошкольные образовательные учреждения, больницы, дома жилые многоквартирные.

Анализ практики применения расчетов пожарного риска и проведенные исследования выявили ряд проблемных вопросов:

- 1) ряд положений методик, регламентирующих порядок проведения расчетов, носит общий характер и требует дополнительных рекомендаций и пояснений;
- 2) в методиках [13, 14] и постановлении «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» содержатся общие требования к оформлению отчета и не устанавливается однозначный перечень информации, которая должна содержаться в отчете при определении величины пожарного риска;

3) не установлен формализованный перечень исходных данных, подлежащих проверке соответствия фактическим данным, что создает предпосылки для возникновения конфликтных ситуаций при проверке расчетов пожарного риска.

Основные требования проведения и оформления расчетов пожарного риска

Специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России совместно с ДНПР МЧС России были разработаны проект нормативного правового акта, содержащего правила проведения расчетов по оценке пожарного риска, и нормативного документа, регламентирующего требования к порядку проведения, оформлению и проверке расчетов пожарного риска.

Проект правил проведения расчетов по оценке пожарного риска (Правила) определяет перечень исходных данных, применяемых в расчете, содержит конкретизированные требования к отчету, которые в том числе вытекают из существующих положений Правил, что в конечном итоге направлено на исключение возможности предъявления необоснованных и избыточных требований со стороны лиц, осуществляющих проверку расчета.

В частности, скорректированы положения относительно вывода по результатам расчета по оценке пожарного риска, в соответствии с которыми в отчете должен приводиться вывод о соответствии или несоответствии расчетных величин пожарного риска соответствующим нормативным значениям пожарных рисков.

Проектом устанавливается перечень исходных данных для проведения расчета по оценке пожарного риска для зданий и сооружений, в том числе для производственных объектов с наличием наружных установок (оборудования) и магистральных трубопроводов, как раз которые, впоследствии, подлежат проверке со стороны органов ГПН.

Учитывая статус Правил, утверждаемых Правительством Российской Федерации, отдельные технические требования, связанные с порядком проведения и оформления отчета, включены в проект нормативного документа.

В проекте документа указано, для каких объектов может производиться расчет. В соответствии с методикой [13], как правило, расчеты пожарного риска необходимо проводить для объекта защиты в целом. В соответствии с методикой [14] расчет пожарного риска необходимо производить для производственных объектов, а также их частей в составе зданий (пожарных отсеков), сооружений, наружных установок. Расчет не может производиться для части производственного объекта, если она не отделена от остальной части производственного объекта в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности.

В проекте документа представлены требования к порядку проведения расчетов в соответствии с методиками [13, 14]. Результаты расчета пожарного риска оформляются в виде отчета. Указанный отчет должен состоять из следующих разделов: введение, краткая характеристика и анализ пожарной опасности объекта, основные расчетные зависимости, расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара, определение расчетного времени эвакуации людей из здания, определение вероятности эвакуации людей из здания при пожаре, определение величины индивидуального пожарного риска, выводы, приложения.

Указаны требования к содержанию каждого раздела. Так, во введении указывается наименование и адрес объекта и основания для проведения расчета риска. Раздел, посвященный характеристике и анализу пожарной опасности объекта, включает в себя общую характеристику объекта с описанием его архитектурно-планировочных особенностей, функционального назначения и т.д., а также исходные данные для проведения расчета пожарного риска (часть исходных данных приводится также в других разделах отчета). Раздел «Основные расчетные зависимости» включает в себя наименование использованной методики по расчету пожарного риска и основные соотношения для расчета значения индивидуального пожарного риска. Раздел «Расчет времени блокирования путей эвакуации опасными

факторами пожара» содержит следующие подразделы: экспертный выбор сценариев пожара, выбор метода математического моделирования, исходные данные для горючей нагрузки, результаты расчетов.

Раздел «Определение расчетного времени эвакуации людей из здания» состоит из двух подразделов: методика расчета времени эвакуации, результаты расчета времени эвакуации. Раздел отчета «Определение вероятности эвакуации людей из здания при пожаре» содержит в табличной форме сводную информацию для всех рассмотренных сценариев, включающую в себя времена блокирования эвакуационных выходов и характерных точек на путях эвакуации, расчетные времена эвакуации через эвакуационные выходы и характерные точки на путях эвакуации, времена начала эвакуации, вероятности эвакуации людей.

Раздел «Определение величины индивидуального пожарного риска» содержит данные о расчетных величинах пожарного риска для каждого сценария пожара и для объекта защиты в целом.

В выводах указывается превышение или не превышение расчетного значения индивидуального пожарного риска допустимого значения. В случае если расчетное значение индивидуального пожарного риска не превышает допустимое значение, указываются условия, при которых пожарная безопасность является обеспеченной. В случае если расчетное значение индивидуального пожарного риска превышает допустимое значение, перед разделом выводы может предусматриваться дополнительный раздел «Разработка дополнительных противопожарных мероприятий, направленных на снижение величины пожарного риска», содержащий описание дополнительных мероприятий и расчет риска с учетом их реализации.

Представлено описание возможных типов проверки расчетов пожарного риска, а именно первичной проверки расчета пожарного риска, полной проверки расчета пожарного риска, подготовки заключения на расчет пожарного риска. Приложение к разработанному проекту нормативного документа содержит перечень исходных данных, применяемых в расчете пожарного риска, подлежащих проверке соответствия фактическим данным.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных нормативных документов в области расчета пожарного риска показал развитую структуру стандартов и проработанность отдельных вопросов по организации и проверке достоверности расчетов. Вместе с тем порядок оценки, верификация и валидация методов расчета пожарного риска во многом носит общий и рекомендательный характер. Действующие в нашей стране нормативные правовые акты содержат недостаточное количество требований, регламентирующих оформление отчета по результатам проведения расчета пожарного риска и порядок проверки его органами ГПН МЧС России.

Проведен анализ практического применения методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Проведено обобщение и анализ более 200 отчетов по расчету оценки пожарного риска из 85 регионов Российской Федерации. Выявлены наиболее частые и распространенные ошибки при проведении расчетов пожарного риска.

Разработка основных требований к порядку проведения, оформления и проверки расчета пожарного риска позволит: стандартизировать требования к оформлению отчета по результатам расчетов пожарных рисков; сформулировать нормативные требования к проверке расчета пожарного риска органами ГПН МЧС России; упростить реализацию возложенной на ГПН МЧС России функции по проверке соответствия исходных данных, использованных при расчете пожарного риска, фактическим параметрам объекта.

Литература

1. BS 7974. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Code of practice. British Standards Institution (BSI). London, UK, 2019. 68 p.

2. BS PD 7974-7–2019. Application of Fire Safety Engineering Principles to the Design of Buildings. Part 7: Probabilistic risk assessment. British Standards Institution (BSI). London, UK, 2019. 52 p.
3. Гилетич А.Н., Еремина Т.Ю., Тихонова Н.В. Применение международных стандартов BS 7974 и ISO/TS 16733 при оценке пожарного риска // Архитектура и строительство в России. 2013. № 2. С. 30–39.
4. NFPA 551. Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments. National Fire Protection Association (NFPA). Quincy, MA, USA, 2010. 33 p.
5. SFPE Engineering Guide. Fire Risk Assessment. Society of Fire Protection Engineers (SFPE), Bethesda, MD, USA, 2016. 115 p.
6. ISO 16730-1:2015 Fire safety engineering – Procedures and requirements for verification and validation of calculation methods. Part 1: General. ISO, 2015. 41 p.
7. ГОСТ Р ИСО 16730-1. Пожарно-технический анализ. Оценка, валидация и верификация методов расчета. М.: Стандартинформ, 2016. 88 с.
8. Technical Report ISO/TR 16730-3:2013. Fire safety engineering – Assessment, verification and validation of calculation methods Part 3: Example of a CFD model. ISO, 2015. 28 p.
9. ISO/TS 16733:2006. Fire safety engineering – Selection of design fire scenarios and design fires. ISO, 2006. 44 p.
10. ASTM E1355-12(2018). Standard Guide for Evaluating the Predictive Capability of Deterministic Fire Models. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018. 9 p. DOI: 10.1520/E1355-12R18.
11. ASTM E1472-07. Standard Guide for Documenting Computer Software for Fire Models. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007. 6 p. DOI: 10.1520/E1472-07.
12. ASTM E1895-07. Standard Guide for Determining Uses and Limitations of Deterministic Fire Models. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007. 4 p. DOI: 10.1520/E1895-07.
13. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. 2-е изд. М.: ВНИИПО, 2016. 79 с.
14. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. М., ВНИИПО, 2009. 77 с.
15. Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: пособие по применению / А.А. Абашкин [и др.]. М.: ВНИИПО, 2014. 226 с.
16. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко [и др.]. М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.
17. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях: метод. рекомендации / А.М. Рыжов [и др.]. М.: ВНИИПО, 2002. 35 с.
18. Puzach S.V., Nguyen Thanh Hai. Influence of the rates of gas flows through the smoke-removal and input-ventilation systems on the height of the smoke-free zone in a fire within a building // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2009. Vol. 82. № 6. pp. 1033–1041. DOI: 10.1007/s10891-010-0290-x.
19. Калмыков С.П., Есин В.М. Время обнаружения очага пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 11. С. 52–63.
20. Снегирев А.Ю. Моделирование тепломассообмена и горения при пожаре: дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: С.-Петерб. политехн. ун-т, 2004. 271 с.
21. Karpov A.V., Khasanov I.R., Kopulov N.P., Ushakov D.V. Optimization of Measures Directed on the People Safety at Tunnel Fire by Means of Computational Methods // Fifth International Symposium on Tunnel Safety and Security. New York, USA, 2012, p. 547–556.
22. Моделирование динамики пожаров в спортивных сооружениях / А.А. Дектерев [и др.] // Пожарная безопасность. 2007. № 4. С. 49–58.

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНЫМИ ВОИНСКИМИ ФОРМИРОВАНИЯМИ

С.А. Бокадаров, кандидат технических наук;

А.В. Калач, доктор химических наук, профессор.

Воронежский институт федеральной службы исполнения наказаний России.

А.А. Мельник, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены некоторые аспекты организации управления деятельностью спасательных воинских формирований МЧС России в мирное время в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций. Описано функциональное управление силами и средствами подразделений.

Ключевые слова: управление, управленческие решения, спасательные воинские формирования, чрезвычайная ситуация

FEATURES OF MANAGEMENT OF RESCUE MILITARY FORMATIONS

S.A. Bokadarov; A.V. Kalach. Voronezh institute of the Russian federal penitentiary service.

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

The article presents some aspects of organizing the management of the activities of the rescue military units of EMERCOM of Russia in peacetime under conditions of emergencies. The functional control of forces and means of subdivisions is described.

Keywords: management, management decisions, military rescue units, emergency

Масштабы чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного характера последних десятилетий формируют необходимость постоянной готовности сил и средств спасательных воинских формирований [1] к действиям в мирное время в кризисных условиях. Спасательные воинские формирования – наиболее подготовленный и мобильный комплекс сил гражданской обороны, имеющий единую организационно-штатную структуру для выполнения функциональных задач по обеспечению ввода сил в очаги поражения, проведения в них аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Управление специальными воинскими формированиями – это организация деятельности по поддержанию органов управления и спасательных воинских формирований МЧС России в готовности к действиям по предназначению. Выделим следующие виды управления:

1. Программное управление, которое предполагает существование исходных (априорных) критериев оценки качества управления, наличие программ распознавания ситуации и выработки оптимального управления, формирование и выдачу команд, контроль результатов и включение их в описание кризисной ситуации.

Предполагается, что команды должны быть приняты объектом управления и выполнены с точностью не ниже заданной. Программное управление предполагает высокую информативность органа управления о критериальных особенностях ситуации и об объекте управления, достаточную целесообразность и быстроедействие этого органа, устойчивый информационный обмен.

Зачастую программное управление называют командным управлением – это основной вид управления подчиненными органами управления и спасательными воинскими формированиями МЧС России [2]. Командное управление требует восприятия очень большого количества информации и ее обработки; объем программ с увеличением числа подчиненных формирований возрастает комбинаторно, поскольку требуется обеспечить взаимодействие. Если имеется ограничение на объем обработки (вследствие недостаточности личного состава в органе управления, ограниченности вычислительного ресурса или слабой организации), приходится прибегать к обобщению информации и упрощению программы, при этом качество управления снижается. При программном управлении, исходя из анализа ситуации, вырабатываются команды, которые направляются исполнителям по прямым связям. При непредусмотренном изменении ситуации формируются новые команды и т.д.

Процесс программного управления имеет два этапа. Сначала производится акт управления применительно к типовым ситуациям (особенности ЧС, реакции противника). Затем, на основании анализа особенностей (реакции), вскрывается сущность ситуации, что позволяет принять новое решение, более точное, реализующее оптимальное управление. Первый акт управления дает необходимую информацию без чрезмерных затрат ресурсов и не должен раскрывать возможности и намерения. Второе – основное действие производится после корректировки плана или структуры организации. Большое значение имеет оптимальное распределение времени и усилий между актами управления (например разведка зоны ЧС и ликвидация ЧС). На каждое изменение условий деятельности (выполнения поставленных задач) можно ответить определенным актом управления. Совокупность программных управлений составляет множество управлений, в котором наибольший интерес представляют оптимальные управления.

2. Рефлексивное управление. Сущность рефлексивного управления состоит в передаче от органа управления к управляемой системе мотивов и оснований, стимулирующих желаемое решение, которое вырабатывается управляющей системой самостоятельно. Часто оно не соответствует или не вполне соответствует предполагаемому (рефлексируемому), но если соответствует, то на выполнение решения мобилизуются инициатива и все ресурсы управляемой системы. Рефлексивное управление широко используется в учебно-воспитательной и административной деятельности. В военном деле рефлексивное управление дает особенно хорошие результаты в воспитании личного состава (постановка ориентирующих задач, стимулирование активности, использование престижных мотивов).

Рефлексия предполагает создание в управляющей системе модели поведения управляемой системы (объекта) с учетом того, что управляемая система (объект) имеет свою модель ситуации, противоборствующих факторов и того, кто его моделирует, то есть управляющей системы.

3. Адаптивное управление. Оно основано на выработке эффективного поведения посредством взаимного подражания (копирования поведения) и использовании информации о результатах деятельности соседа для оценки ситуации и выборе поведения.

Это самоорганизующееся управление в коллективе без лидера, основанное на копировании элементов действий друг друга, постепенной стабилизации и совершенствовании целесообразного комплекса действий путем их дифференциации и согласования, формировании целенаправленного поведения коллектива на основании внешнего стимула. Особенно проявляется адаптивное поведение в экстремальных ситуациях.

Частично адаптивное управление используется при децентрализованном управлении, понимается, речь идет здесь не о прямолинейном подражании, а о взаимном согласовании действий и использовании примера и информации соседа. Уровень децентрализации в зависимости от ситуации может понижаться до подразделения, а в меньшем масштабе и экстремальных ситуаций – до индивидуума. Децентрализованное управление может иметь высокую эффективность, но требует четкого регулирования. В некоторых случаях

адаптивное управление, выйдя за допустимые пределы, может вызвать отрицательные последствия, паника возникает на основе самопроизвольного адаптивного управления.

Основным отличием децентрализованного управления является адаптивный характер взаимодействия. Диапазон децентрализованного управления очень широк и распространяется на все виды деятельности, в частности на те, которые не охватываются централизованным управлением при его нормальном функционировании. Большое значение имеет децентрализованное управление в сложной быстроменяющейся обстановке, когда централизованное управление не справляется с обработкой потока информации без обобщения.

В рамках управленческой деятельности конструктивно можно выделить управленческие функции, которые отражают взаимосвязь объекта и субъекта отношений в виде ориентированных руководящих поручений. С целью повышения эффективности функционирования системы взаимодействие субъекта и объекта должно быть комплексным отражением всего спектра взаимного влияния (рис. 1).

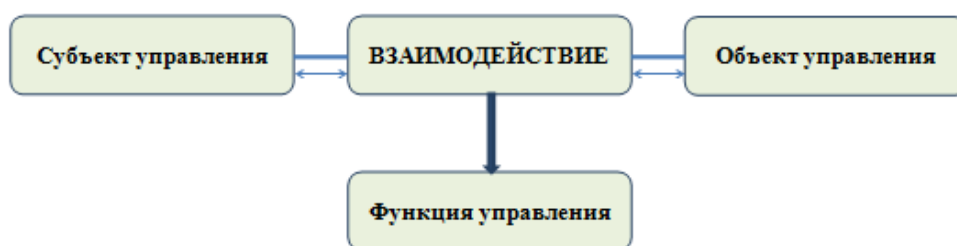


Рис. 1. Схема целостной управленческой функции

Функция управления представляет собой систему, имеющую самостоятельную развитую структуру, и занимает отдельную нишу в комплексе управленческой деятельности, формирует состав ориентированных видов управленческой деятельности (рис. 2).



Рис. 2. Характеристика функции управления

В настоящее время нет четкого определения состава функций управления, однако в общей теории управления получил широкое распространение подход, согласно которому управление как комплексный процесс состоит из четырех основных функций [3] – планирования, организации, стимулирования и контроля, объединенных связующими процессами коммуникации и принятия решений (рис. 3). Иногда к ним добавляется функция координации.



Рис. 3. Схема функции управления со связующими процессами

В рамках описанного подхода оказывается «размытой» такая важнейшая функция управления спасательными воинскими формированиями, как принятие управленческого решения. Однако незыблемым положением теории и практики военного дела, подтвержденным многолетним опытом деятельности сначала войск гражданской обороны, а затем спасательных воинских формирований МЧС России, является следующее: основа управления спасательными воинскими формированиями – решение командира. Это положение нашло свое место практически во всех нормативно-правовых документах, регламентирующих деятельность спасательных воинских формирований МЧС России.

Принятию решения предшествует получение (сбор) и анализ исходной управленческой информации [4]. В рамках исполнения принятого решения необходимо детальное планирование реализации предстоящих задач.

Для достижения поставленных целей необходима организация безотрывного согласованного процесса, в рамках которого осуществляются координация деятельности, ее стимулирование и контроль. Представим структуру функций управления спасательными воинскими формированиями с учетом описанного выше (рис. 4).



Рис. 4. Общие функции управления спасательными воинскими формированиями

Реализация функций управления спасательными воинскими формированиями определяет сущность и специфику этапа управления, в рамках которого они выполняются. Этап управления – стадия процесса управления достижением конечного результата.

Процесс управления конструктивно можно разделить на промежуточные этапы:

1) Определительный этап (этап определения цели и задач будущих действий включает в себя сбор, анализ и оценку исходной управленческой информации (уяснение задачи и оценку обстановки).

2) Организационный этап (этап подготовки к действиям включает в себя принятие решения на действия, планирование действий на основе принятого решения, доведение задач до исполнителей, организацию управления, всестороннего обеспечения, подготовки к действиям, оказание помощи и контроль за готовностью сил к выполнению поставленных задач).

3) Исполнительный этап (этап непосредственного управления действиями (руководство действиями) исполнителей на основе принятого решения, включает в себя координацию действий, стимулирование исполнителей, контроль исполнения и оказание помощи исполнителям) [5].

Необходимо отметить, что стимулирование как функция управления должна выполняться на всех этапах управления, а контроль, в качестве функции управления, нуждается в организации и присутствует в организационном и исполняющем этапе управления, но наличие указанных функций управления на разных этапах управления не делает эти этапы одинаковыми или, по крайней мере, похожими друг на друга, соответственно, функции управления, выполняемые на соответствующем этапе управления, объединены общей целью промежуточного этапа, например, организовать действия спасательных воинских формирований МЧС России.

Существующие проблемы защиты населения и территорий в мирное и военное время, изменение форм и способов действий органов управления и спасательных воинских формирований МЧС России, увеличение количества и усложнение характера связей между органами управления предъявляют к спасательным воинским формированиям все более высокие требования. Полная реализация современных требований к спасательным воинским формированиям – это проблема, которая сегодня особенно актуальна. Целенаправленное решение этой общей проблемы и ее составляющих требует развития теории управления спасательными воинскими формированиями, призванной освещать путь практической деятельности.

Литература

1. О спасательных воинских формированиях Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (вместе с «Положением о спасательных воинских формированиях Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»): Указ Президента Рос. Федерации от 30 сент. 2011 г. № 1265 (в ред. от 29 июня 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Калач А.В., Бокадаров С.А., Зенин А.Ю. Управление состоянием готовности аварийно-спасательных формирований МЧС России к действиям по предназначению в условиях неопределенности // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2019. № 2. С. 66–69.

3. Калач А.В., Зыбин Д.Г., Бокадаров С.А. Принятие управленческих решений сотрудниками силовых ведомств в кризисных ситуациях // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2018. № 4. С. 43–51.

4. Зыбин Д.Г., Калач А.В., Бокадаров С.А. Современные модели формирования интеллектуальных систем в процессе поддержки принятия управленческих решений // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2018. № 2. С. 70–76.

5. Управление деятельностью спасательных воинских формирований МЧС России: учеб. пособие / С.Н. Хаустов [и др.]. Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2013. 171 с.

УДК 614.841.2

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВООПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРИСАДКИ К ТОПЛИВНОМУ МАЗУТУ

В.В. Монашков, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

В.В. Ключ, кандидат педагогических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Ю.С. Потапова.

**Высшая школа техносферной безопасности Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого**

Широкое применение топливных мазутов стимулирует разработки присадок к топливу для улучшения его технологических качеств. В работе произведена оценка параметров взрывоопасности технологии получения присадки на основе использования технических спиртов. Разработаны схемы развития типовых сценариев аварий, определены зоны разрушений зданий и сооружений и зоны поражения тепловым излучением от границы пламени для принятых условий. Результаты исследований могут быть использованы при реализации технологии получения присадок к мазутам при проектировании и применении технологий получения присадок к топливным мазутам.

Ключевые слова: взрывобезопасность, технология, присадки, топливный мазут

EVALUATION OF EXPLOSION HAZARD PARAMETERS OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING FUEL OIL ADDITIVES

V.V. Monashkov. Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university.

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

Yu.S. Potapova. Graduate school of technosphere safety of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university

The widespread use of fuel oil stimulates the development of fuel additives to improve its technological properties. In this work, the parameters of the explosiveness of the technology for obtaining an additive based on the use of industrial alcohols are estimated. The schemes of development of typical scenarios of accidents have been developed, zones of destruction of buildings and structures and zones of damage by thermal radiation from the flame boundary have been determined for the accepted conditions. The research results can be used in the implementation of the technology for obtaining additives to fuel oils, and can be used in the design and application of technologies for obtaining additives for fuel oils.

Keywords: explosion safety, technology, additives, fuel oil

Интенсивное развитие автомобильной промышленности приводит к существенному ухудшению атмосферного воздуха особенно в условиях больших городов. Одним из методов борьбы с этим негативным явлением являются способы улучшения качества топлива.

Технология получения присадки к топливному мазуту заключается в создании смеси жидких веществ, состоящей из легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) и специализированных добавок. Содержание в смеси ЛВЖ составляет более 80–90 %, и поэтому сама добавка относится к классу ЛВЖ. Практика работы с ЛВЖ указывает на то, что потенциальные опасности таких технологий заключаются в потере герметичности емкостей хранения, трубопроводов и оборудования. В таких случаях будет происходить утечка ЛВЖ с последующим испарением. Пары ЛВЖ могут создавать токсичную среду и вызывать отравление персонала при нахождении в зоне превышения предельно-допустимых концентраций. При концентрации паров ЛВЖ в области верхнего и нижнего концентрационных пределов и наличии источников воспламенения произойдет взрыв паров ЛВЖ. Мощность взрыва будет определяться массой паров ЛВЖ и характеристикой пространства (помещение или открытое пространство). В зависимости от мощности происходит разрушение оборудования, здания производства и возможны разрушения зданий в окружающей среде. При избыточных давлениях взрыва более 5 кПа происходит травмирование человека.

Взрыв паров ЛВЖ может происходить при внешнем неконтролируемом нагреве герметичных емкостей (например от пожара в окружающей среде). Такие взрывы называются «BLEVE», и они имеют значительные мощности, так при этом во взрыве могут вовлекаться значительные объемы паров ЛВЖ.

При утечках (проливах) ЛВЖ и наличии источников воспламенения происходит возгорание ЛВЖ, при котором возникает термическое поражение человека. При нахождении в зоне возгорания горючих веществ и материалов возможен пожар. Последствия пожара будут определяться объемами проливов ЛВЖ и организацией тушения и ликвидации последствий пожара.

Потенциальные опасности производства с участием ЛВЖ реализуются при чрезвычайных ситуациях, вероятность которых зависит от технологии производства. Рассматриваемая в данной работе технология получения добавки к топливному мазуту представлена следующими технологическими блоками, характеристика которых приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика технологических блоков

Номер блока	Наименование блока	Характеристика процессов и оборудования
1	Приемка сырья (ЛВЖ, специальные добавки) и отгрузка готовой продукции на эстакаде	Слив сырья (ЛВЖ, специальные добавки) и налив готовой продукции в транспортные средства (автомобильная или железнодорожная цистерна)
2	Перемещение сырья на открытый склад временного хранения	Перекачка сырья через насосную станцию в емкости хранения
3	Хранение сырья и готовой продукции на открытом складе	Временное хранение в емкостях на оборудованной площадке
4	Передача сырья на производство присадки	Перекачка сырья и специальных добавок через насосную станцию
5	Производство присадки	Процессы смешения компонентов присадки
6	Передача присадки через склад временного хранения на площадку отгрузки готовой продукции	Сливо-наливные операции через насосную станцию

При количественной оценке энергетических показателей технологических блоков по взрывопожарной и пожарной опасности, выполненной по нормативным методикам [1, 2] были получены следующие результаты:

- взрыв паров ЛВЖ с образованием избыточного давления взрыва наиболее вероятен [3] на открытом складе приема сырья и готовой продукции;
- пожар при проливе ЛВЖ с сопутствующим тепловым излучением наиболее вероятен [3] на эстакаде приема сырья и отгрузки готовой продукции.

Масса опасных веществ, способных участвовать в идентифицированных сценариях аварий, оценивалась на основе анализа технологии и режимных параметров обращения с ЛВЖ. При этом при расчетах выбирался наиболее неблагоприятный вариант аварии или период работы технологического оборудования, при котором в аварии участвует наибольшее количество веществ.

В создании поражающих факторов при авариях, сопровождающихся пожарами проливов спиртов, учитывалась вся масса опасного вещества, выброшенная из аварийного оборудования.

В качестве исходных данных для количественных расчетов приняты следующие допущения:

- 1) место аварийной разгерметизации блока принимается из условия наибольшей тяжести последствий от пожара;
- 2) температура воздуха – 34 °С, скорость воздушного потока – 0 м/с;
- 3) время испарения ЛВЖ – 1 ч.

Количество опасных веществ, участвующих в чрезвычайных ситуациях, определяется объемами используемых емкостей и объемами транспортных средств поставляемого сырья (спиртов).

Оценка параметров выполнялась для указанных исходных данных:

- ЛВЖ – технический спирт-метанол;
- объем единовременно поставляемого сырья (автоцистерна) – 9 м³;
- емкости технологического хранения спиртов и добавки – 20 м³.

Результаты расчетов для наиболее неблагоприятных сценариев приведены в табл. 2–3.

Таблица 2. Значения радиусов разрушений избыточным давлением взрыва

Открытый склад приема сырья и готовой продукции	Радиусы разрушения и повреждения человека, м	
	Полное разрушение зданий	7,6
	50 % разрушение зданий	10,4
	Среднее повреждение зданий	15,8
	Повреждение конструкций и оборудования	27,4
	Нижний порог повреждения человека волной давления, 5 кПа	56,2

Таблица 3. Интенсивности теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ

Наружная установка приема сырья (эстакада)	Радиусы зон поражения человека, м	
	Поражение человека	2,2
	Воспламенение одежды	3,8
	Зона неопасного воздействия для человека	10,4

Категории взрывоопасности технологических блоков рассчитывались по значению общего энергетического потенциала и приведенной массе вещества, образующего взрывоопасное облако [2]. Все блоки технологии имеют третью категорию взрывоопасности.

Полученные результаты потенциальных опасных факторов пожара и взрыва, категории взрывоопасности технологических блоков технологии получения присадок к мазутам могут быть использованы при проектировании данной технологии.

Литература

1. ГОСТ Р 12.3.047–2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.09.2020).

2. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»: приказ от 11 марта 2013 г. № 96 (Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.09.2020).

3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 (в ред. от 14 дек. 2010 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

УДК 614.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИЧНОГО СОСТАВА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ

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

**М.В. Сильников, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

А.А. Аксенов, кандидат технических наук.

**Национальный исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск**

Рассматриваются методы и средства обеспечения безопасности пожарных-спасателей и предлагаются пути совершенствования в целях снижения риска гибели и травмирования их при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательные и другие неотложные работы, робототехнический комплекс, средства индивидуальной защиты

IMPROVEMENT OF SAFETY METHODS AND MEANS FOR PERSONNEL COMPOSITION OF FIRE RESCUE PARTS IN EMERGENCY RESCUE AND OTHER EMERGENCY WORKS

O.N. Savchuk; M.V. Silnikov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.A. Aksenov. National research Mordovian state university named after N.P. Ogarev, Saransk

Methods and means of ensuring the safety of firefighter-rescuers are considered and ways of improvement are proposed in order to reduce the risk of death and personal injury during emergency rescue and other urgent operations.

Keywords: emergency, emergency rescue and other urgent work, robotic complex, personal protective equipment

По статистике в мире наблюдается рост чрезвычайных ситуаций (ЧС) и наибольшее количество из них представляют техногенные ЧС. За последние 50 лет в три раза увеличилось количество природных ЧС за счет интенсивного использования природных ресурсов человеком.

В настоящее время на территории России ежегодно происходит около 600 техногенных ЧС и до 350 природных ЧС, материальный ущерб от которых оценивается около 60 млрд руб. [1, 2]. Наибольшее количество из техногенных ЧС составляют пожары как бытовые, на промышленных объектах, транспорте, городской жилищно-коммунальной и энергетической инфраструктуре, так и лесные пожары. В России по статистике их происходит до 140 тыс., при этом погибает около 10 тыс. человек и получают травмы свыше 12 тыс. человек, материальный ущерб составляет до 11 млрд руб. [1, 3].

В большинстве случаев первыми на ликвидацию ЧС и спасение людей в очагах поражения прибывают, как правило, спасатели из подразделений Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России вследствие их оперативности. При проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) спасатели подвергаются повышенной вероятности риска гибели и травматизма, а при длительной работе в таких условиях – профессиональным заболеваниям [3, 4].

Анализ статистических данных [3] показал, что при относительном снижении количества гибели личного состава пожарно-спасательных частей (ПСЧ) в последние годы все еще наблюдается большое количество травмированных (табл. 1) и наибольшее их число – при проведении АСДНР.

Наиболее опасными условиями для жизни спасателей при проведении АСДНР являются работы в следующих очагах ЧС:

- в зонах радиоактивного загрязнения при авариях радиационно опасных объектов (РОО) и АЭС;
- в зонах химического заражения аварийно химически опасными веществами (АХОВ) при авариях химически опасных объектов (ХОО);
- в зонах пожаров большого количества легковоспламеняющихся жидкостей и взрывов;
- при действиях по тушению, поиску пострадавших и разборке завалов в очаге землетрясений;
- при действиях по тушению сложных, массовых и масштабных лесных пожаров;
- при действиях по тушению пожаров в зонах возможной разгерметизации резервуаров с газом;
- при действиях в сложных климатических условиях (температура ниже -20 °С и выше +30 °С и т.д.);
- в зонах затопления при прорыве плотин, дамб;
- при действиях в условиях разряженного воздуха на высоте свыше 3 000 м;
- при действиях в условиях биологического заражения, вызванного пандемией или применения террористами биологического оружия.

Таблица 1. Количество травм на 1 000 человек сотрудников ГПС МЧС России при следовании и работе на пожаре за 2010 и 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

Поэтому актуальным является совершенствование методов и технических средств обеспечения безопасности спасателей при проведении АСДНР [5], особенно в зонах химического, биологического и радиационного заражения, повышенной концентрации взрывоопасных газов, масштабных лесных пожаров.

Совершенствование методов и средств обеспечения безопасности спасателей при проведении АСДНР следует рассматривать при реализации комплекса технических и организационных мер:

- правильной организацией и безопасностью технологического процесса проведения АСДНР;
- организацией высокой профессиональной подготовки спасателей;
- разработкой и применением более безопасных технических средств, аварийно-спасательного оборудования и механизмов;
- разработкой и применением более совершенных видов средств индивидуальной защиты (СИЗ);
- исключением работы спасателя в зонах опасных поражающих факторов ЧС.

Основные направления совершенствования организации и безопасности технологического процесса проведения АСДНР:

1. Внедрение инновационных безопасных технологий, связанных с применением безвредных материалов с минимальным воздействием на производственную и окружающую среду.

2. Разработка и применение технологий, связанных с внедрением рациональных приемов и способов поиска и спасения людей, повышением безопасности работы спасателей при проведении АСДНР.

3. Рациональное размещение аварийно-спасательной техники и организация работы спасателей на рабочих местах с учетом удобства обслуживания и контроля за работой оборудования.

4. Правильное распределение функций между спасателем и аварийно-спасательным оборудованием и техникой, выбором оптимального безопасного режима труда и отдыха.

Это достигается путем применения таких технологий, которые обеспечивают сокращение пребывания спасателей в очагах ЧС: сокращение времени ввода в очаг поражения, проведения АСДНР в короткие сроки, осуществление непрерывного проведения спасательных работ, эффективным и умелым использованием специальной техники, применением огнетушащих средств, сорбентов, безопасных в обращении и воздействии на окружающую природную среду.

Работа спасателя при проведении АСДНР должна быть организована с учетом наибольшей автоматизации с применением специальной техники, снижения доли физической нагрузки, что позволит с учетом возможного воздействия поражающих факторов выбрать более продолжительный оптимальный режим смен.

Совершенствование организации высокой профессиональной подготовки спасателей способствует снижению риска гибели и травматизма спасателя путем:

- тщательного профессионального отбора и обучения личного состава ПСЧ, воспитанием чувства высокой ответственности и взаимовыручки при проведении АСДНР;
- закрепления навыков проведения работ с применением тренажеров и компьютерных обучающих систем;
- отработки приемов и способов ведения АСДНР на полигонах с применением закрепленной аварийно-спасательной техники, особенно на взрывопожароопасных объектах;
- участия в учениях по гражданской обороне;
- периодического профессионального обучения повышения квалификации на курсах в вузах ГПС МЧС России.

Следует отметить, что при поступлении новой аварийно-спасательной техники и оборудования в ПСЧ личный состав обязан пройти обучение на курсах по работе с ней и приобретению навыков безопасной работы.

С учетом дальнейшего применения и насыщения подразделений МЧС России беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), робототехническими комплексами требуется высокопрофессиональная подготовка специалистов по их обслуживанию и применению. На взгляд авторов, это следует осуществлять целенаправленно в вузах МЧС России по соответствующей специальности.

Совершенствование перспективных новых безопасных технических средств, аварийно-спасательного оборудования и механизмов должно осуществляться по следующим направлениям:

- разработка высокой надежности отдельных узлов и систем;
- повышение надежности работоспособности автомобилей в условиях повышенной опасности поражающих факторов ЧС;
- создание многофункционального модульного аварийно-спасательного оборудования с удобством простейшего безопасного его ремонта;
- совершенствование аварийно-спасательных технических средств с устройством автоматического контроля и сигнализации;
- разработка аварийно-спасательного оборудования с повышенной производительностью работы.

Известно, что возможна неработоспособность автомобилей в очагах повышенной концентрации АХОВ, в зонах разрежения воздуха с пониженным содержанием кислорода. Поэтому так важна разработка новой техники особенно в условиях высокогорного проведения АСДНР.

Внедрение аварийно-спасательных технических средств с устройством автоматического контроля и сигнализации позволит повысить безопасность спасателей ПСЧ путем подачи сигнала предупреждения о наличии опасного фактора ЧС в зоне работы и аварийного сигнала при отклонении параметров производственных процессов от допустимых значений.

Несмотря на принятые нормативно-технические документы МЧС России, предписывающие повысить техническую оснащенность новыми приборами подразделений МЧС России до 95 %, до сих пор в большинстве ПСЧ они отсутствуют или имеются в единичном количестве, что не решает кардинально проблему обеспечения высокой безопасности спасателей.

Важным элементом в комплексной защите пожарных-спасателей при проведении АСДНР в очагах повышенных температур воздуха, радиационного и химического заражения является использование СИЗ. От их технической исправности, защитных свойств от поражающих факторов, удобства и продолжительности работ в них зависит эффективность проведения аварийно-спасательных работ и сохранение жизни спасателей.

В настоящее время предельное пребывание спасателей в СИЗ в зонах задымления и очагах химического заражения при выполнении АСДНР весьма ограничено (табл. 2) [6, 7].

Таблица 2. Предельно допустимое время пребывания спасателей в СИЗ на пожаре в зонах задымления и очагах химического заражения при выполнении АСДНР*

Наименование СИЗ	Температура окружающей среды		
	- 40 °С до + 40 °С	> +40 °С до +100 °С	> +100 °С до 150 °С
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», характерная при выполнении ими АСДНР в очагах ЧС; ИДА – изолирующий дыхательный аппарат с химически связанным или сжатым кислородом

Кроме того, следует учитывать возможности по времени пребывания в СИЗ кожи спасателей при работе в зонах проведения АСДНР в зависимости от температуры окружающей среды [7], представленные в табл. 3.

Анализ состоящих на вооружении ПСЧ СИЗ (табл. 2, 3) показывает на невозможность их использования пожарными-спасателями для непрерывного продолжительного времени пребывания в них при проведении АСДНР.

Таблица 3. Предельно допустимое время пребывания спасателей в СИЗ кожи в зонах проведения 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

В связи с этим совершенствование СИЗ для пожарных-спасателей должно осуществляться по пути повышения характеристик устойчивости СИЗ к поражающим факторам и продолжительности пребывания в них в зонах ЧС:

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 продолжительности пребывания в них с учетом обеспечения теплового баланса.

б) для СИЗ пожарных-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 продолжительности пребывания в одежде с учетом обеспечения теплового баланса;
- разработка малогабаритных устройств на базе интегральных дозиметров с автоматической сигнализацией об опасности дальнейшего пребывания в зоне с включением их в экипировку 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 нанотехнологий, позволяющих обеспечивать защиту от паров и жидкой фазы АХОВ;
- повышение продолжительности пребывания в изолирующей защитной одежде с учетом обеспечения теплового баланса;
- разработка чипов (малогабаритных датчиков), определяющих токсодозу АХОВ и ОВ с автоматической сигнализацией об опасности дальнейшего пребывания в зоне с включением их в экипировку одежды.

В связи с этим целесообразна разработка таких СИЗ, которые могли бы обеспечивать надежную защиту от многокомпонентных поражающих факторов с длительным пребыванием в них пожарных-спасателей, способных не терять свои защитные свойства под воздействием неблагоприятных факторов окружающей среды (ионизирующих излучений, агрессивных веществ, высоких температур и др.).

При разработке новых перспективных СИЗ в экипировку пожарного-спасателя целесообразно включать:

- специальное электронное устройство для оперативного ориентирования на объекте;
- шлем-маску со встроенным освещением и экраном-информатором о времени безопасного нахождения в зоне, жизненно важных параметрах спасателя, в случае опасности высвечиванием плана выхода из опасной зоны;
- средства радиосвязи для связи с личным составом и руководителем тушения пожара;
- датчики, встроенные в экипировку, передающие информацию о повреждении тела спасателя, его работоспособного состояния;
- средства первой помощи для оказания помощи спасателю и пострадавшим;
- при действиях в зонах сильного задымления и химического заражения иметь дополнительно самоспасатель для оказания помощи пострадавшему.

В целях повышения работоспособности пожарных-спасателей и предотвращения гибели и травмирования их при выполнении работ в зонах повышенных концентраций АХОВ и ионизирующих излучений перспективно их проведение без средств защиты с применением новых разрабатываемых медикаментозных средств профилактики и антидотов, способствующих предотвращению поражения организма от этих поражающих факторов.

Для исключения работы пожарного-спасателя в зонах повышенных опасных поражающих факторов ЧС в настоящее время в МЧС России нашли широкое применение беспилотные летающие аппараты (БПЛА), различного вида роботизированная техника, дистанционно управляемая спасателями вне опасных зон поражающих факторов.

Так, для минимизации риска поражения спасателей при проведении АСДНР в зонах чрезвычайно опасных поражающих факторов (высоких мощностей доз излучений, токсических доз, теплового излучения, взрывоопасных концентраций газов, опасных обрушений) в последнее время были внедрены в подразделения МЧС России роботизированные системы [8]. В 2010 г. в составе МЧС России была создана аэромобильная оперативная робототехническая группировка, на вооружении которой находятся мобильные робототехнические комплексы МРК-РП, АБР-РОБОТ, робототехнические комплексы пожаротушения Ель-4, Ель-10, мобильные установки пожаротушения ЛУФ-60.

В настоящее время продолжается оснащение подразделений МЧС России робототехническими комплексами для проведения инженерных работ, роботов для пожаротушения, для проведения подводных работ. Примерами успешного применения роботов в ЧС могут служить ликвидация радиационной аварии с их помощью в г. Сарове (Арзамас-16) в 1997 г., при тушении масштабных лесных пожаров.

В 2016 г. была утверждена Концепция развития робототехнических систем специального назначения в системе МЧС России до 2030 г. Согласно концепции предусмотрена разработка новых роботов: пожарных, систем радиационной, химической и биологической защиты, для проведения подводных работ.

Однако, несмотря на достоинства применения робототехнических комплексов, таких как автономность, динамичность, способность работы в труднодоступных очагах ЧС, устойчивость работы в условиях чрезвычайно высоких параметров поражающих факторов ЧС, им присущи такие недостатки, как малая эргономичность, сложность конструкций, требование высокой квалификации обслуживающего персонала, возможности воздействия радиопомех, хакерские атаки.

Анализ тактико-технических характеристик принятых на вооружение в МЧС России робототехнических комплексов показывает на необходимость совершенствования этих систем по следующим направлениям:

- повышение помехоустойчивости систем, эргономичности;
- разработка программного обеспечения, позволяющего принимать самостоятельное решение по ликвидации аварии, способность к самообучению;
- разработка робототехнических комплексов с повышенными тактико-техническими характеристиками: способность преодолевать более глубокие водные преграды, снежные покровы (МРК-РП способен преодолевать преграды только до 0,1 м), повышение продолжительности непрерывной работы в автономном режиме, повышение мобильности, производительности в проведении работ;
- создание систем более упрощенных в обслуживании и ремонте.

В перспективе целесообразно создание робототехнических комплексов, способных осуществлять автономно ремонт путем включения дублирующих узлов и самостоятельного их выхода при критических условиях, влекущих их выход из строя или разрушения.

Проблемным остается обеспечение безопасности пожарных-спасателей при тушении масштабных лесных пожаров в случаях, когда они могут оказаться окруженными огнем в критическом состоянии. В этих случаях требуется их срочная эвакуация из зон пожара. При невозможности посадки или зависания в этих зонах вертолетов целесообразно разрабатывать мобильные эвакуационные средства на основе БПЛА, способного на поднятие и вывоз человека.

Таким образом, предлагаемое комплексное совершенствование методов и средств обеспечения безопасности и насыщение ими подразделений ПСЧ позволит существенно снизить риски гибели и травмирования при проведении АСДНР в чрезвычайно опасных очагах ЧС.

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. Статистические данные по пожарам и загораниям в РФ в 2017 г. // Электронная энциклопедия пожарного дела. URL: wiki-fire.org (дата обращения: 02.09.2020).
4. Beyond the fireground: injuries in the fire service / G.S. Poplin et al. // Injury Prevention. 2012. Т. 18. №. 4. С. 228–233.
5. 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 справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Поплавский Д.В., Охломенко В.Ю. Боевая одежда и снаряжение пожарного: метод. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2004.
7. Батырев В.В., Живулин Г.А. Основы индивидуальной защиты человека от опасных химических и радиоактивных веществ. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016.
8. Программа создания и внедрения робототехнических средств для решения задач МЧС России: приказ МЧС России от 16 июля 1997 г. № 343. URL: mchs.gov.ru (дата обращения: 06.09.2020).

УДК 614.8, 656.02

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Н.П. Воропаев, кандидат военных наук;

М.Д. Маслаков, доктор технических наук, профессор;

Ю.А. Белоуско.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрено одно из основных направлений обеспечения безопасности при перевозке аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом, которое заключается в разработке и согласовании маршрута. Отражена взаимосвязь между разработкой маршрута и индивидуальным риском чрезвычайной ситуации. Выявлено противоречие, которое обусловило необходимость разработки научно-методического аппарата обоснования безопасных маршрутов при перевозке аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом.

Ключевые слова: аварийно химически опасное вещество, автомобильный транспорт, груз повышенной опасности, индивидуальный риск чрезвычайной ситуации, маршрут, оценка риска чрезвычайной ситуации, опасный груз, перевозка, снижение риска чрезвычайной ситуации, специальное разрешение

PROBLEM ISSUES OF SAFETY IN TRANSPORTATION OF EMERGENCY CHEMICALLY HAZARDOUS SUBSTANCES BY ROAD TRANSPORT

N.P. Voropaev; M.D. Maslakov; Yu.A. Belousko.

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

One of the main directions of ensuring safety during the transportation of hazardous chemicals by road is considered, which consists in the development and coordination of the route. The relationship between route development and individual emergency risk is reflected. A contradiction was revealed, which necessitated the development of a scientific and methodological apparatus for substantiating safe routes for the transportation of chemically hazardous hazardous substances by road.

Keywords: chemically hazardous substance, road transport, high-risk cargo, individual emergency risk, route, emergency risk assessment, dangerous cargo, transportation, emergency risk reduction, special permit

В настоящее время на территории Российской Федерации функционирует более 3 тыс. предприятий химического комплекса, эксплуатирующих опасные производственные объекты [1, 2]. Как известно, среди них особую опасность представляют предприятия, на которых используются, хранятся и образуются в результате производственного процесса аварийно химически опасные вещества (АХОВ) [3].

Аварийные ситуации при производстве, хранении, использовании и транспортировке АХОВ ежегодно возникают не только в России [2], но и за рубежом. При этом особое внимание уделяется обеспечению безопасности при перевозке АХОВ. Безусловно, лидирующие позиции в области перевозок АХОВ наряду с другими видами транспорта занимают автомобильный и железнодорожный транспорт. Так, в работе [4] авторами сделан вывод, что наиболее опасным из них является автомобильный транспорт. Прежде всего,

данное утверждение обусловлено тем, что маршруты перевозок АХОВ таким видом транспорта естественным образом сконцентрированы в наиболее населенных территориях.

Согласно оперативным сведениям, предоставленным Национальным центром управления в кризисных ситуациях МЧС России, на территории Российской Федерации с 1 января 2013 г. по 31 августа 2018 г. при перевозке опасных грузов произошло 116 дорожно-транспортных происшествий, в том числе 7 аварий с выбросом (угрозой выброса) АХОВ [5]. Разумеется, количество дорожно-транспортных происшествий, сопровождающихся выбросом (угрозой выброса) АХОВ, кажется незначительным. Такие происшествия характеризуются высокой степенью потенциальной опасности возникновения серьезных чрезвычайных ситуаций (ЧС), создающих главным образом угрозу массового поражения людей.

Проблема обеспечения безопасности при перевозке опасных грузов, к которым относятся и АХОВ, носит глобальный характер и решается на международном уровне. Это обуславливает необходимость четкой законодательной базы по вопросу перевозки опасных грузов.

Ранее основным нормативным правовым актом, которым были утверждены Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом (ППОГАТ), являлся приказ Минтранса России от 8 августа 1995 г. № 73 [6]. Однако на основании приказа Минтранса России от 5 сентября 2016 г. № 262 [7] эти правила были упразднены, и основой законодательной базы стало Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR) [8], к которому Российская Федерация присоединилась еще в 1994 г. [9]. Это было сделано для того, чтобы, с одной стороны, сократить избыточность нормативных правовых актов, и, с другой стороны, повысить качество перевозок опасных грузов. Ведь ДОПОГ, в отличие от ППОГАТ, систематически обновляется и корректируется, а существование единого регулирующего документа не допускает возникновения противоречий. К тому же в городском, пригородном и междугородном сообщении перевозка опасных грузов автомобильным транспортом осуществляется не только в соответствии с требованиями, установленными приложениями А и В ДОПОГ, но и в соответствии с Правилами, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2011 г. № 272 [10].

Важно отметить, что термин «опасные грузы» означает вещества и предметы, которые не допускаются к международной дорожной перевозке согласно положениям приложений А и В ДОПОГ или допускаются к ней только с соблюдением определенных условий. Таким образом, перечень опасных грузов приведен непосредственно в ДОПОГ. При этом подавляющая доля АХОВ относится ко второму и третьему классу опасных грузов.

Одним из основных направлений с точки зрения обеспечения безопасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом является разработка и согласование маршрута. Перевозка АХОВ немыслима без разработки маршрута, по которому будет выполняться их транспортировка.

Прежде всего, при разработке маршрута необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

Во-первых, вблизи маршрута транспортировки АХОВ не должны находиться критически важные и потенциально опасные объекты.

Во-вторых, маршрут транспортировки АХОВ не должен проходить через крупные населенные пункты. В случае необходимости перевозки АХОВ внутри крупных населенных пунктов маршрут не должен проходить вблизи мест массового пребывания людей.

В-третьих, маршрут транспортировки АХОВ не должен проходить через зоны отдыха, архитектурные, природные заповедники и другие, особо охраняемые, территории.

И, наконец, на маршруте транспортировки АХОВ должны быть предусмотрены места стоянок транспортных средств и заправок топливом.

Безусловно, приоритетной целью в ходе разработки маршрута является уменьшение вероятности возникновения ЧС, сопровождающейся выбросом (разливом) АХОВ, и (или) ее последствий. Достижение указанной цели обуславливает снижение риска соответствующей ЧС.

Одним из количественных показателей, посредством которого рекомендуется оценивать риск ЧС, является индивидуальный риск ЧС [11].

В соответствии с ГОСТ Р 22.2.02–2015 [12] количественное значение индивидуального риска ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом на территории вблизи маршрута транспортировки предлагается определять по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n P^{ЧС} \cdot P_i^{nop.} \cdot P_i^{преб.}, \quad (1)$$

где $P^{ЧС}$ – вероятность возникновения ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом; $P_i^{nop.}$ – условная вероятность поражения отдельного человека при пребывании в i -ом месте на территории вблизи маршрута транспортировки АХОВ; $P_i^{преб.}$ – вероятность пребывания отдельного человека в i -ом месте на территории вблизи маршрута транспортировки АХОВ; i – порядковый номер места пребывания отдельного человека на территории вблизи маршрута транспортировки АХОВ, $i = 1, \dots, n$.

Из формулы (1) видно, что количественное значение индивидуального риска ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом определяется значениями трех вероятностей.

Вероятность возникновения ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом определяется по статистическим данным и (или) на основе методик, изложенных в нормативных документах. Кроме того, вероятность возникновения такой ЧС может быть определена с использованием метода экспертных оценок.

Вероятность $P_i^{преб.}$ определяется, исходя из доли времени пребывания отдельного человека в i -ом месте (открыто на местности, в жилых, общественных и производственных зданиях и т.п.) на территории вблизи маршрута транспортировки АХОВ.

Расчет условной вероятности поражения $P_i^{nop.}$ представляет существенные трудности, связанные с токсическим воздействием на отдельного человека различных по физико-химическим свойствам АХОВ и его физиологической восприимчивостью. Также не одинаково времени экспозиции, которое зависит от места пребывания отдельного человека.

В связи с этим условная вероятность поражения отдельного человека при пребывании в i -ом месте на территории вблизи маршрута транспортировки будет определяться зоной возможного химического заражения, обусловленного воздействием первичного и вторичного облака АХОВ:

$$P_i^{nop.} = \frac{S_{ВХЗ}}{S_T}, \quad (2)$$

где $S_{ВХЗ}$ – площадь зоны возможного химического заражения АХОВ, км²; S_T – площадь территории вблизи маршрута транспортировки АХОВ, на которой в зависимости от места пребывания возможно токсическое воздействие на отдельного человека, км².

Таким образом, при расчете количественного значения индивидуального риска ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом одним из важных аспектов является определение достоверных значений глубины и площади зоны возможного химического заражения. Более того, необходимо подчеркнуть, что формула (1) вполне применима и для селитебной территории вблизи маршрута транспортировки АХОВ.

В дальнейшем полученное количественное значение индивидуального риска ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом сопоставляется с допустимым риском ЧС для рассматриваемой территории с целью принятия решения по снижению и (или) контролю уровня риска.

К примеру, в работе [13] на основе оценки риска ЧС предложены мероприятия по обеспечению безопасной перевозки АХОВ автомобильным транспортом и достижению приемлемого уровня риска. При этом выводы авторов свидетельствуют о том, что одним

из основных мероприятий по снижению риска ЧС является определение безопасных для основной массы населения маршрутов транспортировки АХОВ посредством выбора объездных путей отдельных участков с неприемлемым уровнем риска.

В статье [13] представлен график снижения количественных значений индивидуального риска ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом за счет использования объездных путей отдельных участков маршрута (рис.).



Рис. График снижения количественных значений индивидуального риска ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом за счет изменения маршрута

На рисунке видно, что в результате изменения маршрута неприемлемый уровень риска наблюдается только на трех участках. При этом протяженность маршрута транспортировки АХОВ увеличивается всего лишь на 30 км. В свою очередь, важно отметить, что выбор объездных путей отдельных участков маршрута с неприемлемым уровнем риска осуществлялся посредством полного перебора всех возможных вариантов без использования соответствующего научно-методического аппарата.

Безусловно, представленные в работе [13] результаты подтверждают необходимость разработки безопасных маршрутов при перевозке АХОВ автомобильным транспортом.

Вместе с тем важность разработки безопасных маршрутов при перевозке АХОВ автомобильным транспортом обусловлена требованиями ст. 31 Федерального закона от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ [14] по обязательному их согласованию при выдаче специальных разрешений.

Получение специального разрешения требуется только при перевозке опасных грузов, относящихся согласно ДОПОГ к грузам повышенной опасности. Такими грузами являются грузы, которые могут быть использованы не по назначению, а в террористических целях и, следовательно, привести к серьезным последствиям. Перечень грузов повышенной опасности приведен в подпункте 1.10.3.1 Приложения А к ДОПОГ. Именно, в соответствии с указанным перечнем значительная доля АХОВ относится к грузам повышенной опасности.

Порядок выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозку опасных грузов, включая порядок согласования маршрута, утвержден приказом Минтранса России от 4 июля 2011 г. № 179 [15]. Так, за девять месяцев 2020 г. территориальными органами государственного автомобильного и дорожного надзора выдано более 36 тыс. специальных разрешений на перевозку опасных грузов, в том числе 4,5 тыс. специальных разрешений – на осуществление международных автомобильных перевозок опасных грузов и свыше 31 тыс. специальных разрешений на осуществление автомобильных перевозок опасных грузов по России [16].

Важно отметить, что процедура согласования маршрута при перевозке АХОВ автомобильным транспортом также обуславливает снижение риска ЧС. При этом существенным недостатком является тот факт, что согласование такого маршрута не проводится с соответствующими территориальными органами МЧС России. Ведь МЧС России осуществляет управление, координацию, контроль и реагирование в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера.

Несмотря на незначительное количество дорожно-транспортных происшествий, сопровождающихся выбросом (угрозой выброса) АХОВ, остается довольно высокая вероятность возникновения ЧС при перевозке АХОВ. Более того, АХОВ могут быть использованы не по назначению, а в террористических целях, что обуславливает появление новых угроз при перевозке таких веществ автомобильным транспортом.

Таким образом, в настоящее время сложилось следующее противоречие:

– с одной стороны, необходимо минимизировать индивидуальный риск ЧС при перевозке АХОВ автомобильным транспортом, что может быть реализовано за счет обоснования безопасных маршрутов транспортировки;

– с другой стороны, существует объективная необходимость использования научно-методического аппарата для решения задачи обоснования безопасных маршрутов при перевозке АХОВ автомобильным транспортом.

Для разрешения выявленного противоречия должна быть решена научная задача, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата обоснования безопасных маршрутов при перевозке АХОВ автомобильным транспортом.

Литература

1. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. 410 с.

2. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году: гос. доклад. М.: МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. 323 с.

3. ГОСТ Р 55201–2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 нояб. 2012 г. № 1193-ст) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.09.2020).

4. Статистика автомобильных перевозок опасных грузов и происшествий / В.В. Сеницын [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2018. № 4 (80). С. 24–35.

5. Совершенствование методики прогнозирования масштабов возможного химического заражения жидкими аварийно химически опасными веществами при авариях / Н.П. Воропаев [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 7. С. 32–39.

6. Об утверждении Правил перевозки опасных грузов автомобильным транспортом: приказ Минтранса России от 8 авг. 1995 г. № 73. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

7. О внесении изменений в Правила обеспечения безопасности перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, утвержденные приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 15 янв. 2014 г. № 7, и признании утратившими силу некоторых нормативных правовых актов Министерства транспорта Российской Федерации: приказ Минтранса России от 5 сент. 2016 г. № 262 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.09.2020).

8. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR) (Женева, 30 сентября 1957 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

9. О присоединении Российской Федерации к Европейскому соглашению о международной дорожной перевозке опасных грузов: постановление Правительства Рос. Федерации от 3 февр. 1994 г. № 76. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом: постановление Правительства Рос. Федерации от 15 апр. 2011 г. № 272. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

11. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 55059–2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 нояб. 2012 г. № 724-ст) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.09.2020).

12. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 22.2.02–2015. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайной ситуации при разработке проектной документации объектов капитального строительства (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 окт. 2015 г. № 1516-ст) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.09.2020).

13. Савчук О.Н., Аксенов А.А. Пути совершенствования мероприятий по обеспечению безопасной транспортировки аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом в Республике Мордовия на основе оценки риска химической опасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 3 (51). С. 75–83.

14. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон от 8 нояб. 2007 г. № 257-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

15. Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозку опасных грузов: приказ Минтранса России от 4 июля 2011 г. № 179. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

16. Федеральная служба по надзору в сфере транспорта (Ространснадзор). URL: <https://rostransnadzor.gov.ru/> (дата обращения: 07.10.2020).

УДК 614.8.01

ТРЕБОВАНИЯ К ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ ОПЕРАТИВНОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В РАМКАХ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

О.С. Воронов.

Главное управление МЧС России по Липецкой области.

**А.В. Фомин, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Раскрыта актуальность требований к единой системе оперативного информирования населения о чрезвычайных ситуациях и пожарах в особых условиях. Приведены основные

научные результаты исследований по обоснованию требований к системам, обеспечивающим оперативное информирование о чрезвычайных ситуациях и пожарах в целях защиты населения в особых условиях.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, пожары, единая система оперативного информирования населения о чрезвычайных ситуациях, теорема гипотез, математическая модель

REQUIREMENTS FOR A UNIFIED SYSTEM OF RAPID PUBLIC INFORMATION IN THE FRAMEWORK OF ANTI-CRISIS MANAGEMENT TAKING INTO ACCOUNT THE SPECIFICS OF PERFORMING TASKS IN SPECIAL CONDITIONS

O.S. Voronov. Main Directorate of EMERCOM of Russia for the Lipetsk region.

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

The relevance of the requirements for a unified system of operational information of the population about emergencies in special conditions is revealed. The main scientific results of research on the justification of requirements for systems that provide prompt information about emergencies in order to protect the population in special conditions are presented.

Keyword: emergency situations, fires, unified system of operational information of the population about emergency situations, hypothesis theorem, mathematical model

Чрезвычайные ситуации (ЧС) и пожары масштабного характера, а также ЧС, осложненные различными негативными условиями обстановки, к числу которых можно отнести вооруженные конфликты, в том числе на приграничных территориях, масштабные пожары, массовые разрушения, глобальные нарушения работы объектов жизнеобеспечения и подобные факторы, можно отнести к ЧС в особых условиях. Эти особые условия сами в значительной степени могут стать причиной большого диапазона различных ЧС, пожаров и негативных значимых событий техногенного, природного, биолого-социального характера [1].

Воздействия, определяемые этими особыми условиями, имеют более сложный отягчающий характер, чем воздействия в обычных условиях, так как на население накладываются дополнительные негативные факторы, которые в разы могут усиливать эти воздействия.

В районе ЧС и пожаров с особыми условиями информированность населения об угрозах и порядке действий в условиях этих угроз позволяет значительно сократить количество пострадавшего населения. Более полная информированность об обстановке должностных лиц, принимающих решения по защите населения, а также структур и подразделений, осуществляющих действия, направленные на защиту населения, позволяет обеспечить снижение количества пострадавшего населения и в том числе его безвозвратных потерь. По некоторым оценкам в области оповещения и информирования населения в ЧС, среди своевременно проинформированного об угрозе населения потери могут быть до 70 % меньше, чем среди своевременно не оповещенного и не информированного населения [2, 3].

В особых условиях спасти здоровье и жизнь десятков тысяч людей может оперативное оповещение, предупреждение и информирование населения о ЧС и пожаре с выдачей рекомендаций о принятии необходимых мер защиты и действиях в сложившейся обстановке. В связи с развитием средств коммуникаций для особых условий необходимы обновленные формы и способы оповещения и информирования населения при одновременном росте процентного охвата людей, находящихся в кризисной зоне [4, 5].

Исходя из вышесказанного, одним из приоритетных направлений повышения эффективности защиты населения при ЧС в особых условиях является своевременное, оперативное и достоверное информирование и оповещение населения и должностных лиц,

обеспечивающих защиту населения, об обстановке, ЧС и пожарах, а также необходимых действиях при воздействии негативных факторов, сопутствующих этим условиям [6].

Исследования, проведенные в области оперативного информирования населения и должностных лиц, принимающих решения, направленные на защиту населения, при угрозе и возникновении ЧС и пожарах в особых условиях, позволили получить три основных научных результата. К их числу относятся:

1. Методика обоснования требований к единой системе оперативного информирования населения (ЕСОИН) с учетом решения задач в условиях локального вооруженного конфликта (ВК).

2. Алгоритмы и методы формализации процессов сбора и обработки данных и доведения информации в математической модели информационных процессов ЕСОИН в особых условиях локального ВК.

3. Требования к ЕСОИН в рамках антикризисного управления с учетом специфики выполнения задач в условиях локального ВК.

При формализации и моделировании процесса получения информации в ЕСОИН рассматривались разные источники информации. Рассматривалось получение информации источником передачи сообщения и получение сообщения ЕСОИН.

Методика обоснования требований к ЕСОИН, а так же алгоритмы и методы формализации процессов в данной системе, рассмотренные авторами в предыдущих статьях [7], позволили обосновать и разработать общую структуру ЕСОИН для условий ЧС, пожаров в особых условиях и ВК, режимы ее функционирования, а также при помощи математических зависимостей последовательно описать процессы системы в заданных условиях. При этом рассматривалось влияние сбоев, отказов, перебоев при сборе и получении информации ЕСОИН. Работа оператора была представлена как показатель надежности системы и оценивалась в соответствии с методами теории надежности [8, 9].

В качестве третьего научного результата были разработаны требования к ЕСОИН в рамках антикризисного управления, с учетом специфики выполнения задач в условиях локального ВК.

При исследованиях, направленных на обоснование требований к ЕСОИН, были получены: результаты по обоснованию основных типов функциональных задач, решаемых ЕСОИН, и порядка ее функционирования; методика построения и подбора единого комплекса средств автоматизации ЕСОИН с учетом условий локального ВК; результаты научных исследований по обоснованию и выбору режимов функционирования ЕСОИН в зависимости от характера выполняемых задач при ликвидации ЧС, пожаров в особых условиях; результаты исследований с использованием математической модели основных процессов, происходящих при функционировании ЕСОИН в условиях локального ВК.

По этим полученным результатам обоснован ряд основных функциональных требований к ЕСОИН при ликвидации ЧС, пожаров в условиях локального ВК.

Основным назначением ЕСОИН является автоматизация процессов управления информированием населения и руководящего состава Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) о ЧС, пожарах и обстановке в условиях ВК.

Требования к структуре ЕСОИН предусматривают, что система должна состоять из двух компонентов (рис. 1), которые, в свою очередь, состоят из ряда функциональных подсистем.

Также были разработаны: требования к функционированию ЕСОИН со схемой работы; требования к способам и средствам связи при получении и передаче информации в ЕСОИН; требования к взаимосвязи со смежными системами и участниками взаимодействия; требования к режимам функционирования ЕСОИН; требования к численности и квалификации персонала ЕСОИН и режиму его работы; требования к надежности; требования к защите информации от несанкционированного доступа; требования по сохранности информации при авариях.

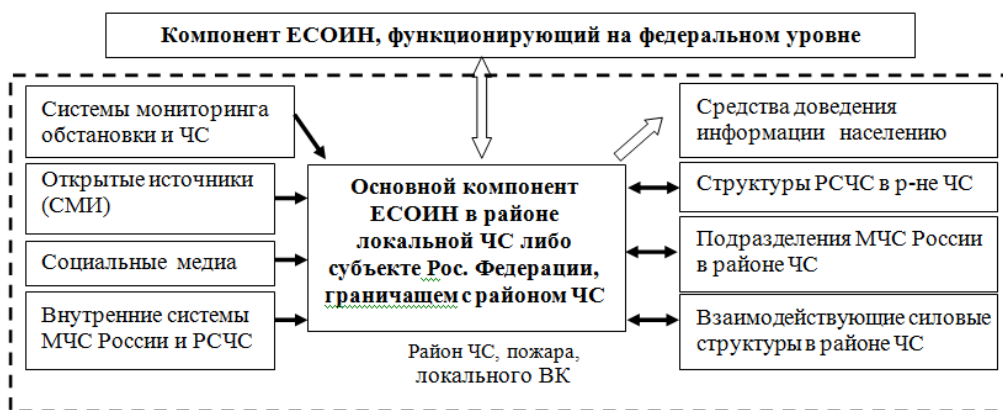


Рис. 1. Общая структура ЕСОИН при ЧС, пожарах в особых условиях

Общая функциональная схема с основными типами функциональных задач, решаемых ЕСОИН при ЧС, пожарах в особых условиях, приведена на рис. 2.

В результате проведения исследований определены рациональные сочетания использования различных источников информации ЕСОИН при разных типовых ЧС, пожарах для разных режимов функционирования системы.

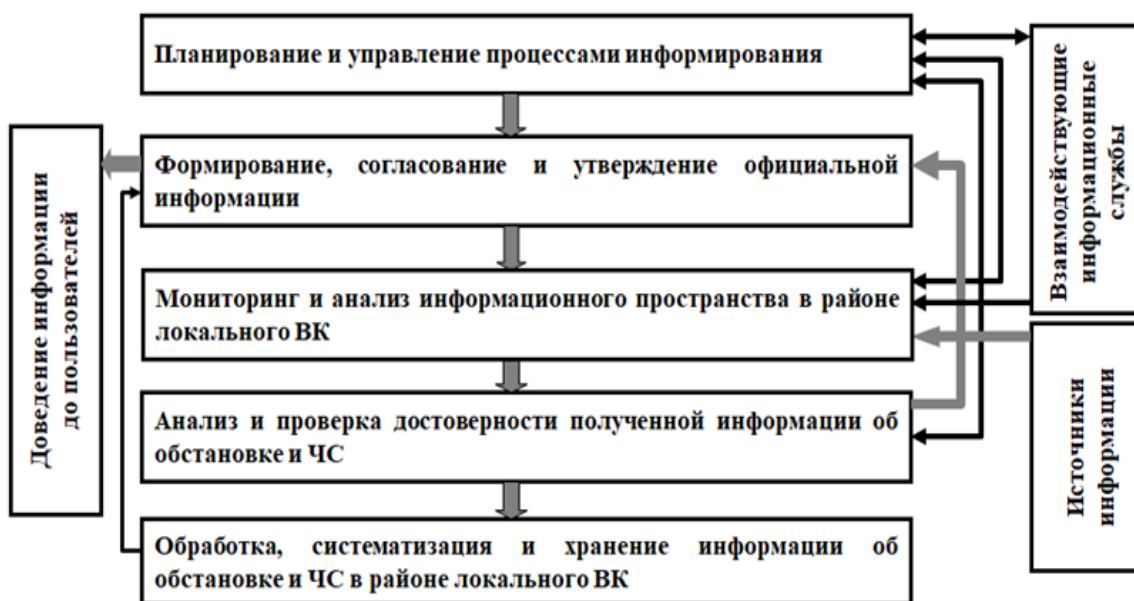


Рис. 2. Функциональная схема ЕСОИН в районе ЧС, пожара, локального ВК

ЕСОИН при ЧС (пожарах) для особых условий создается как единый комплекс средств автоматизации процессов сбора, обработки, хранения и предоставления информации целевым потребителям об обстановке и ЧС в районе локального ВК при функционировании подразделения МЧС России, отвечающего за оперативное информирование населения в составе территориального органа МЧС России в районе конфликта. Моделирование процесса определения и оценки достоверности информации основывалась на использовании теоремы гипотез (формула Бейеса) [10].

Используя расчетно-аналитические методы при исследовании процессов сбора и обработки информации в ЕСОИН, рассматривались 11 типовых ЧС и значимых событий в разных режимах функционирования системы при разных сочетаниях использования источников информации, диапазонов значений параметров источников, способов повышения устойчивости функционирования и методов по обработке сообщений. Проводился расчет

разных комбинаций сообщений (1 комб.«+++», 2 комб.«+-», 3 комб. «+--»), когда сообщения источников могут быть одинаковыми и когда разноречивыми в разных сочетаниях. Расчет апостериорной вероятности состояния обстановки в этих ЧС проводился по 16 вариантам. В рамках этих вариантов выполнялись расчеты по приведенным комбинациям и установленным обоснованным диапазонам параметров. Примеры результатов расчетных исследований приведены в табл. 1, 2. Приведен вариант «Уточнение обстановки по ЧС, пожару с выбросом АХОВ».

Таблица 1. Расчет апостериорной вероятности значимого события для двух источников и двух комбинаций. Прогноз невысокой достоверности $P_0(X_e)=0,7$; $P_0(X_n)=0,3$. По комбинациям определяется $P_k(X_e/S)$

Наименование		Показатели					Средние показатели
1 источ.: Система мониторинга	$1P(C_e/X_e)=$	0,95	0,9	0,9	0,95		
	$1P(C_n/X_e)=$	0,05	0,1	0,1	0,05		
2 источ.: Социальные медиа	$2P(C_e/X_e)=$	0,7	0,7	0,6	0,6		
	$2P(C_n/X_e)=$	0,3	0,3	0,4	0,4		
1 комбинация ++	$P_k(X_e/S) =$	0,990	0,980	0,969	0,985	0,981	
2 комбинация +-	$P_k(X_e/S) =$	0,950	0,900	0,933	0,967	0,938	

Таблица 2. Расчет апостериорной вероятности значимого события для трех источников и трех комбинаций. $P_0(X_e)=0,7$; $P_0(X_n)=0,3$. По комбинациям определяется $P_k(X_e/S)$

Наименование		Показатели								Средние показатели
1 ист.: Сист. монитор.	$1P(C_e/X_e) =$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	
	$1P(C_n/X_e) =$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	
2 ист.: Соц. медиа	$2P(C_e/X_e) =$	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	
	$2P(C_n/X_e) =$	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	
3 ист.: СМИ	$3P(C_e/X_e) =$	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	
	$3P(C_n/X_e) =$	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	
1 комб.+++	$P_k(X_e/S) =$	0,996	0,994	0,994	0,990	0,991	0,987	0,987	0,979	0,990
2 комб.++-	$P_k(X_e/S) =$	0,978	0,986	0,996	0,978	0,955	0,970	0,931	0,955	0,969
3 комб.+--	$P_k(X_e/S) =$	0,891	0,927	0,927	0,952	0,794	0,857	0,857	0,903	0,889

Анализ результатов расчетов по этому варианту позволил сделать частный вывод, что в рассматриваемой ЧС (пожаре), когда в качестве источника информации используется система мониторинга, целесообразно при определении состояния обстановки опираться на данные прогноза и данные двух наиболее достоверных источников: данные системы мониторинга и, например, данные из социальных медиа с учетом их обработки с использованием технологий обработки пространственных данных. При этом вероятность правильной оценки обстановки даже при прогнозе невысокой достоверности и наличии противоречивых данных из двух источников по усредненным параметрам будет не ниже 0,9.

Один из результатов по обоснованию использования в ЕСОИН современных технологий по обработке пространственных данных приведен в табл. 3.

Таблица 3. Результаты по варианту «Уточнение обстановки по ЧС социально-биологического характера. Эпидемия в результате сложной обстановки и большого количества беженцев». Для двух источников и двух комбинаций. $P_0(X_e)=0,6$; $P_0(X_n)=0,4$. По комбинациям определяется $P_k(X_e/S)$

Наименование		Показатели						
1 источ.: АИУС ВСМК	$1P(Ce/X_e)=$	0,8	0,8	0,7	0,7	Средние показатели		
	$1P(Cn/X_e)=$	0,2	0,2	0,3	0,3			
2 источ.: Соц. медиа	$2P(Ce/X_e)=$	0,7	0,6	0,7	0,6			
	$2P(Cn/X_e)=$	0,3	0,4	0,4	0,4			
1 комбинация ++		$P_k(X_e/S) =$	0,933	0,900	0,891		0,840	0,891
2 комбинация +-		$P_k(X_e/S) =$	0,720	0,800	0,600		0,700	0,705

Примечание: АИУС ВСМК – автоматизированная информационно-управляющая система Всероссийской службы медицины катастроф

Анализ результатов по данному варианту позволил сделать ряд частных выводов. Один из выводов позволяет установить, что использование технологий по обработке пространственных данных в данном варианте обеспечивает прирост эффективности ЕСОИН на 26 % к начальному показателю, не предусматривающему ее использование. Одним из основных результатов явилось то, что используемые технологии должны обеспечивать достоверность сообщений на уровне не ниже 0,7. Тогда их применение будет высокоперспективным и целесообразным.

Отдельные результаты исследований по использованию ЕСОИН средств информирования отражены в табл. 4, 5.

Таблица 4. Результаты расчета показателя охвата населения $P_{охв.нас.}$ средствами информирования, используемыми ЕСОИН для нормального режима

№	P_{TV}	P_{In}	P_{CC}	P_P	$P_{охв.нас.}$
1	0,7	0,7	0,8	0,3	0,99
2	0,6	0,6	0,7	0,2	0,96
3	0,5	0,5	0,6	0,1	0,91
4	0,4	0,4	0,5	0,05	0,82
5	0,3	0,3	0,4	0,01	0,70
6	0,2	0,2	0,3	0,01	0,55

Вывод по результатам в табл. 4 в условиях ЧС, пожаров и ВК: степень охвата населения средствами информирования ЕСОИН с учетом реалий должна быть не ниже 75–80 %, соответственно, используемые средства должны обеспечивать показатель $P_{охв.нас.}$ не ниже 0,75.

Таблица 5. Результаты расчета $P_{охв.нас.}$ для режима высокой сложности

№	P_{TV}	P_{In}	P_{CC}	P_P	P_{II}	P_M	$P_{охв.нас.}$
1	0,24	0,21	0,21	0,09	0,5	0,2	0,83
2	0,21	0,18	0,18	0,06	0,4	0,2	0,76
3	0,18	0,15	0,15	0,03	0,3	0,1	0,64
4	0,15	0,12	0,12	0,01	0,2	0,1	0,53
5	0,12	0,09	0,09	0,01	0,1	0,05	0,38
6	0,09	0,06	0,06	0,01	0,05	0,01	0,25

Вывод по результатам в табл. 5: в режиме высокой сложности ЕСОИН должна использовать печатные средства, печатную продукцию, которые позволяли бы охватывать

до 40 % населения, также мобильные средства информирования для мест размещения пострадавшего населения, которые позволяли бы охватывать до 20 % населения.

Проведенные исследования позволили обосновать и уточнить ряд функциональных требований к ЕСОИН при ЧС, пожарах для особых условий. В целом требования содержат назначение, цели и задачи, решаемые ЕСОИН при ЧС, пожарах в особых условиях ВК (к структуре ЕСОИН; к функционированию ЕСОИН; к способам и средствам связи при получении и передаче информации в ЕСОИН; к взаимосвязи со смежными системами и участниками взаимодействия; к режимам функционирования; к численности и квалификации персонала ЕСОИН и режиму его работы; к надежности; к защите и сохранности информации).

Требования к структуре содержат общую схему ЕСОИН при ЧС, пожарах в условиях локального ВК. Она дана на рис. 3. В разработанных требованиях отражено описание функциональной сути каждой подсистемы.

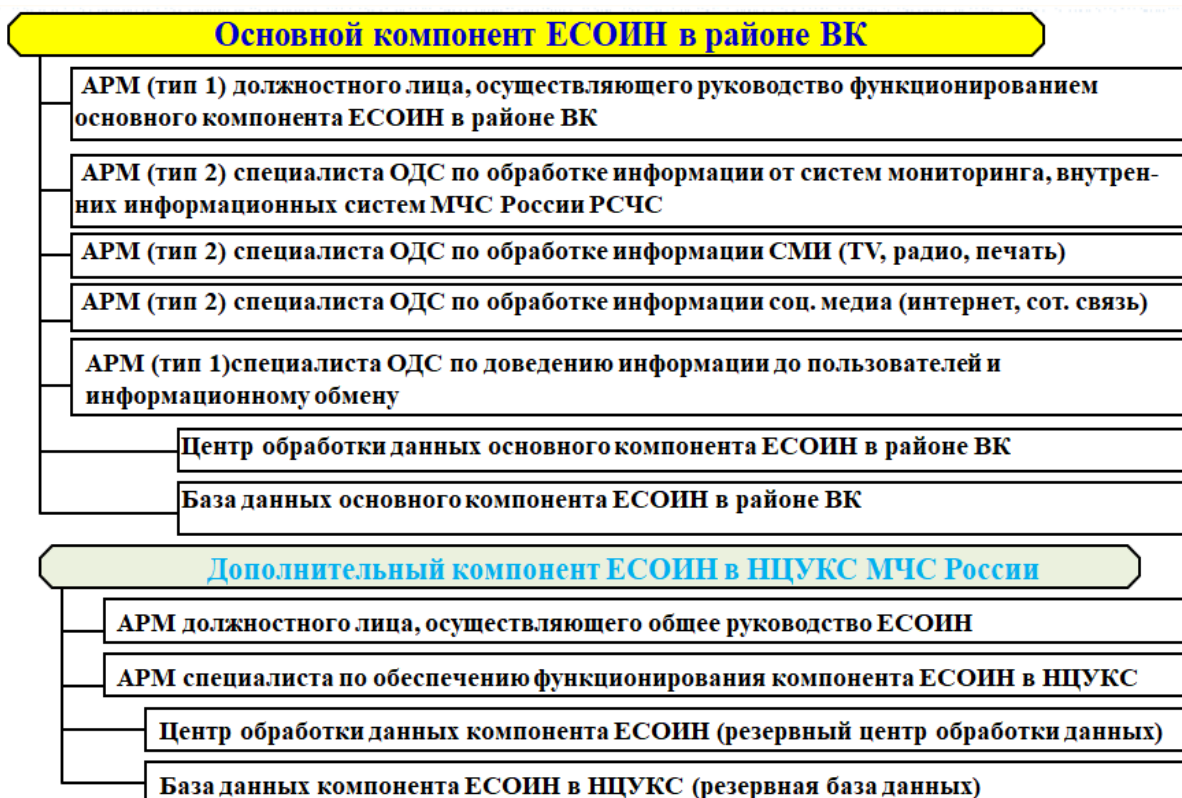


Рис. 3. Функциональная схема ЕСОИН при ЧС (пожарах) в районе локального ВК:
 НЦУКС – Национальный центр управления в кризисных ситуациях;
 ОДС – объединенные диспетчерские службы;
 АРМ – автоматизированное рабочее место

ЕСОИН при ЧС (пожарах) создается как информационно-управляющая система, развертываемая для функционирования в условиях локального ВК. Центральный узел ЕСОИН расположен в районе локального ВК (1 узел с резервированием) в ЦУКС субъекта Российской Федерации в районе локального ВК или во временном создаваемом территориальном органе МЧС России, создаваемом в районе локального ВК. Дополнительный узел в виде компонента ЕСОИН с функциями общего управления и интегрирования в систему антикризисного управления в ЧС располагается в НЦУКС МЧС России.

По результатам проведенных исследований разработаны и даны практические предложения по применению требований. Разработаны предложения по составу ЕСОИН, техническим решениям и построению системы в единый комплекс.

В обычных условиях элементы ЕСОИН находятся в свернутом состоянии. Отдельные базовые элементы системы могут применяться и функционировать в общей системе

информирования населения. С возникновением угрозы масштабных ВК система разворачивается в полном объеме.

В дальнейшем основные положения результатов данных научных исследований позволяют обосновать основные функциональные требования к ЕСОИН при ЧС (пожарах) для условий локального ВК и в ближайшее время найти их более полное практическое применение при проектировании и создании ЕСОИН с учетом решения задач в условиях локальных ВК. Реализация полученных результатов должна найти свое применение при разработке различных руководящих документов и рекомендаций в области организации оперативного информирования населения об обстановке, связанной с ликвидацией ЧС (пожаров) в условиях локального ВК.

Литература

1. Катастрофы конца XX века / под ред. В.А. Владимирова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Геополитика; Флайст, 2001. 424 с.
2. Соколов Ю.И. Оповещение населения при чрезвычайных ситуациях / под ред. В.А. Владимирова. М.: КРУК, 2001. 192 с.
3. Соколов Ю.И. К вопросу организации оповещения населения при возникновении чрезвычайной ситуации // Проблемы анализа риска. 2019. № 16 (1). С. 68–85.
4. Дурнев Р.А. Информирование и оповещение населения в интересах обеспечения безопасности жизнедеятельности // Автоматизация и современные технологии. 2010. № 6.
5. Воронов О.С. Организация работы МЧС России по развитию и совершенствованию вопросов информирования населения в рамках антикризисного управления // Электронный научный журнал «ГосРег». 2013. № 4.
6. Современные методы информирования населения и оценки эффективности мониторинга информационного поля в условиях ЧС / О.С. Воронов [и др.] // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 2 (25).
7. Акимов В.А., Воронов О.С. Обоснование требований к системам, обеспечивающим оперативное информирование населения при чрезвычайных ситуациях в особых условиях // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 4 (66).
8. Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications, 2nd Edition. Marvin Rausand, Arnljot Hoyland. 2004. 676 p.
9. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности. М: Советское радио, 1969. 488 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. 12-е изд., стер. М.: ЮСТИЦИЯ, 2018. 658 с.



ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

УДК 614.846:614.847

ВЫСОТНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ АВТОМОБИЛИ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

А.И. Преснов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Печурин, кандидат технических наук, доцент;

А.В. Данилевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводятся сведения о высотных спасательных автомобилях на современном этапе. Рассмотрены конструктивные особенности и основные технические данные отечественных и зарубежных моделей. Отражены проблемные вопросы. На основании опыта эксплуатации предложены технические решения.

Ключевые слова: высотный спасательный автомобиль, модельный ряд, эффективность, надежность, техническое решение, переподготовка

HIGH-ALTITUDE RESCUE CARS: CONDITION, PROBLEMS, TECHNICAL SOLUTIONS

A.I. Presnov; A.A. Pechurin; A.V. Danilevich.

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

Information about high-altitude rescue cars at the present stage is provided. The design features and main technical data of domestic and foreign models are considered. Problem questions are reflected. Based on operating experience, technical solutions are proposed.

Keywords: high-altitude rescue cars, model range, efficiency, reliability, technical solution, retraining

Высотно-спасательные автомобили (ВСА) представляют собой технические средства на автомобильном шасси для обеспечения проведения аварийно-спасательных операций с высотных уровней.

В соответствии с требованиями нормативных документов [1–5] устанавливаются следующие типы, типоразмеры и модельные ряды ВСА:

– пожарная автолестница (АЛ): пожарный автомобиль со стационарной механизированной выдвижной и поворотной лестницей [5];

– пожарный автоподъемник (АПК): пожарный автомобиль со стационарной механизированной поворотной коленчатой и (или) телескопической подъемной стрелой, последнее звено которой заканчивается платформой или люлькой [5];

– пожарная автоцистерна с лестницей (АЦЛ): пожарная автоцистерна, оборудованная стационарной механизированной выдвижной и поворотной лестницей для расширения области применения при проведении пожарно-спасательных работ на высоте [5];

– пожарная автоцистерна с автоподъемником (АЦПК): пожарная автоцистерна, оборудованная стационарной механизированной поворотной коленчатой или телескопической подъемной стрелой с люлькой для расширения области применения при проведении пожарно-спасательных работ на высоте [5];

– пожарная автолестница с цистерной (АЛЦ): пожарная автолестница, оборудованная емкостями для воды и пенообразователя, насосной установкой для подачи огнетушащих веществ [5];

– пожарный автоподъемник с цистерной (АПКЦ): пожарный автоподъемник, оборудованный емкостями для воды и пенообразователя, насосной установкой для подачи огнетушащих веществ [5];

– пожарно-спасательный автомобиль с лестницей (АПСЛ): пожарно-спасательный автомобиль, оборудованный стационарной механизированной выдвижной поворотной лестницей [5];

– пожарный автоподъемник с лестницей (АПКЛ): пожарный автомобиль со стационарной механизированной поворотной коленчато-телескопической стрелой (пакетом колен), последнее звено которой заканчивается люлькой, и имеющий лестничный марш, расположенный сбоку стрелы [5]. В работе [1] данный автомобиль имеет определение ТПЛ – пожарный телескопический автоподъемник с лестницей;

– пожарный автомобиль – трап мобильный (АПТМ): пожарный автомобиль, оснащенный трапом секционного типа, конструкция которого позволяет осуществлять самостоятельную эвакуацию людей с ограниченными двигательными способностями и на инвалидных колясках [5].

Причем принципиальное отличие АЦЛ и АЦПК от АЛЦ и АПКЦ состоит в числе мест для боевого расчета. У первых типов двухрядные 6-местные кабины, АЛЦ и АПКЦ оборудуются однорядными 3-местными кабинами.

В зависимости от максимальной рабочей высоты стрелы, изготавливаемые в России, АЛ имеют следующие типоразмеры [3]: 10–15 м, 16–20 м, 21–25 м, 26–31 м, 32–40 м, 41–52 м и 53–60 м. АПК [4] следует изготавливать с высотой подъема люльки: 10–15 м, 16–21 м, 22–28 м, 29–36 м, 37–48 м, 49–56 м, 56–64 м и высотой более 64 м по техническим условиям.

Типаж пожарных автомобилей [5] устанавливает следующие модельные ряды:

– АЛ: 17, 30, 31, 32, 37, 42, 50, 52, 55, 60 м;

– АПК: 30, 40, 50 м;

– АЦЛ: 3,0–24; 3,0–30; 3,0–50;

– АЛЦ: 30–3,0; 50–3,0;

– АЦПК: 3,0–24; 3,0–30; 3,0–50;

– АПКЦ: 30–3,0;

– АПСЛ: 1,25–0,8–18;

– АПКЛ: 54.

С марта 2019 г. в России в результате создания единой таможенной территории и образования Евразийского экономического союза (Республика Беларусь, Республика Казахстан и Российская Федерация) действует межгосударственный стандарт на основные пожарные автомобили [2], который расширил номенклатуру показателей на основные пожарные автомобили, оборудованные стрелой (комплект колен).

Среди типов ВСА пожарные автолестницы имеют доминирующее положение. Так, по данным ФГБУ ВНИИПО МЧС России [6], в федеральной противопожарной службе России АЛ составляют около 85 % всего парка ВСА. При этом на вооружении объектовых и территориальных подразделений пожарной охраны состоит 1 707 единиц ВСА, которые по типам распределены следующим образом:

– АЛ ≤ 30 м – 1 325;

– АЛ > 30 м – 70;

– АЛ импортные – 74;

– АПК ≤ 30 м – 111;

- АПК > 30 м – 32;
- АПК импортные – 95.

В России разработчиками и производителями ВСА являются: ОАО «Пожтехника», г. Торжок Тверской области [7]; ООО «Урало-Сибирская пожарно-техническая компания», г. Челябинск; ОАО «Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования», р.п. Варгаши Курганской области; ООО «Пожарные системы», г. Тверь и др. Ведущим предприятием в производстве отечественных ВСА является ОАО «Пожтехника», которое конструирует АЛ и АПК различного исполнения в соответствии с ГОСТами [3, 4]. На автомобильных шасси ЗИЛ, TATRA, МЗКТ, МАЗ, Урал, КамАЗ, Volvo, Isuzu предприятие изготавливает почти весь (в соответствии с работой [5]) модельный ряд АЛ: 17, 30, 31, 37, 50, 60 м и модельный ряд АПК: 30, 32, 35, 50 м.

Современные (в том числе и отечественные) ВСА – это сложные технические средства, оснащенные электронными системами управления. Они имеют возможность работы в условиях ограниченного пространства, то есть могут работать со стрелой при не выдвинутых опорах с противоположного от рабочего положения стрелы борта автомобиля. Комплект колен высотных автолестниц оснащается лифтом, который перемещается на роликах по направляющим, приваренным к верхним поясам колен. На случай обрыва троса лифт оборудован автоматической системой торможения. На вершине первого колена АЛ или в люльке АПК может устанавливаться съемный лафетный ствол с дистанционным (на основе электроприводов) управлением. Все модели ВСА оборудованы устройствами для крепления эластичного секционного спасательного рукава типа РС-С, позволяющего производить быструю эвакуацию людей, в том числе не имеющих возможности передвигаться самостоятельно.

Ряд моделей АЛ снабжается съемной или постоянно закрепленной на вершине люлькой с дополнительным пультом управления, которая придает автолестнице дополнительные возможности, характерные для АПК.

В последние годы наметилась тенденция изготовления АПК с коленчато-телескопическим сочленением колен. Такая схема позволяет снизить габариты автоподъемника в транспортном положении и создает определенные удобства в работе оператора. АПК оборудуются люлькой грузоподъемностью до 400 кг. Некоторые модели имеют техническую возможность использовать АПК в качестве пеноподъемника путем демонтажа люльки и установки на ее место коллектора с четырьмя пеногенераторами типа ГПС-2000.

Для создания рабочего давления в гидросистемах современных АЛ и АПК устанавливают регулируемые гидронасосы. Данный тип гидронасоса (в отличие от нерегулируемого) дополнительно оснащен механизмом автоматического изменения рабочего объема и соответственно подачи насоса. Так на АКП-50(6540)ПМ-514Г установлен регулируемый аксиально-поршневой гидронасос Hawe Hydraulik (Германия) тип V60N-060 с регулятором LSNR, который регулирует рабочий объем насоса в соответствии с требуемым объемом потребителей и ограничивает максимальное давление до установленного значения. Изменение числа оборотов двигателя и соответственно гидронасоса производится дистанционно от электронного блока регулирования оборотов. Также гидросистемы оборудованы пропорциональными системами управления. В таких системах золотник гидрораспределителя обеспечивает плавное регулирование величины потока гидравлической жидкости. Пропорциональное электрогидроуправление отечественных АЛ и АПК, с применением блоков управления фирмы «Danffos», позволило плавно изменять скорость движения стрелы (колен) и демпфировать движение в крайних точках.

В настоящее время для обеспечения безопасной работы АЛ и АПК изготовители устанавливают микропроцессорные приборы безопасности. Одним из подобных приборов является ПБЛ-240 отечественного производителя НПП «Резонанс» различных модификаций. Он предназначен для ограничения рабочих движений стрелы (комплекта колен) в случае: выхода за границу рабочей зоны (превышение максимального вылета), входа в запрещенную зону работы вблизи кабины и в сторону не выдвинутых опор, перегрузки. Блок индикации

прибора безопасности (рис. 1) информирует оператора о параметрах и состоянии стрелы (комплекта колен), а также сигнализирует при достижении критических значений параметров.

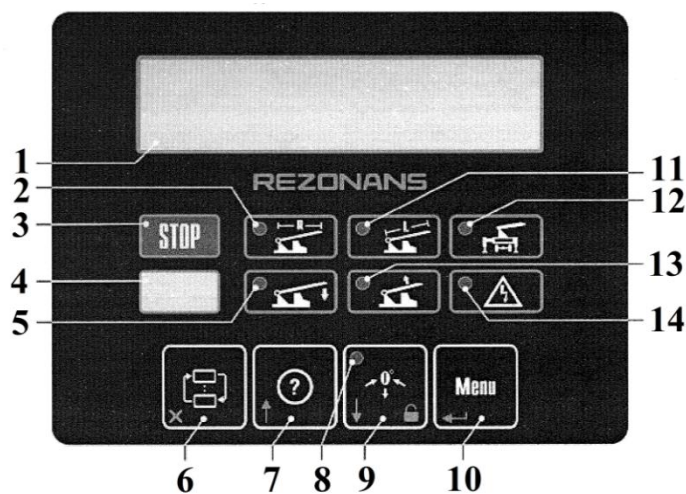


Рис. 1. Блок индикации прибора безопасности ПБЛ-240-11.03:

- 1 – многофункциональный дисплей; 2 – индикатор превышения максимального вылета;
- 3 – красное табло «СТОП», соответствует включению сигнала блокировки работы;
- 4 – желтое табло, соответствует включению сигнала о приближении к условиям блокировки;
- 5 – индикатор перегрузки комплекта колен; 6, 7, 9, 10 – функциональные кнопки;
- 8 – индикатор совмещения оси лестничного комплекта с осью базового шасси;
- 11 – индикатор предельной длины стрелы; 12 – индикатор поворота лестницы в сторону невыдвинутых опор; 13 – индикатор входа лестницы в зону кабины;
- 14 – индикатор опасного приближения к линии электропередач

В гидравлических системах современных АЛ и АПК применяются гидромоторы типа МГП (мотор гидравлический планетарный), обеспечивающие, в отличие от аксиально-поршневых, плавность хода, возможность вращения на низких скоростях и создающие более высокие крутящие моменты. Для определения положения той или иной металлической части механизма в электросхемах в большей мере применяются бесконтактные индуктивные датчики. Для контроля упора люльки с препятствием вместо концевых выключателей устанавливаются ультразвуковые датчики прямого обнаружения. Предотвращение перегруза в люлке (вместо рычажной системы с микропереключателем) контролирует ограничитель предельного груза, в состав которого входят датчики усилия тензорезисторного типа и преобразователь аналогового сигнала тензометрического датчика в цифровой код для сравнения полученного результата со значением номинальной грузоподъемности.

Взамен маслотокоперехода устанавливают тоководомаслопереход, который включает дополнительный отвод для подачи огнетушащих веществ. Данное устройство позволяет производить подачу огнетушащих веществ от АЛ или АПК при повороте стрелы (комплекта колен) на любой угол.

Уже много лет приоритетным направлением в развитии типажа ВСА стало создание многофункциональных пожарно-спасательных автомобилей с совмещением функций по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. В настоящее время ОАО «Пожтехника» на шасси КамАЗ-43118 и МАЗ-5337 производит многофункциональные автомобили, представляющие собой сочетание пожарной автоцистерны с емкостью для воды 1,25 ... 4,0 м³ и 17 ... 22-метровой лестницей: АЦЛ-3-40/17(43118), АЦЛ-4-40/22(43118), АПСЛ-1,25-0,8/18(5337) и др. На шасси КамАЗ-65115 предприятие изготавливает АЦПК-2,0-40/100-24(65115), представляющий сочетание пожарной автоцистерны с емкостью для воды 2 м³, насосной установкой НЦПН-40/100 и 24-метровым телескопическим

подъемником с люлькой, грузоподъемностью 350 кг. С запасом воды 6 м³ и 18-метровой лестницей на шасси Урал-4320 ООО «Приоритет» (г. Миасс, Челябинская обл.) производит АЦЛ-6,0-50/4-18(4320).

ОАО «Варгашинский завод ППСО» на шасси автомобиля КамАЗ-43118 (6x6) изготавливает новый тип ВСА, напоминающий АЛ с незначительной рабочей высотой и увеличенной, в сравнении с АЛ, шириной колен лестницы (секций трапа) – трап мобильный ТМ12 (43118) с максимальной рабочей высотой 12 м.

В целом можно сказать, что сегодня повысился технический уровень ВСА. В системах их управления используются компьютерные технологии отечественных производителей, реализуются инновационные решения, направленные на развитие функциональности, а также повышения уровня качества и надежности. Однако по уровню качества и производственному исполнению многие из выпускаемых российских моделей АПК все еще уступают зарубежным аналогам.

Среди зарубежных моделей наибольшее распространение в нашей стране получили АЛ немецких фирм «IVEKO MAGIRUS» и «METZ Aerials», которые создают модели высотой до 68 м и пожарные автоподъемники финских компаний «BRONTO SKYLIFT OY AB» и «VEMA LIFT», которые создают модели высотой до 112 м. ВСА зарубежного производства на сегодняшний день характеризуются (отличаются от отечественных) более широким использованием компьютерных технологий. Все их движения отслеживаются компьютером. Так, за счет внедрения компьютерной технологии возможна автоматическая установка и горизонтирование опорного основания, а также использование при не полностью выдвинутых опорах; при этом автоматически (в зависимости от того, насколько и какие опоры не выдвинуты до конца) регулируется (уменьшается) допустимый вылет и высота. Все текущие характеристики работы (рабочая зона, положение аутригеров, положение люльки), информация по безопасной работе и неисправных элементах отображаются на цветных ЖК-дисплеях, которыми оборудованы рабочие пульты на поворотном основании и в люльке. Кроме того, ВСА зарубежного производства имеют более расширенные функциональные возможности за счет использования дополнительного оборудования: электрический трехфазный генератор с гидравлическим приводом, воздушная магистраль для подключения системы сжатого воздуха для дыхания пожарных в люльке, гидравлический (или электрический) выход в люльке для подключения аварийно-спасательного инструмента и др.

На автолестницах Iveko Magirus используется электронная система компьютерной стабилизации (система CS), которая обеспечивает более высокую скорость работы и уровень безопасности за счет демпфирования колебаний стрелы. В рамках программы по импортозамещению ООО «КОМПАНИЯ ВИТАНД» (представитель фирмы «IVEKO MAGIRUS» в России) изготавливает на шасси КамАЗ (4x2 и 6x4) две модели пожарных автолестниц высотой 42 и 55 м, надстройку для которых поставляет фирма «IVEKO MAGIRUS». Комплект колен АЛ высотой 42 м позволяет устанавливать люльку грузоподъемностью до 500 кг.

Финская фирма «BRONTO SKYLIFT OY AB» изготавливает пожарные коленчатотелескопические автоподъемники с люлькой грузоподъемностью 500 кг, серии:

– RLX с рабочей высотой 32 ... 55 м, с расширенными функциональными возможностями за счет установки вдоль стрелы телескопической лестницы;

– RPX с рабочей высотой 32 ... 70 м, с большим (в отличие от серии RLX) боковым вылетом; при этом 61-метровый пожарный автоподъемник данной серии F61RPX на шасси МАЗ 6312B5 (6x4) изготавливает «BRONTO SKYLIFT OY AB» совместно с ООО «Урало-Сибирская пожарно-техническая компания» в рамках программы по импортозамещению;

– HLA с рабочей высотой 81 ... 112 м.

При этом на практике ВСА эффективны для работы на высоте до 55 м, о чем свидетельствует сравнение расчетного времени спасательной операции с использованием ВСА и временем наступления критических значений опасных факторов пожара, с учетом возможного состояния спасаемых. С увеличением рабочей высоты резко возрастают

временные показатели работы ВСА и их удельная стоимость (отношение цены изделия к высоте подъема) [8]. Поэтому основную противопожарную защиту высотных объектов необходимо обеспечивать комплексом конструктивно-планировочных решений здания: деление здания противопожарными стенами и перекрытиями на пожарные отсеки, устройство незадымляемых лестничных клеток и лифтов, применение систем противодымной защиты, автоматического пожаротушения и др. Использовать ВСА с рабочей высотой свыше 55 м целесообразно для защиты высотных объектов при условии их дислокации на расстоянии, обеспечивающем своевременное прибытие на место вызова, а также наличия специально подготовленных площадок для их развертывания. В странах ЕЭС высотные автоподъемники находят применение главным образом для монтажа и обслуживания ветряных турбин.

Проблемным вопросом в России на протяжении последних десятилетий остается старение парка пожарных автомобилей; многие ВСА выработали свой ресурс и подлежат списанию. Так, согласно Положению об организации ремонта, нормах наработки (сроках службы) до ремонта и списания техники, вооружения, агрегатов, специального оборудования и имущества в МЧС России [9], срок службы АЛ и АПК до капитального ремонта и предельный срок хранения составляют соответственно 13 и 20 лет. На практике около 60 % ВСА (949 ед.), состоящих на вооружении объектовых и территориальных подразделений пожарной охраны, подлежат списанию, поскольку сроки их службы превосходят нормативные [6]. В результате, понижается надежность (свойство выполнять оперативные функции) ВСА. В трудах ФГБУ ВНИИПО МЧС России [6, 10] достаточно подробно рассмотрены технические, технологические и организационные факторы, влияющие на надежность парка пожарных автомобилей, в том числе и ВСА. На выполнение оперативных функций ВСА также влияют и социальные факторы, к которым относится подготовка водителей-операторов и операторов.

В условиях поступления на вооружение современных образцов ВСА и постоянного дефицита финансовых ресурсов возникает необходимость нового (оптимального) подхода к данной подготовке. В этой связи возникает необходимость пересмотра в учебных центрах программ переподготовки и повышения квалификации водителей-операторов АЛ и АПК в плане целесообразности изучения определенной тематики для конкретной категории обучаемых. Происшествия последних лет, связанные с падением АПК, свидетельствуют, в том числе, и о проблемах подготовки водителей-операторов и операторов ВСА. В настоящее время в программах профессиональной переподготовки водителей для работы на специальных агрегатах автолестниц и автоподъемника коленчатого пожарного учебное время предусматривается, в том числе и на тематику, имеющую косвенное отношение к подготовке водителя-оператора высотной спасательной автотехники. Например, вопросы, связанные с организацией и несением службы, устройством электроустановок (рассматриваются при изучении дисциплины «Охрана труда»), пожарной тактикой и другие, входящие в тематику программы профессиональной переподготовки водителей пожарных и аварийно-спасательных автомобилей, оборудованных устройствами для подачи специальных световых и звуковых сигналов, по которой данная категория водителей ранее уже проходила обучение. В то же время в содержании вышеуказанных программ не отражены такие вопросы, как выбор позиции и установка АЛ или АПК, действие оператора в различных, в том числе и нештатных ситуациях. Недостаточно учебных часов по изучению электрических схем дополнительного электрооборудования, а также для получения практических навыков устранения характерных неисправностей. Подготовка операторов АЛ и АПК последнее время вообще не производится. Такой программы переподготовки пожарных в настоящее время нет. При этом руководства по эксплуатации АПК запрещают использовать автоподъемник для проведения спасательных работ и подачи огнетушащих веществ в составе неполного экипажа, то есть без оператора в люльке, а к управлению АПК из люльки допускаются операторы (как правило, пожарные или спасатели), прошедшие обучение безопасным методам и приемам работы и соответствующую проверку знаний.

На основании вышеизложенного и многолетнего опыта подготовки водителей-операторов и операторов ВСА, целесообразно внести соответствующие изменения

в содержание программ профессиональной переподготовки водителей для работы на специальных агрегатах АЛ и АПК, а также разработать программы специальной подготовки пожарных для работы оператором АЛ и АПК.

Имея опыт эксплуатации отечественных и зарубежных АЛ и АПК, авторы предлагают ряд технических решений, которые могут повысить надежность и, соответственно, оперативную готовность ВСА.

Опыт эксплуатации АЛ и АПК, а также работ [10, 11], показывает, что значительное число отказов происходит из-за неисправности электрооборудования и систем управления. Практически на всех современных ВСА включение коробки отбора мощности (КОМ) производится с помощью электропневматического привода, при эксплуатации которого встречались отказы, связанные с неисправностью электрического выключателя (поломка деталей) и электропневматического клапана (спадание катушки электромагнита с сердечника). В такой ситуации ВСА не готов к выполнению оперативных действий по спасанию и эвакуации пострадавших.

Повысить надежность включения КОМ поможет установка в приводе электропневмоклапана с ручным управлением (ОАО «Пожтехника» оборудует АЛ и АПК электропневмоклапаном с ручным управлением, однако в руководстве по эксплуатации данная информация не отражена и зачастую остается без внимания) или незначительная доработка в электропневматической схеме ее включения. Предлагается установить дополнительный привод включения КОМ, в состав которого входит трубопровод 2 (рис. 2) и кран аварийного включения КОМ 3, размещенный у панели приборов в кабине водителя. В аварийной ситуации (при неисправности электрической части привода) включить КОМ возможно открытием крана 3 из кабины водителя.

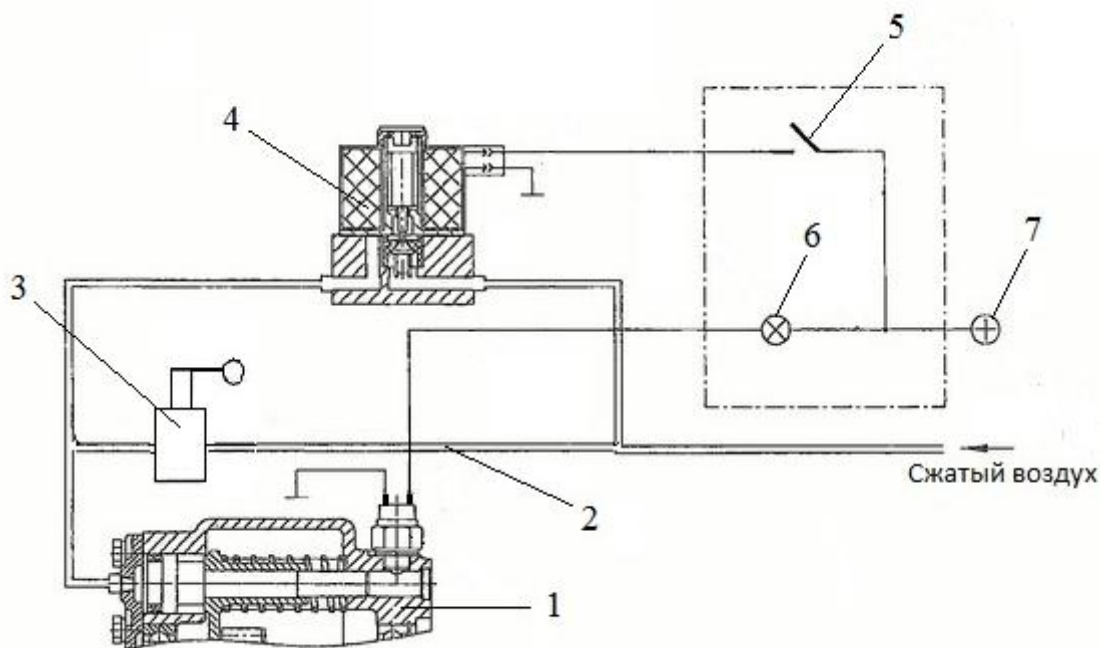


Рис. 2. Электропневматическая схема управления КОМ с аварийным приводом включения:
 1 – КОМ; 2 – дополнительный (аварийный) трубопровод; 3 – пневматический кран (аварийный) с ручным управлением;
 4 – электропневматический клапан;
 5 – электрический выключатель; 6 – индикатор включения КОМ;
 7 – точка подключения к + электросистеме автомобиля

Установка ВСА на опоры может вызвать определенные трудности, связанные с выбором позиции. Оператору необходимо учитывать множество факторов, таких как: разрешенный вылет стрелы и расстояние до объекта, возможность подъезда к зданию,

направление и скорость ветра, качество грунта и др. При установке АЛ или АКП на позицию очень важно правильно определить расстояние от стены здания, на которой ее следует расположить, в каждой конкретной ситуации сообразуясь со схемой рабочего поля. Операторы до сих пор определяют это расстояние интуитивно «на глаз» или шагами. При ошибке вершина стрелы АЛ или АПК может не достичь цели, что может привести к трагическим последствиям. Определять расстояние до цели, стены и т.п. возможно в любое (даже темное) время суток с помощью лазерного дальномера, который целесообразно включить в комплектацию высотной спасательной техники в помощь оператору при определении места ее установки, а в дальнейшем – и возможности передислокации.

При работе со стрелой в случае проседания одной или нескольких опор нарушается горизонтирование платформы и создается угроза опрокидывания. В данной ситуации оператор обязан произвести сбор и укладку стрелы на транспортную стойку и привести автомобиль в транспортное положение для перемены позиции. В зависимости от типа и модели ВСА, а также сложившейся обстановки данные действия могут занять 10...20 мин времени проведения спасательной операции. Если в такой ситуации в люльке АПК будут люди, то они могут оказаться в опасности. Для предотвращения крена платформы и потери устойчивости в случае проседания опоры или опор целесообразно оборудовать ВСА устройством автоматического выравнивания опорного основания. В настоящее время такие устройства находят применение, в том числе и в отечественном машиностроении, для горизонтирования платформы грузоподъемных машин. Они позволяют в автоматическом режиме управлять выдвиганием гидравлических опор до достижения горизонтального положения платформы, в том числе и автомобильного шасси. Гидравлический привод таких устройств содержит датчики давления гидравлической жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндров опор, блок управления (электронный контроллер), датчики наклона, сориентированные в продольной и поперечной плоскостях платформы, и датчики контакта штоков с опорной поверхностью. При этом надо отметить, что в настоящее время некоторые модели пожарных пеноподъемников отечественного производства (ОАО «Уралпожтехника», г. Миасс Челябинской обл.) оборудуются устройствами автоматического горизонтирования опорного основания.

Для применения подобного типа устройств на ВСА (например ОАО «Пожтехника»), не оборудованных устройством автоматического горизонтирования опорного основания (такое дооборудование ВСА целесообразно произвести совместно с устройством автоматического горизонтирования опорного основания), достаточно дооборудовать их гидравлический привод датчиками давления гидравлической жидкости в поршневой и штоковой полостях гидроцилиндров опор и электронным контроллером; при этом гидроцилиндры опор должны иметь запас хода штока для обеспечения коррекции крена платформы из-за проседания опор. Управляющими выходами контроллер связан с соответствующими секциями электрогидрораспределителя опор и главного электрогидрораспределителя «опоры-стрела» (при работе со стрелой в штатном режиме главный электрогидрораспределитель блокирует управление опорным контуром). Использование датчиков давления в гидроцилиндрах опор обеспечивает возможность отслеживать степень нагружения опор.

Работа такого устройства на ВСА может происходить следующим образом. При проседании опоры (опор) и аварийном крене платформы электрический сигнал с датчиков давления и крена платформы поступает в контроллер, который, в свою очередь, дает управляющую команду в соответствующие секции электрогидрораспределителей для выдвигания требуемых гидроцилиндров опор до момента горизонтирования платформы ВСА.

Применение данного типа устройств на ВСА позволит при аварийном крене в автоматическом режиме управлять выдвиганием опор до достижения горизонтального положения платформы автомобиля. Таким образом, достигается непрерывное автоматическое поддержание опорного основания ВСА в горизонтальном положении в течение всего времени работы. В результате увеличится эффективность применения, а также снизится вероятность опрокидывания АЛ или АПК.

Вывод: производителям ВСА в целях обеспечения безопасности и повышения эффективности использования необходимо рассмотреть возможность применения предложенных доработок в конструкции АЛ и АПК и их техническую документацию.

Литература

1. ГОСТ Р 53247–2009. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.08.2020).
2. ГОСТ 34350–2017. Межгосударственный стандарт. Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.08.2020).
3. ГОСТ Р 52284–2004 Автолестницы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 16.08.2020).
4. ГОСТ Р 53329–2009. Техника пожарная. Автоподъемники пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 16.08.2020).
5. Типаж пожарных автомобилей на 2016–2020 гг. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2016.
6. Проблемы возрастного состава парка пожарных автомобилей / А.И. Пичугин [и др.] // Пожарная безопасность. 2019. № 4.
7. ОАО «Пожтехника». URL: www.pozhtechnika.ru (дата обращения: 12.08.2020).
8. Оценка целесообразности внедрения в практику тушения пожаров автолестниц и автоподъемников с рабочей высотой подъема более 50 метров / В.В. Пивоваров [и др.] // Пожарная безопасность. 2007. № 3.
9. Об утверждении Положения об организации ремонта, нормах наработки (сроки службы) до ремонта и списания техники, вооружения, агрегатов, специального оборудования и имущества в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 25 нояб. 2016 г. № 624. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. Надежность мобильной пожарной техники – залог ее эффективного функционирования и безопасной эксплуатации / А.И. Пичугин [и др.] // Пожарная безопасность. 2016. № 1.
11. Методические рекомендации по предотвращению характерных отказов при эксплуатации пожарно-спасательной техники, применяемой в системе МЧС России. М., 2017.

УДК 62-9

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Е.А. Пичкур;

А.В. Скрипка, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлена диагностическая модель определения технического состояния двигателя внутреннего сгорания, реализуемая для определения технического состояния на основе эмиссионного спектрального анализа масла, по соотношению концентраций продуктов изнашивания, их предельным концентрациям, а также по результатам физико-химического анализа работавшего масла, что позволяет определить характер технических

воздействий при техническом обслуживании пожарного автомобиля или механизированного аварийно-спасательного инструмента.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, техническое состояние, диагностирование, анализ масла

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF FIRE EQUIPMENT

E.A. Pichkur; A.V. Skripka. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article presents a diagnostic model for determining the technical condition of an internal combustion engine, implemented to determine the technical condition based on the emission spectral analysis of oil, the ratio of the concentrations of wear products, their maximum concentrations, as well as the results of physical and chemical analysis of the working oil, which allows you to determine the nature of technical impacts during maintenance of a fire truck or a mechanized rescue tool.

Keywords: fire truck, technical condition, diagnostics, oil analysis

Сложность физических и химических процессов, происходящих в двигателях внутреннего сгорания и моторном масле, их тесная взаимосвязь и взаимное влияние друг на друга определяют необходимость использования специфичной системы, которая позволила бы объединить эти процессы в единый комплекс. Наиболее полное представление о взаимосвязях между этими процессами с учетом трения, смазки, изнашивания, физико-химических превращений в работающем масле можно получить при изучении системы «двигатель – моторное масло». В этой системе масло выступает как самостоятельный, неотъемлемый и конструктивный элемент двигателя, призванный обеспечивать в процессе эксплуатации заданные показатели его надежности. При диагностировании пожарной техники работавшее масло служит источником диагностической информации.

При разработке методики диагностирования дизельного двигателя в пожарных аварийно-спасательных автомобилях и аварийно-спасательном механизированном инструменте с использованием эмиссионного спектрального анализа масла (ЭСАМ) целесообразно использование системного подхода, основой которого является комплексное рассмотрение свойств и состояний системы [1].

Система «двигатель – моторное масло» может быть отнесена к сложным техническим системам, которые имеют следующие признаки:

- наличие большого числа составных частей, образующих единое целое конструктивно или в процессе функционирования;
- разветвленный характер связей между этими частицами;
- проявление свойств при взаимодействии с внешней средой, которая оказывает влияние на их формирование;
- наличие элементов случайности в реакции системы на внешние воздействия;
- изменчивость, тенденция к ухудшению характеристик.

Все этих признаки в полной мере соответствуют системе «двигатель – моторное масло»:

- система имеет большое количество составных частей – узлов, систем и механизмов двигателя, куда входит и само моторное масло;
- связи, возникающие между деталями двигателя и работающим маслом, в процессе работы;
- реагирование физических и химических процессов в масле и двигателе на изменение внешних условий;
- случайный (вероятностный) характер изменения свойств работающего масла в зависимости от технического состояния двигателя;
- ухудшение характеристик системы в результате изнашивания деталей, ухудшение физико-химических свойств работающего масла, а также при взаимодействии с окружающей средой.

При определении структуры системы «двигатель – моторное масло» целесообразно применение функционального описания двигателя на уровне самостоятельных конструктивных подсистем. В структуру системы включены подсистемы, обеспечивающие функционирование двигателя, находящиеся во взаимодействии с моторным маслом и оказывающие влияние на процессы изменения его свойств:

- кривошипно-шатунный механизм (КШМ);
- цилиндропоршневая группа (ЦПГ);
- газораспределительный механизм (ГРМ);
- система питания топливом (СПТ);
- система питания воздухом (СПВ);
- система фильтрации масла (СФМ);
- система охлаждения (СО);
- моторное масло (ММ).

Анализируя основные функции моторного масла, возможно установить прямые и обратные связи между маслом и другими элементами системы. Прямые связи возникают между маслом и соответствующей подсистемой двигателя и обеспечивают ее функционирование благодаря комплексу свойств, заложенных в масле. Прямые связи претерпевают изменения и оказывают влияние на работоспособность систем, механизмов и узлов двигателя. Обратные связи – это связи, вызывающие изменения в работавшем масле, обусловленные работой подсистемы. Они характеризуются параметрами работы системы, ее техническим состоянием и вносят в масло информацию о техническом состоянии соответствующих подсистем двигателя [2].

Процессы изменения показателей свойств масла и их взаимосвязь с техническим состоянием двигателя в реальных условиях эксплуатации могут быть описаны посредством вероятностной модели.

В вероятной модели процессы изменения свойств системы «двигатель – моторное масло» зависят от наличия случайных факторов и характеризуются статистическими характеристиками.

Изменение технического состояния двигателя (рис. 1) от воздействия эксплуатационных факторов представлено в виде входных сигналов – случайных функций времени $X_i(t)$:

- $X_1(t)$ – изнашивание деталей КШМ, ЦПГ, ГРМ;
- $X_2(t)$ – техническое состояние СПТ;
- $X_3(t)$ – техническое состояние СПВ и СФМ;
- $X_4(t)$ – техническое состояние СО;
- $X_5(t)$ – качество ММ;
- $X_6(t)$ – качество топлива;
- $X_7(t)$ – эксплуатационные режимы.

Выходные сигналы $Y_i(t)$ – изменение показателей физико-химических свойств масла:

- $Y_1(t)$ – соотношение концентраций продуктов изнашивания (ПИ);
- $Y_2(t)$ – содержание топлива;
- $Y_3(t)$ – содержание охлаждающей жидкости (ОЖ).

Входные сигналы E_i – являются неуправляемыми (природно-климатические условия, конструктивные параметры, качество технических воздействий при техническом обслуживании и ремонте и т.п.).

Разделение состояния системы «двигатель – моторное масло» на два состояния: исправное и неисправное дает возможность определить законы распределения входных и выходных сигналов и их численные характеристики, выявить взаимосвязь между ними и определить номинальные и предельные значения диагностических сигналов – показателей свойств работающего масла, и содержание в нем соотношений концентраций ПИ деталей двигателя.



Рис. 1. Схема воздействия эксплуатационных факторов на изменение показателей физико-химических свойств масла

Интенсивность изнашивания деталей, лимитирующих моторесурс двигателей, изменяется в процессе эксплуатации в сторону резкого увеличения, как правило, из-за возникновения неисправностей в системах и механизмах двигателя, а также вследствие изменения условий и нарушения правил эксплуатации пожарной и аварийно-спасательной техники.

Для формирования диагностической модели технического состояния деталей, лимитирующих моторесурс дизельного двигателя, определены диагностические параметры на основе соотношений концентраций ПИ в работавшем масле:

– k_1 – коэффициент соотношения концентраций свинца к меди как диагностический параметр, определяющий техническое состояние вкладышей подшипников КШМ;

– k_2 – коэффициент соотношения концентраций кремния к алюминию как диагностический параметр, определяющий техническое состояние поршней ЦПГ.

Значения коэффициентов соотношений концентраций ПИ в работавшем масле изменяются в зависимости от эксплуатационных факторов.

Основу методики составляет экспериментально-статистическое моделирование основных эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на изменение диагностических параметров при эксплуатации двигателя.

В качестве факторов рассматриваются:

– снижение давления начала подъема иглы форсунки и изменение угла опережения впрыскивания топлива как характерные неисправности СПТ;

– увеличение тепловых зазоров как характерная неисправность ГРМ;

– нарушение герметичности впускного тракта как характерная неисправность СПВ.

Для представления диагностической модели используются математические модели состояния вкладышей подшипников КШМ и поршней ЦПГ дизельного двигателя в виде системы уравнений диагностических параметров от параметров технического состояния основных систем и механизмов:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_1 = f(\Delta P_{\phi_0}; \Delta\theta; \Delta\delta_3; A), \\ k_2 = f(\Delta P_{\phi_0}; \Delta\theta; \Delta\delta_3; A), \end{array} \right.$$

где ΔP_{ϕ_0} – снижение давления начала подъема иглы форсунки; $\Delta\theta$ – изменение угла опережения впрыскивания топлива; $\Delta\delta_3$ – увеличение тепловых зазоров; A – нарушение герметичности впускного тракта.

Полученная диагностическая модель позволяет представить неисправности систем и механизмов двигателя в виде совокупностей неравенств диагностических параметров:

$$\begin{cases} k_1 \leq 1 \\ k_2 \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, выражение (1) представляет собой диагностическую модель двигателя (рис. 2), реализуемую при найденных зависимостях для определения технического состояния двигателя на основе ЭСАМ, по соотношению концентраций ПИ, их предельным концентрациям, а также по результатам физико-химического анализа работавшего масла.

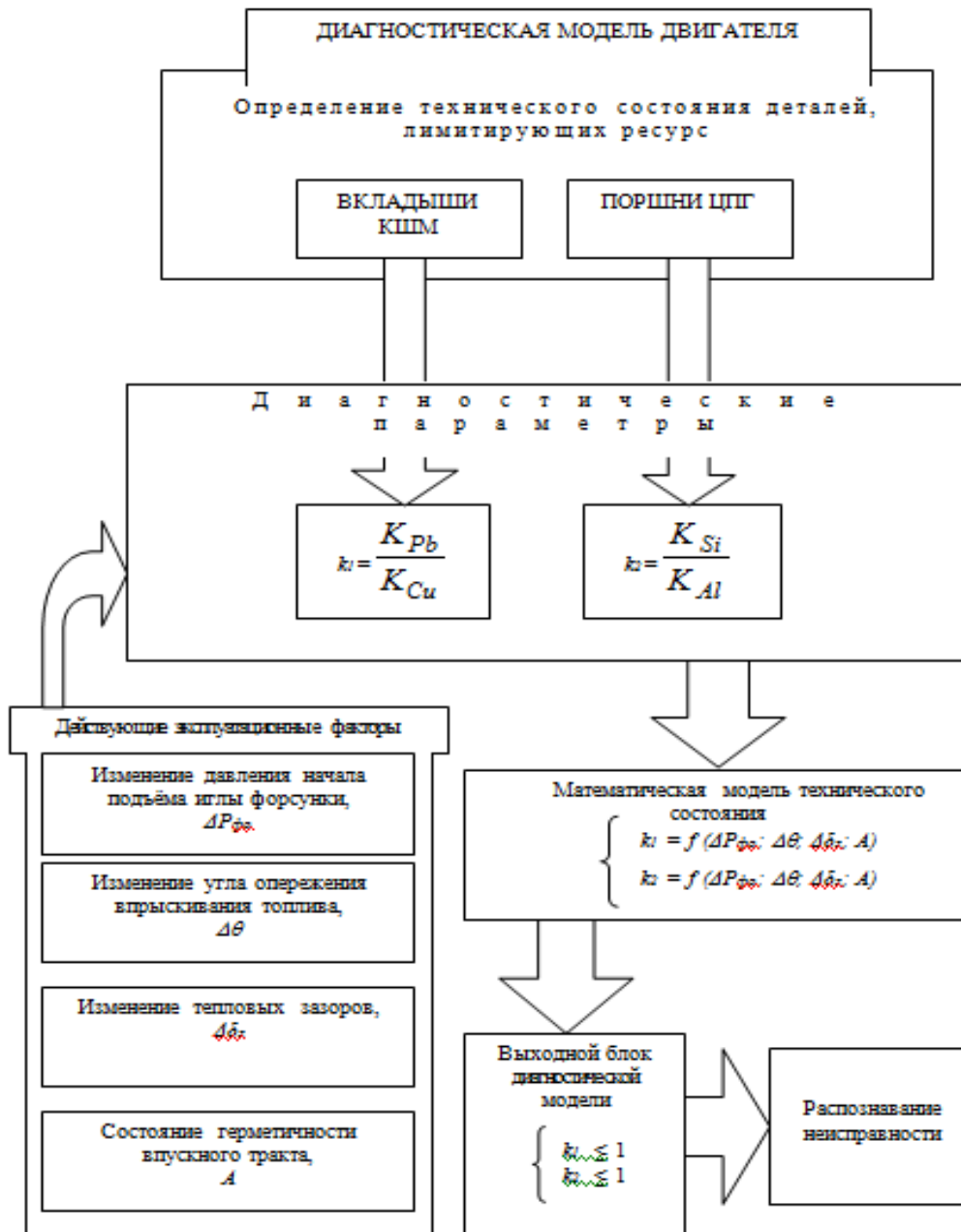


Рис. 2. Схема диагностической модели двигателя

Определение технического состояния двигателя производится путем сравнения полученных значений соотношений концентраций ПИ с их допустимыми значениями. На основании полученных данных составляется диагностическая карта на каждый двигатель внутреннего сгорания, в соответствии с которой определяется программа технических воздействий при техническом обслуживании автомобиля или механизированного аварийно-спасательного инструмента [3].

Литература

1. Глущенко А.А., Зейнетдинов Р.А., Вайчик И.С. Диагностирование двигателя по содержанию продуктов износа в картерном масле // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 41. С. 22–24.
2. Путинцев С.В. Введение в трибологию поршневых двигателей. М.: НГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 163 с.
3. Печурин А.А., Скрипка А.В., Бруснянин Д.В. Базовые шасси пожарных автомобилей и спасательной техники. Силовые установки: учеб. пособие. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 316 с.

УДК 614.89

ОБЗОР ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС РОССИИ

А.М. Филановский, кандидат технических наук;

В.Р. Новиков.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Р.Ю. Иванов.

**Федеральное государственное казенное учреждение «28 Отряд
федеральной противопожарной службы по Ленинградской области»**

Рассмотрены примеры некоторых пожарных автомобилей, стоящих на вооружении подразделений МЧС России, в зависимости от их базовых шасси и основных параметров.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, пожарная техника, тушение пожаров, обеспечение безопасности, базовое шасси, параметры автомобилей

OVERVIEW OF FIRE VEHICLES USED IN THE EMERCOM OF RUSSIA

A.M. Filanovsky; V.R. Novikov.

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

R.Yu. Ivanov. Federal state government facility «28'th detachment of the Federal fire service in the Leningrad's region»

The article considers examples of the main fire trucks that are in service with the Russian Ministry of emergency situations, depending on their basic chassis and main parameters.

Keywords: fire truck, fire equipment, fire fighting, safety, basic chassis, vehicle parameters

Ежегодно пожары на территории Российской Федерации приносят многомиллионные убытки и приводят к человеческим жертвам, так только за 2018 г. ущерб от пожаров составил 15 913 505 руб., а количество погибших и пострадавших составило 17 563 человек [1].

Для ликвидации пожаров и последствий от них применяются, как правило, основные и специальные пожарные автомобили (ПА и СПА), в частности [2, 3]:

- пожарные автоцистерны (АЦ);
- пожарные автолестницы (АЛ);
- автомобили насосно-рукавные (АНР);
- автомобили газодымозащитной службы (АГ);
- автомобили связи и освещения (АСО);

- штабные автомобили (АШ);
- пожарные коленчатые автоподъемники (АПК).

Статистика пожаров, на которых применялась данная пожарная техника, представлена в табл. 1.

Таблица 1. Применение пожарных автомобилей на пожарах*

Вид ПА	Год									
	2014		2015		2016		2017		2018	
	Кол-во пожаров, ед.	Прим. ПА, %	Кол-во пожаров, ед.	Прим. ПА, %	Кол-во пожаров, ед.	Прим. ПА, %	Кол-во пожаров, ед.	Прим. ПА, %	Кол-во пожаров, ед.	Прим. ПА, %
АЦ	153 002	89,3	146 209	90,8	139 703	91,3	133 077	91,6	132 074	93,0
АЛ		6,4		6,7		6,8		7,0		7,3
АНР		0,5		0,4		0,4		0,4		0,5
АГ		0,9		0,8		0,8		0,7		0,9
АСО		0,4		0,3		0,2		0,2		0,3
АШ		5,4		5,3		5,7		5,1		5,5
АПК		0,5		0,5		0,6		0,6		0,9

* Примечание: учитывались только пожарные автомобили, применявшиеся более чем на 200 пожарах

Как следует из представленных данных, чаще всего применяются АЦ и АЛ, при этом увеличивается частота их применения с течением времени.

В Российской Федерации данная пожарная техника представлена следующими производителями [4–15]:

- ПО «Берег» (Российская Федерация) [4];
- ОАО «Варгашинский» завод противопожарного и специального оборудования» (Российская Федерация) [5];
- ООО ТПП «ПЕЛЕНГ» (Российская Федерация) [6];
- ОАО «ПОЖТЕХНИКА» (Российская Федерация) [7];
- ООО «ПРИОРИТЕТ» (Российская Федерация) [8];
- «Завод противопожарного оборудования СПЕЦАВТОТЕХНИКА» (Российская Федерация) [9];
- ЗАО «Производственное объединение СПЕЦТЕХНИКА ПОЖАРОТУШЕНИЯ» (Российская Федерация) [10];
- ОАО «УралПОЖТЕХНИКА» (Российская Федерация) [11];
- ООО ПжСнаб (Республика Беларусь) [12];
- BRONTO SKYLIFT OY AB (Финляндская Республика) [13];
- MAGIRUS GmbH (Федеративная Республика Германия) [14].

При этом данные производители изготавливают ПА посредством не только крупноузловой сборки, но и индивидуальными проектами, представленными на различных шасси (табл. 2).

Производители используют отечественные и зарубежные базовые шасси для изготовления ПА.

Таблица 2. Базовые шасси, применяемые при производстве ПА в Российской Федерации

Отечественные шасси	КамАЗ
	УРАЛ
	ГАЗ
	ЗИЛ
Зарубежные шасси	АМУР
	MAN
	IVECO
	MAZ
	Mercedes-Benz Trucks
	ISUZU

В малых городах и поселках городского типа, где высота строений и жилых зданий не превышает девяти этажей, а пожарные депо относятся ко II типу [16], целесообразно применять пожарные автоцистерны с лестницей (АЦЛ), так как такие автомобили обладают рядом преимуществ:

- совмещают все основные характеристики АЦ и АЛ;
- управление таким автомобилем осуществляется одним оператором (водителем), прошедшим соответствующую подготовку;
- экономят место в пожарном депо.

В табл. 3–5 представлены параметры АЦ, АЛ и АЦЛ, находящихся на вооружении в подразделениях МЧС России.

Таблица 3. Параметры АЦ, находящихся на вооружении в подразделениях МЧС России

Наименование параметра	Завод изготовитель				
	ПО «Берег»	ОАО «Пожтехника»	ОАО «Варгаши»	ООО ТПП «ПЕЛЕНГ»	ООО ПожСнаб
Маркировка	АЦ 3,2-40	АЦ-5-40	АЦ-5,0-70	АЦ 10-150	АЦ 2,5
Базовое шасси	КамАЗ-4326	КамАЗ-43114	УРАЛ-55571	МАЗ-6317Х9	IVECO EuroCargo
Двигатель	КАМАЗ 740.652.260	КамАЗ-740.31-240	ЯМЗ-53602	ЯМЗ-6585	Тector 6
Мощность, л.с. (кВт)	260 (191)	260 (191)	310 (228)	400 (294)	268 (200)
Максимальная скорость не менее, км/ч	105	80			85
Колесная формула	4x4	6x6			4x2
Боевой расчет	6				
Габариты ДхШхВ, м	7,65x2,5x3,5	8,5x2,5x3,35	8,6x2,55x3,35	10,4x2,55x3,5	6,7x2,5x3,0
Полная масса, кг	12300	15600	21370	33150	14000
Вместимость цистерны, л	3200	5000		10000	2500
Вместимость пенобака, л	320	350	300	600	150

Таблица 4. Параметры АЛ, находящихся на вооружении в подразделениях МЧС России

Наименование параметра	Завод изготовитель			
	ОАО «Варгаши»	ОАО «Пожтехника»		
Маркировка	АЛ-50	АЛ-30	АЛ-60	АЛ-31
Базовое шасси	КамАЗ-65201	КамАЗ-43114	ТАТРА-Т815	ЗИЛ-433112
Боевой расчет	2	3	2	3
Колесная формула	8x4	6x6		4x2
Максимальная рабочая высота, м	52	30	60	31,6

Грузоподъемность лифта, кг	200	350	200	160
Угол непрерывного вращения лестницы, град	360			
Время установки на выдвижные опоры (аутригеры), сек., не более	30	45	60	50
Габариты ДхШхВ, м	12,38х2,5х3,95	11,5х2,5х3,7	12,2х2,5х3,7	10,1х2,5х3,4
Полная масса, кг	30570	15800	27630	10500
Мощность, л.с. (кВт)	400 (298)	240 (179)	312 (233)	150 (112)
Максимальная скорость, км/ч	90	80		90

Таблица 5. Параметры АЦЛ, находящихся на вооружении в подразделениях МЧС России

Наименование параметра	Завод изготовитель			
	ООО «ПРИОРИТЕТ»	«Завод противопожарного оборудования СПЕЦАВТОТЕХНИКА»	ОАО Пожтехника	ОАО «УралПОЖТЕХНИКА»
Маркировка	АЦЛ-4,0-50-24	АЦЛ-4,0-40-24	АЦЛ-4-40-22	АЦЛ 4,0-40/30
Базовое шасси	УРАЛ-4320		КамАЗ-43118	
Колесная формула	6х6			
Мощность двигателя, л.с. (кВт)	382 (285)	285 (212)	240 (176)	296 (221)
Максимальная скорость, км/ч	85		80	90
Боевой расчет	5		2	5
Вместимость цистерны для воды, л	4000			
Вместимость пенобака, л	450	240	300	240
Тип насоса	JOHNSON NP 3000	НЦПН 70/100	ПН-40/УВ	НЦПН-40/100
Напор насоса, м	100			
Производительность насоса, л/с	50	70	40	
Наибольшая геометрическая высота всасывания, м	7,5			
Время всасывания с наибольшей геометрической высоты, с	40			
Высота полностью выдвинутой лестницы, м	24		22	30
Наибольшая нагрузка на вершину лестницы, кг	260		160	
Габариты ДхШхВ, м	9,8х2,5х3,7	10,5х2,5х3,7	8,6х2,5х3,3	10,0х2,5х3,7

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что все производители надстроек и базовых шасси придерживаются общей концепции в изготовлении ПА и СПА вне зависимости от шасси, но при этом наиболее распространенной остается отечественная техника ввиду простоты эксплуатации и меньшей стоимости по сравнению с зарубежной.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистический сборник / П.В. Полехин [и др.] / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.
2. ГОСТ 34350–2017. Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 16.08.2020).
3. ГОСТ Р 53247–2009. Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 16.08.2020).
4. ГК «Берег». URL: <https://po-bereg.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
5. ВАРГАШИ: завод противопожарного и специального оборудования. URL: <http://www.vargashi.com/> (дата обращения: 16.08.2020).
6. ООО ТПП «Пеленг». URL: <http://www.peleng.info/> (дата обращения: 18.08.2020).
7. ОАО «Пожтехника». URL: <http://www.pozhtechnika.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
8. ПРИОРИТЕТ. URL: <https://prioritetmiass.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
9. Завод пожарных автомобилей «СпецАвтоТехника». URL: <https://specialauto.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
10. Спецтехника пожаротушения. URL: <http://paffst.com/> (дата обращения: 16.08.2020).
11. Урал ПОЖТЕХНИКА. URL: <http://www.uralpt.ru/> (дата обращения: 10.08.2020).
12. ООО «ПОЖСНАБ». URL: <https://www.pozhsnab.com/> (дата обращения: 18.08.2020).
13. BRONTOSKYLIFT. URL: <https://brontoskylift.com/> (дата обращения: 18.08.2020).
14. Magirus. URL: <https://www.magirus.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
15. МЧС России. Пожарная техника. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/tehnika/pozharnaya-tehnika> (дата обращения: 28.07.2020).
16. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

УДК 614.846.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТРАНСПОРТЕ

М.Р. Сытдыков, кандидат технических наук, доцент;

А.Г. Шилов;

Е.В. Копкин, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Определены гидродинамические характеристики экспериментальной универсальной установки пожаротушения на ее уменьшенной модели (макете). Получены экспериментальные данные по установлению зависимости массы остатка огнетушащего вещества от давления в камере макета экспериментальной универсальной установки пожаротушения при разных насадках. Это позволяет моделировать работу реальной универсальной установки пожаротушения по тушению пожаров на транспорте.

Ключевые слова: универсальная установка пожаротушения, макет, гидродинамические характеристики, эксперимент, огнетушащее вещество, транспорт

DETERMINATION OF HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF AN EXPERIMENTAL UNIVERSAL INSTALLATION FOR EXTINGUISHING FIRES IN TRANSPORT

M.R. Sytdykov; A.G. Shilov; E.V. Kopkin.

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

The article defines the hydrodynamic characteristics of an experimental universal fire extinguishing system on its reduced model (layout). Experimental data were obtained to establish the dependence of the mass of the fire extinguishing agent residue on the pressure in the chamber of the model of an experimental universal fire extinguishing system with different nozzles. This allows you to simulate the operation of a real universal fire extinguishing system for extinguishing fires in transport

Keywords: universal fire extinguishing system, layout, hydrodynamic characteristics, experiment, fire extinguishing agent, transport

В работе [1] определены пути решения проблемы оценки результативности установок пожаротушения (УПТ) основных пожарных автомобилей (ПА), заключающиеся в создании универсальной установки пожаротушения (УУПТ). В работе [2] предложена конструкция УУПТ, исключающая недостатки аналогов и прототипа [3–6].

Авторами в данной статье определены гидродинамические характеристики экспериментальной УУПТ, уменьшенная модель (макет) которой представлена на рис. 1.

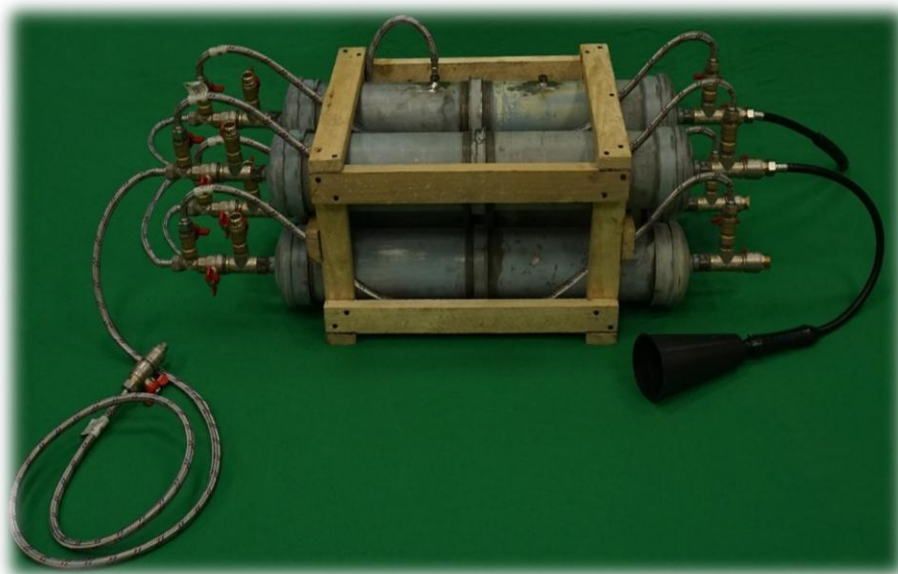


Рис. 1. Макет экспериментальной УУПТ

Технические характеристики макета экспериментальной УУПТ представлены в табл. 1.

Определение гидродинамических характеристик УУПТ проведено на макете экспериментальной УУПТ, которая отнесена к классу идеальных моделей [7], так как она включает две модели: идеального смешения огнетушащего вещества (ОТВ) и идеального вытеснения ОТВ. Этому свидетельствуют результаты проведенных испытаний, которые показали, что в сосудах макета экспериментальной УУПТ масса остатка ОТВ в процентном отношении ниже максимально допустимого значения, а в некоторых случаях не превышает 2 % от общего количества.

Таблица 1. Технические характеристики макета экспериментальной УУПТ

№ п/п	Наименование	Характеристики
1	Сосуд	объем: 0,0035 м ³ ; рабочее давление: 20,60 МПа
2	Компрессор Panther P15TC (Италия)	ресивер объем: 0,0035 м ³ ; регулируемое давление на выходе: до 1,03 МПа; кратковременная нагрузка: 1 МПа
3	Весы неавтоматического действия MASTeR MSC-05	класс точности весов по ГОСТ OIML R 76-1-2011 – III (средний); точность: 0,001 кг; наибольший предел взвешивания: 5 кг; наименьший предел взвешивания: 0,020 кг
4	Секундомер	класс точности: 2; допустимая погрешность за 10 мин, с: ±0,6; цена деления 60-секундной шкалы, сек.: 0,2
5	Манометр	класс точности: 2,5; наибольший предел измерения: 1,2 МПа; наименьший предел измерения: 0,05 МПа; цена деления: 0,05 МПа

Гидродинамическая модель идеального смешения макета экспериментальной УУПТ принята по аналогии с работами [7, 8], где значения параметров на выходе из макета экспериментальной УУПТ равны их значениям в объеме макета. Интерпретация модели идеального вытеснения макета экспериментальной УУПТ представлена на рис. 2.

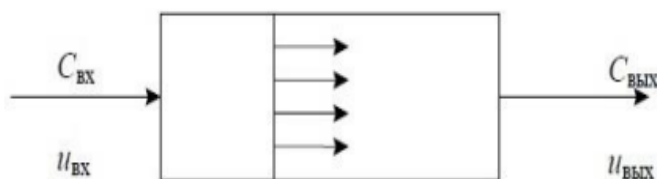


Рис. 2. Интерпретация модели идеального вытеснения макета экспериментальной УУПТ [7, 8]:
 $u_{вх}$, $u_{вых}$ – линейная скорость потока вытесняющего газа на входе и ОТВ выходе из макета (м/с);
 $C_{вх}$, $C_{вых}$ – концентрация вещества вытесняющего газа в потоке на входе в макет и выходе ОТВ из него (моль/м³):

$$C_{вх} = C_0,$$

где C_0 – концентрация вещества в любой точке объема макета экспериментальной УУПТ.

Далее выделяется некоторый модуль макета экспериментальной УУПТ из общего количества содержащих ОТВ одного типа, схема движения потоков в котором на входе и выходе представлена на рис. 3.

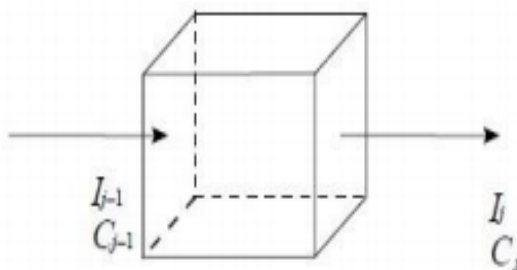


Рис. 3. Схема движения потоков на входе в модуль макета экспериментальной УУПТ и выходе из него [7, 8]

Экспериментальная часть

Экспериментальные данные по установлению зависимости массы остатка ОТВ (огнетушащего порошка) от давления в камере макета экспериментальной УУПТ при разных насадках приведены в табл. 2–4.

**Таблица 2. Изменение массы ОТВ от давления в камере
(диаметр насадка 6 мм)**

Масса ОТВ, $M_{отв}$, кг	Давление вытеснения, P , МПа	Время, τ , с	Масса			Подача ОТВ, Q , кг/с	Длина струи, L , м	Масса воздуха на аэрацию, $m_{в}$, кг	Скорость истечения, V_c , м/с	Концентрация порошка в струе, C , кг/кг
			$M_{ост.}$		$M_{ост. ср.}$, кг					
			кг	%						
2,000	0,5	22,2	0,451	22,55	0,428	0,09	6	0,0165	4,55	121,21
2,002		21,9	0,429	21,43		0,09		0,0179	4,62	111,84
2,001		21,3	0,419	20,94		0,09		0,0156	4,75	128,27
2,000		20,9	0,427	21,35		0,10		0,0162	4,83	123,46
2,003		21,4	0,414	20,67		0,09		0,0157	4,73	127,58
2,001	0,6	18,3	0,293	14,64	0,287	0,11	6,5	0,0171	5,52	117,02
2,002		16,9	0,287	14,34		0,12		0,0179	5,99	111,84
2,000		19,1	0,281	14,05		0,10		0,0185	5,29	108,11
2,003		18,6	0,285	14,23		0,11		0,0160	5,44	125,19
2,000		19,2	0,289	14,45		0,10		0,0166	5,26	120,48
2,002	0,7	16,5	0,164	8,19	0,166	0,12	7	0,0155	6,13	129,16
2,002		17,2	0,171	8,54		0,12		0,0158	5,88	126,71
2,001		15,7	0,160	8,00		0,13		0,0179	6,44	111,79
2,000		16,1	0,167	8,35		0,12		0,0185	6,28	108,11
2,000		16,3	0,170	8,50		0,12		0,0167	6,20	119,76
2,002	0,8	11,1	0,072	3,60	0,078	0,18	8	0,0160	9,11	125,13
2,003		10,4	0,073	3,64		0,19		0,0174	9,73	115,11
2,000		11,3	0,087	4,35		0,18		0,0178	8,94	112,36
2,001		10,8	0,081	4,05		0,19		0,0155	9,36	129,10
2,001		10,7	0,077	3,85		0,19		0,0169	9,45	118,40
2,000	0,9	8,1	0,052	2,60	0,055	0,25	8,5	0,0182	12,48	109,89
2,002		8,3	0,049	2,45		0,24		0,0158	12,19	126,71
2,002		8,4	0,056	2,80		0,24		0,0159	12,04	125,91
2,001		8,2	0,061	3,05		0,24		0,0171	12,33	117,02
2,000		8,3	0,057	2,85		0,24		0,0172	12,17	116,28
2,001	1,0	7,5	0,044	2,20	0,041	0,27	9	0,0179	13,48	111,79
2,001		7,1	0,042	2,10		0,28		0,0175	14,24	114,34
2,000		6,9	0,039	1,95		0,29		0,0175	14,65	114,29
2,002		7,3	0,038	1,90		0,27		0,0162	13,86	123,58
2,000		7,2	0,041	2,05		0,28		0,0181	14,03	110,50

Таблица 3. Изменение массы ОТВ от давления в камере
(диаметр насадка 8 мм)

Масса ОТВ, $M_{\text{отв}}$, кг	Давление вытеснения, P , МПа	Время, τ , с	Масса		$M_{\text{ост. ср}}$, кг	Подача ОТВ, Q , кг/с	Длина струи, L , м	Масса воздуха на аэрацию, m_b , кг	Скорость истечения, V_c , м/с	Концентрация порошка в струе, C , кг/кг
			$M_{\text{ост.}}$							
			кг	%						
2,002	0,5	18,2	0,401	20,03	0,399	0,11	7	0,0162	3,13	123,58
2,000		18,4	0,392	19,60		0,11		0,0165	3,09	121,21
2,002		19,1	0,381	19,03		0,10		0,0184	2,98	108,80
2,001		17,9	0,417	20,84		0,11		0,0182	3,18	109,95
2,000		18,3	0,403	20,15		0,11		0,0181	3,11	110,50
2,000	0,6	14,3	0,221	11,05	0,216	0,14	8	0,0180	3,97	111,11
2,001		15,2	0,219	10,94		0,13		0,0155	3,74	129,10
2,003		14,4	0,204	10,18		0,14		0,0167	3,95	119,94
2,002		15,1	0,216	10,79		0,13		0,0174	3,77	115,06
2,000		14,8	0,218	10,90		0,14		0,0169	3,84	118,34
2,000	0,7	11,8	0,143	7,15	0,133	0,17	8,5	0,0162	4,82	123,46
2,001		12,6	0,138	6,90		0,16		0,0178	4,51	112,42
2,002		12,8	0,129	6,44		0,16		0,0166	4,45	120,60
2,002		12,1	0,131	6,54		0,17		0,0167	4,70	119,88
2,001		11,9	0,122	6,10		0,17		0,0165	4,78	121,27
2,000	0,8	7,8	0,061	3,05	0,063	0,26	9	0,0178	7,29	112,36
2,001		7,6	0,058	2,90		0,26		0,0180	7,48	111,17
2,001		8,1	0,072	3,60		0,25		0,0180	7,02	111,17
2,002		8,2	0,059	2,95		0,24		0,0171	6,94	117,08
2,000		7,9	0,064	3,20		0,25		0,0174	7,20	114,94
2,003	0,9	6,4	0,045	2,25	0,049	0,31	9,5	0,0183	8,89	109,45
2,001		6,5	0,047	2,35		0,31		0,0168	8,75	119,11
2,002		6,4	0,051	2,55		0,31		0,0158	8,89	126,71
2,004		6,2	0,043	2,15		0,32		0,0170	9,19	117,88
2,003		6,7	0,059	2,95		0,30		0,0168	8,50	119,23
2,000	1,0	5,9	0,038	1,90	0,041	0,34	10,5	0,0178	9,63	112,36
2,000		6,1	0,037	1,85		0,33		0,0156	9,32	128,21
2,002		6	0,048	2,40		0,33		0,0182	9,48	110,00
2,001		5,8	0,041	2,05		0,35		0,0184	9,81	108,75
2,000		5,7	0,039	1,95		0,35		0,0159	9,97	125,79

Таблица 4. Изменение массы ОТВ от давления в камере
(диаметр насадка 10 мм)

Масса ОТВ, $M_{отв}$, кг	Давление вытеснения, P , МПа	Время, τ , с	Масса			Поддача ОТВ, Q , кг/с	Длина струи, L , м	Масса воздуха на аэрацию, m_b , кг	Скорость истечения, V_c , м/с	Концентрация порошка в струе, C , кг/кг
			$M_{ост.}$		$M_{ост. ср.}$, кг					
			кг	%						
2,002	0,5	14,7	0,302	15,08	0,300	0,14	8	0,0184	2,48	108,80
2,000		14,2	0,312	15,60		0,14		0,0175	2,56	114,29
2,002		14,6	0,287	14,34		0,14		0,0179	2,49	111,84
2,001		15,6	0,283	14,14		0,13		0,0179	2,33	111,79
2,000		15,2	0,315	15,75		0,13		0,0175	2,39	114,29
2,000	0,6	12,1	0,201	10,05	0,191	0,17	8,5	0,0161	3,01	124,22
2,001		11,7	0,198	9,90		0,17		0,0176	3,11	113,69
2,003		11,5	0,186	9,29		0,17		0,0173	3,17	115,78
2,002		12,6	0,192	9,59		0,16		0,0184	2,89	108,80
2,000		11,2	0,179	8,95		0,18		0,0171	3,25	116,96
2,000	0,7	9,2	0,112	5,60	0,115	0,22	9	0,0170	3,95	117,65
2,001		9,7	0,132	6,60		0,21		0,0155	3,75	129,10
2,002		10,1	0,127	6,34		0,20		0,0177	3,61	113,11
2,002		9,2	0,099	4,95		0,22		0,0172	3,96	116,40
2,001		8,9	0,107	5,35		0,22		0,0166	4,09	120,54
2,000	0,8	7,3	0,087	4,35	0,072	0,27	10	0,0180	4,98	111,11
2,001		6,9	0,071	3,55		0,29		0,0184	5,27	108,75
2,001		7,2	0,072	3,60		0,28		0,0183	5,06	109,34
2,002		7,1	0,068	3,40		0,28		0,0172	5,13	116,40
2,000		6,8	0,063	3,15		0,29		0,0181	5,35	110,50
2,003	0,9	5,8	0,038	1,90	0,043	0,35	10,5	0,0182	6,28	110,05
2,001		5,9	0,048	2,40		0,34		0,0177	6,17	113,05
2,002		6,1	0,049	2,45		0,33		0,0156	5,97	128,33
2,004		6,2	0,037	1,85		0,32		0,0181	5,88	110,72
2,003		6,7	0,041	2,05		0,30		0,0178	5,44	112,53
2,000	1,0	5,3	0,021	1,05	0,025	0,38	11	0,0157	6,86	127,39
2,000		5,6	0,023	1,15		0,36		0,0162	6,50	123,46
2,002		5,4	0,019	0,95		0,37		0,0175	6,74	114,40
2,001		5,3	0,029	1,45		0,38		0,0174	6,87	115,00
2,000		6,1	0,031	1,55		0,33		0,0167	5,96	119,76

Полученные данные для наглядности представлены на рис. 4–6.

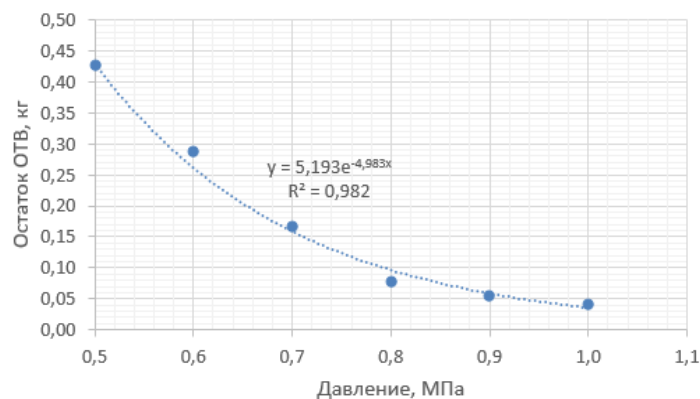


Рис. 4. Зависимость остатка ОТВ от давления в сосуде в интервале $0,5 \leq P \leq 1$ МПа (диаметр насадка $d=6$ мм)

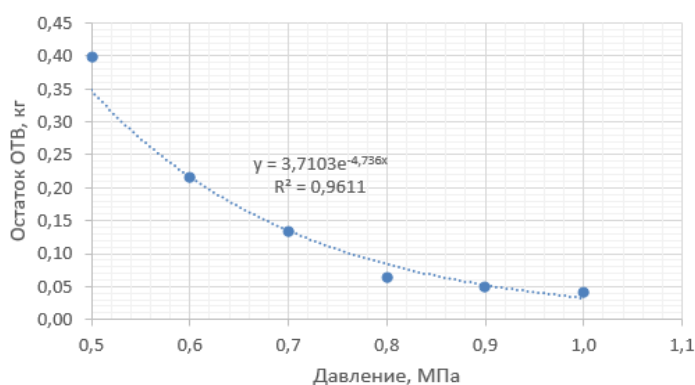


Рис. 5. Зависимость остатка ОТВ от давления в сосуде в интервале $0,5 \leq P \leq 1$ МПа (диаметр насадка $d=8$ мм)

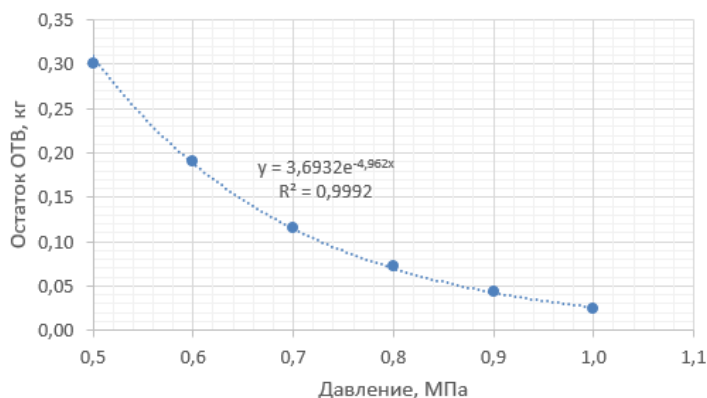


Рис. 6. Зависимость остатка ОТВ от давления в сосуде в интервале $0,5 \leq P \leq 1$ МПа (диаметр насадка $d=10$ мм)

Данные, представленные в статье, показывают:

- уменьшение остатка ОТВ при увеличении давления в сосуде макета экспериментальной УУПТ с различными насадками. При этом величина достоверности аппроксимации составляет более 0,95, что показывает, насколько точно теоретическое распределение описывает реальное;
- математическая обработка результатов и принятые методы исследования макета экспериментальной УУПТ, включая метод подобия, позволяют моделировать работу реальной УУПТ по тушению пожаров на транспорте с получением достоверных результатов, а также определить основные гидродинамические характеристики установки на всех видах ОТВ.

Литература

1. Сытдыков М.Р., Шилов А.Г., Поляков А.С. О показателях результативности мобильных установок пожаротушения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 37–43.
2. Универсальная установка пожаротушения: пат. 195837 Рос. Федерация, МПК А62С 13/00 (2006.01) / Кожевин Д.Ф., Поляков А.С., Сытдыков М.Р., Шилов А.Г.; заявитель и патентообладатель Кожевин Д.Ф., Поляков А.С., Сытдыков М.Р., Шилов А.Г. – № 2019130908, заяв. 30.09.2019; опубл. 06.02.2020, Бюл. № 4-2020, 06.02.2020.
3. Пожарная техника: учеб. / под ред. М.Д. Безбородько. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2004. 550 с.
4. ГОСТ Р 53328–2009. Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: https://allgosts.ru/13/220/gost_r_53328-2009.pdf (дата обращения: 20.09.2020).
5. Универсальная установка пожаротушения: пат. 158632 Рос. Федерация / Крылов Д.А., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. МПК А62С13/00 (2006.01), № 2015107592/12, заявл. 04.03.2015; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.
6. Поляков А.С., Крылов Д.А., Сытдыков М.Р. Автомобильная универсальная установка пожаротушения: конструкция и моделирование режимов функционирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 2 (38). С. 56–63.
7. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие / Н.В. Ушева [и др.]. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2014. 135 с.
8. Бондарь А.Г. Математическое моделирование в химической технологии. М.: Высш. шк., 1973. 280 с.

УДК 504.064

МЕТОДИКА ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЧВЕ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ АВАРИЙ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТАХ

Р.Г. Зайкин.

Специальная пожарно-спасательная часть № 8 ФГКУ «Специальное управление ФПС № 50 МЧС России».

М.А. Галишев, доктор технических наук, профессор,

заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

Ф.В. Демехин, доктор технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Отработана методика избирательного обнаружения техногенного нефтяного загрязнения на фоне органического вещества почв. Анализ количественного содержания нефтепродуктов в почвах проводился двумя независимыми скрининговыми методами. Использовались арбитражный ИК-спектроскопический метод определения содержания нефтепродуктов в почвах и метод молекулярной люминесценции в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. Проведен корреляционный анализ сходимости результатов, полученных двумя методами. Установлено, что при относительно низких значениях концентраций нефтепродуктов в почвах анализ их количественного содержания двумя независимыми методами дает адекватные результаты. При относительно высоких содержаниях нефтепродуктов в почвах результаты анализов существенно различаются.

Ключевые слова: почва, нефтяное загрязнение, инфракрасная спектроскопия, молекулярная люминесценция, корреляционный анализ

METHOD OF SELECTIVE DETECTION OF TECHNOGENIC OIL CONTAMINATION AGAINST BACKGROUND OF ORGANIC MATTER OF SOILS

R.G. Zaykin.

Special fire and rescue unit № 8 of Federal state government facility «Special Department FFS № 50 of EMERCOM of Russia».

M.A. Galishev; F.V. Demekhin.

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

The method of selective detection of man-made oil pollution against the background of organic matter of soils has been worked out in the work. Analysis of the quantitative content of petroleum products in soils was carried out by two independent screening methods. An arbitration IR spectroscopic method for determining the content of petroleum products in soils and a molecular luminescence method in the ultraviolet and visible regions of the spectrum were used. Correlation analysis of convergence of results obtained by two methods was carried out. It was found that at relatively low concentrations of petroleum products in soils, the analysis of their quantitative content by two independent methods gives adequate results. With relatively high oil content in soils, the results of the analyses differ significantly.

Keywords: soil, oil pollution, infrared spectroscopy, molecular luminescence, correlation analysis

Обнаружение и изучение химических загрязнителей в окружающей среде подразумевает наличие нормативов их предельно возможного содержания. Нефть и продукты ее переработки наряду с тяжелыми металлами, хлорсодержащими пестицидами, поверхностно активными веществами, являются наиболее опасными супертоксикантами. Их допустимое количество в различных элементах окружающей среды строго лимитируется. При этом нормирование осуществляется на различных уровнях – глобальном, региональном, локальном. Для водной и воздушной сред используют, как правило, глобальные или региональные нормативы. В то же время для твердофазных элементов окружающей среды, в частности для почв, возможно введение только локального нормирования. Это мнение большинства ученых экологов [1, 2]. Оно основывается на том, что почвы характеризуются большим разнообразием и могут существенно различаться даже в пределах одного региона. Почва представляет собой наиболее инертную, малоподвижную природную систему, в которой накопление загрязнителей может происходить в течение длительного периода. При этом взаимный переход химических компонентов между почвами, находящимися на соседних территориях, осуществляется в весьма ограниченном масштабе. Чего не скажешь о водоемах и водотоках и, тем более, о приземном слое атмосферы. С другой стороны, почва, находясь в контакте с другими элементами окружающей среды, постоянно обменивается с ними веществом посредством миграционных водных, миграционных воздушных, транслокационных переходов. Почва является депонирующим элементом природной среды, оказывающим существенное влияние на регуляцию содержания химических загрязнителей во всех контактирующих с ней средах. Изучение состояния почвенного покрова должно играть ведущую роль в экологическом нормировании всей окружающей среды. Часто, при относительно удовлетворительном состоянии гидросферы или атмосферы, укладываемые в существующие нормативы, изменение гидрологической или метеорологической обстановки может привести к резкому

увеличению содержания вредных веществ за счет поступления их подвижных компонентов из почвы.

Катастрофическая авария на буровой платформе British Petroleum в Мексиканском заливе в апреле 2010 г. привела к выбросу в залив, по разным оценкам, от 500 до 800 тыс. баррелей нефти. Через год после аварии, по официальным заявлениям руководства British Petroleum, обстановка нормализовалась и морепродукты в заливе были признаны безопасными для употребления в пищу. Вместе с тем около четверти всей площади Мексиканского залива оставалась закрыта для рыболовства. На фотографиях, публикуемых независимыми наблюдателями, были видны нефтяные пятна и даже целые нефтяные озера, а на берегу находили сотни мертвых морских черепах. Несоответствие официальных и независимых данных могло отражать возможное занижение виновниками аварии ее масштабов. С другой стороны, выводы, сделанные представителями компании, могли действительно соответствовать реальной ситуации, так как они были сделаны на основании нормативов содержания нефтепродуктов в воде. На многокилометровом побережье, а также на дне залива могли существовать многотонные «залежи» тяжелых нефтяных остатков, поднимающиеся водой при волнении и переходящие в воды залива, что приводило к их повторному загрязнению.

Нормирование уровня нефтяного загрязнения почвы представляет собой сложную задачу. Порой, даже очень высокие значения суммарного содержания нефтепродуктов связаны не с техногенным загрязнением, а обусловлены генетическими особенностями самой почвы. Задача установления градаций «действительного» уровня загрязнения почвенного покрова нефтепродуктами до сих пор ждет своего разрешения. Многие руководящие документы, содержащие такие градации, дают заметно различающиеся количественные показатели.

В настоящее время наиболее развитой областью нормирования состояния окружающей среды является система санитарно-гигиенических нормативов, наиболее употребительными из которых являются предельно допустимые концентрации (ПДК), установленные отдельно для элементов природной среды – атмосферного воздуха, водоемов, почвы. При этом в России для почв установлено только около 40 норм ПДК, из которых только около десяти касаются нефтепродуктов. За рубежом, в частности в США, эколого-экономическое регулирование регламентировано системой норм ПДК, квотами на выбросы и стандартами качества окружающей среды. Главный недостаток системы ПДК для почв заключается в том, что они представляют собой универсальные всеобщие нормативы для больших территорий. В них отсутствует учет специфики функционирования экосистем в различных природно-климатических зонах, биогеохимических провинциях, имеющих естественные геохимические аномалии и различный уровень фоновое содержания природных соединений. Система локального нормирования состояния окружающей среды имеет чрезвычайно важное значение в связи с тем, что при разливах нефтепродуктов предприятие, являющееся виновником чрезвычайной ситуации, обязано обеспечить экологический мониторинг элементов окружающей среды, представляя в надзорные органы письменный отчет, основанный на локальной системе наблюдений и опирающийся на локальную систему нормативов.

Сложность при установлении нормативов содержания нефтепродуктов в почвах, как собственно и в других природных средах, во многом связана с неопределенностью самого понятия «нефтепродукты». Казалось бы, чего проще: нефтепродукт – это продукт, производимый из нефти. Часто в научных исследованиях наблюдается терминологическая путаница, когда разные отрасли знания вкладывают в одно и то же понятие различный смысл. Согласно ГОСТу [3] нефтепродуктом называется готовый продукт, полученный при переработке нефти, газоконденсатного, углеводородного и химического сырья. К такому определению часто применяют термин товарные нефтепродукты.

Попадая в природную среду, эти вещества претерпевают значительные изменения, в основном связанные с испарением легких фракций, вымыванием природными водами, фотоокислением, биодegradацией. В итоге они перестают соответствовать составу исходных нефтепродуктов, вырабатываемых на нефтеперерабатывающих заводах. Если считать нефтепродуктами все компоненты, содержащиеся в нефти, то это широкий круг алифатических, алициклических и ароматических углеводородов, а также гетерогенных смолистых и асфальтеновых соединений. И здесь существенную роль начинает играть способ их аналитического определения. Например, в методике, допущенной для целей государственного экологического контроля, под нефтепродуктами понимаются неполярные и малополярные углеводороды (алифатические, ароматические, алициклические), экстрагируемые неполярным или малополярным растворителем (гексан, тетрахлоруглерод), и отделяемые от суммарного экстракта на оксиде алюминия [4]. При этом выбор экстрагента и способа экстракции может оказывать существенное влияние на состав экстрагируемых соединений. В нефтяной геохимии еще со времен СССР принято в качестве экстрагента использовать хлороформ [5], который «вытягивает» из пробы гораздо более широкий круг компонентов, включая полиароматические углеводороды и гетерогенные соединения, отделение которых проводят на силикагеле. Правда, часто их не называют нефтепродуктами, а используют термин «битумоиды» или экстрагируемые органические соединения (ЭОС). В методе, основанном на применении молекулярной люминесценции, в качестве экстрагента используют гексан, а выделение углеводородной части осуществляют на основании анализа спектров люминесценции [6]. В данном методе возможно изучение только ароматических соединений, способных люминесцировать в ультрафиолетовой области спектра.

При разработке экологических нормативов существенное значение имеют вопросы аналитического обеспечения, выбора информационных параметров и методов свертывания информации. В значительной степени это относится к нормативам содержания нефтепродуктов, поскольку содержащееся в природной среде органическое вещество часто имеет состав, схожий по составу с нефтяными компонентами, по крайней мере, дает при определении аналогичный аналитический сигнал. Выявление техногенного нефтяного загрязнения на природном фоне может быть осуществлено двумя путями. Первый – детальный анализ с выявлением индивидуализирующих компонентов и их установленными количественными соотношениями. Чем эффективнее и селективнее метод анализа, тем больше возможностей для вычленения техногенной составляющей из всего комплекса органических соединений почвы. Решение такой задачи возможно при наличии данных о фоновых значениях содержания органических компонентов в почвах, имевшихся до начала эксплуатации нефтехимических объектов. Для уверенного установления различий между компонентами нефтяного загрязнения и фоновыми органическими соединениями почв необходимо проводить исследования на молекулярном уровне. При этом наилучшие результаты дают такие методы анализа, как газовая и жидкостная хроматографии, хромато-масс-спектрометрия, спектроскопия ядерно-магнитного резонанса. Однако применение этих методов требует больших приборно-аналитических и временных затрат. Данный подход требует сложного дорогостоящего оборудования, большого количества расходных материалов, а также предъявляет высокие требования к пробоотбору и пробоподготовке. Немаловажно также отсутствие возможности проводить анализы во временных полевых лабораториях, оборудование необходимо размещать в стационарных условиях со стабильным электроснабжением.

Второй путь – массовые анализы с использованием для их обработки методов математической статистики. Система скрининговых аналитических методов количественного определения нефтяного загрязнения в почве является принципиальным путем выделения техногенного загрязнения из общей суммы органических компонентов окружающей среды, альтернативным проведению детального анализа проб [7]. Не позволяя проводить анализ индивидуального состава нефтепродуктов, эти методы способны давать

суммарную интегральную характеристику содержания нефтепродуктов. Быстрое массовое определение содержания нефтепродуктов позволяет оперативно оценивать степень загрязнения природных объектов, выделяя зоны с различным уровнем загрязнения. Обработка результатов скрининговых определений с использованием методов математической статистики позволяет выявлять локальные очаги или крупные зоны нефтяного загрязнения на природном фоне, выделять аномальные зоны загрязнения, подсчитывать валовое количество загрязнителей в природной среде, оценивать экологический ущерб.

При этом анализ должен основываться на экспрессном определении нефтепродуктов с упрощенной процедурой пробоотбора и пробоподготовки, что обеспечивает возможности массовых анализов. Результат определения должен выражаться количественно. Число определяемых независимых параметров должно быть невелико. Методика должна базироваться на использовании малогабаритного, доступного оборудования с минимальным количеством расходных материалов с возможностью функционирования в полевых передвижных лабораториях. Желательно использовать 2–3 метода с возможностью корреляции результатов. Необходимо добавить, что возможность использования результатов массовых анализов для объективной характеристики состояния природной среды во многом связана с уровнем разработанности систем обработки аналитических данных, использующих методы математической статистики, опирающиеся на детерминистские или стохастические модели [8, 9].

В настоящей работе проведен корреляционный анализ силы (тесноты) связи между результатами, получаемыми при изучении нефтяного загрязнения почв двумя скрининговыми методами анализа нефтепродуктов в почвах. Первый – арбитражный ИК-спектроскопический метод (ИКС) определения содержания нефтепродуктов в почвах [4]. Метод заключается в экстракции из почв экстрагируемых органических соединений четыреххлористым углеродом (ЭОС-ЧХУ), хроматографическом отделении нефтепродуктов от сопутствующих органических соединений других классов на окиси алюминия, и количественном определении нефтепродуктов (НП) по интенсивности поглощения в ИК-области спектра С-Н связей метильных и метиленовых групп в области $2700\text{--}3100\text{ см}^{-1}$. Такое определение допускает отнесение к «нефтепродуктам» практически только углеводородную часть нефтяных компонентов.

Вторым методом, использованным в работе, был метод, основанный на экстракции из почв органических соединений гексаном и исследовании гексановых экстрактов методом молекулярной люминесценции в ультрафиолетовой и видимой областях спектра [6]. Согласно закономерностям молекулярной люминесценции, способностью люминесцировать обладают только ароматические углеводороды, а также смолистые компоненты нефтепродуктов, в состав которых входят ароматические структуры. Важным преимуществом люминесцентного метода является его чрезвычайно низкий предел обнаружения, по крайней мере, на порядок ниже ИКС метода. Таким образом, два выбранных метода взаимно дополняют друг друга, давая независимые результаты, основанные на изучении различных классов нефтяных углеводородов. Первый, в основном, фиксирует содержание алифатических углеводородов и легких ароматических углеводородов бензольного ряда, второй – содержание нефтепродуктов по всему спектру ароматических структур. Основной задачей явилось установление тесноты корреляционных связей между результатами, полученными каждым из использованных методов.

В качестве переменных, взаимосвязь которых устанавливалась в исследовании, были выбраны содержание неполярных нефтепродуктов, определяемое методом ИК-спектроскопии, и содержание ароматических углеводородов, определяемое методом молекулярной люминесценции. Эта взаимосвязь проявляется в совместной вариации: при изменении одного показателя имеет место тенденция изменения другого. Корреляция характеризуется направлением, формой и силой (теснотой). Линейность корреляции проявляется в том, что

точки на графике зависимости одного показателя от другого расположены вдоль прямой линии. Положительный или отрицательный наклон такой линии определяется направлением взаимосвязи.

Крайне важная характеристика корреляции – теснота. Чем теснее взаимосвязь, тем ближе к прямой точки на диаграмме. Для получения стандартизированной величины тесноты взаимосвязи использовался линейный коэффициент корреляции Пирсона:

$$r = \frac{\sum(X_i - X_{cp})(Y_i - Y_{cp})}{\sqrt{\sum(X_i - X_{cp})^2 \sum(Y_i - Y_{cp})^2}},$$

где r – коэффициент корреляции Пирсона; X_i и Y_i – значения показателей; X_{cp} и Y_{cp} – средние значения показателей.

В качестве объекта изучения послужили 52 образца почв, отобранные в районе разведочной скважины на нефтяном месторождении в Архангельской области. Содержание нефтепродуктов в изученных образцах, изученное методом ИКС (НП_{икс}), варьировало в диапазоне от 30 до 4 950 ppm, при среднем значении 988 ppm. Содержание нефтепродуктов, определенное методом молекулярной люминесценции (НП_{люм}), варьировало в диапазоне от 10 до 2 610 ppm, при среднем значении 555 ppm.

Линейный коэффициент корреляции между двумя массивами данных составляет величину 0,81. Поскольку данное значение рассчитано по выборке, то оно представляет собой лишь оценку корреляции. Степень близости оценочного значения к истинному можно определить через доверительные интервалы. Для этого делаем преобразование Фишера для r :

$$z = 0,5 \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right),$$

где z – преобразование Фишера для выборочного коэффициента корреляции; r – коэффициент корреляции Пирсона.

Получаем величину $z=1,11$. Далее, исходя из свойств нормального распределения, находим верхнюю и нижнюю границы доверительного интервала для z . Нижняя граница z равна 0,83, верхняя граница z равна 1,39. Обратным преобразованием Фишера находим границы доверительного интервала для r . Нижняя граница r равна 0,68, Верхняя граница r равна 0,88. Таким образом, установлено, что предельное оценочное значение r «поджато» к верхним значениям.

При значении r равном 0,81 нельзя утверждать, что имеется хорошая положительная корреляция между двумя массивами данных, полученными независимыми методами исследования. Наглядное представление о корреляции дает диаграмма рассеяния и построенная по ней регрессионная модель (рис. 1). Оценку качества регрессионной модели дает коэффициент детерминации – R^2 , определяемый как квадрат коэффициента корреляции. На диаграмме рассеяния точек, отображающих зависимость содержания нефтепродуктов, полученных двумя методами, заметен значительный разброс значений относительно линейной регрессионной зависимости (рис. 1). Зависимость имеет вид:

$$\text{НП}_{\text{люм}} = 0,44\text{НП}_{\text{икс}} + 120$$

при низком значении коэффициента детерминации $R^2=0,65$.

Это подтверждает низкую корреляционную зависимость между анализируемыми рядами данных.

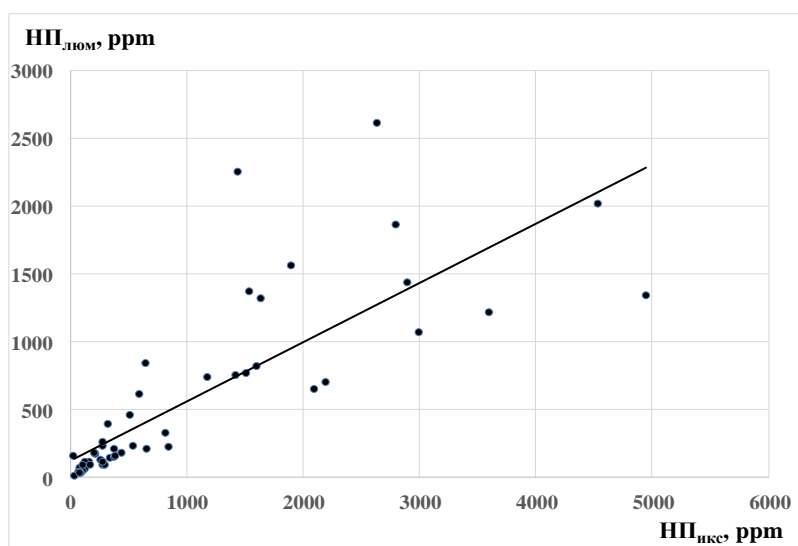


Рис. 1. Диаграмма рассеяния значений зависимости содержания нефтепродуктов, определенных двумя методами

Между тем из приведенного графика можно сделать предположение о том, что теснота связи между оцениваемыми параметрами различна в различных диапазонах концентраций нефтепродуктов. Предварительный анализ диаграммы рассеяния показывает, что коэффициент корреляции между массивами данных по содержанию нефтепродуктов, полученными двумя независимыми методами, близок к единице при малых значениях содержания нефтепродуктов. Проводим анализ тесноты связи между массивами данных отдельно для интервала значений содержания нефтепродуктов менее 220 ppm и выше 220 ppm (рис. 2, 3).

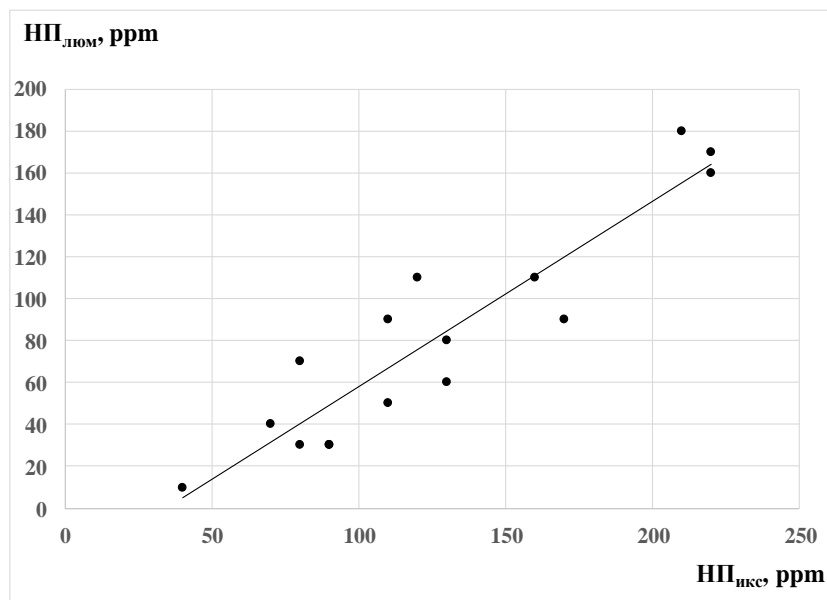


Рис. 2. Диаграмма рассеяния значений зависимости содержания нефтепродуктов, определенных двумя методами при содержании нефтепродуктов менее 220 ppm

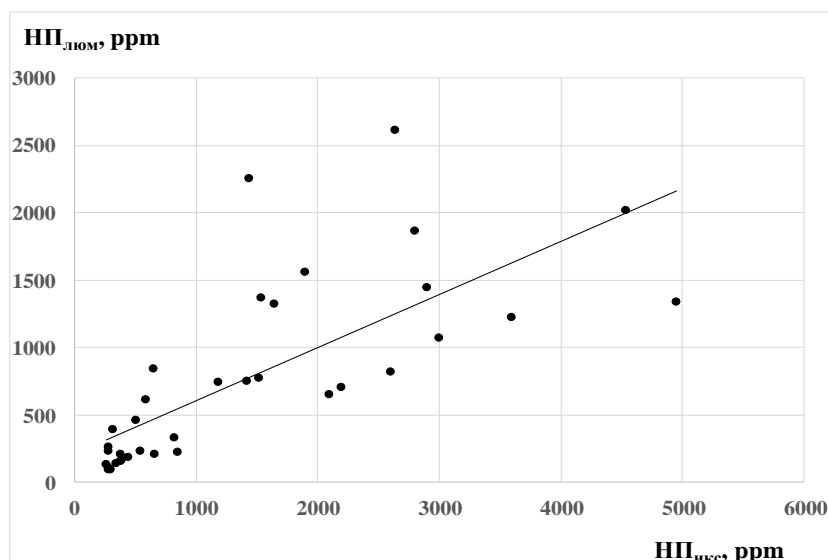


Рис. 3. Диаграмма рассеяния значений зависимости содержания нефтепродуктов, определенных двумя методами при содержании нефтепродуктов более 220 ppm

В диапазоне значений содержания нефтепродуктов менее 220 ppm коэффициент корреляции равен 0,93. Линейная регрессия имеет вид:

$$\text{НП}_{\text{ЛЮМ}} = 0,89\text{НП}_{\text{ИКС}} - 30,4$$

при высоком значении коэффициента детерминации $R^2=0,86$.

Следует также отметить, что угол наклона регрессионной зависимости равен $\text{arctg}0,89=41,7^\circ$, то есть близок к 45° . Таким образом, значения содержания нефтепродуктов, определенные двумя методами, практически различаются на близкую для всех измерений величину около 30 ppm. Для сравнения отметим, что угол наклона регрессионной зависимости для всего массива данных равен $23,8^\circ$.

В диапазоне значений содержания нефтепродуктов выше 220 ppm коэффициент корреляции равен 0,74. Линейная регрессия имеет вид:

$$\text{НП}_{\text{ЛЮМ}} = 0,39\text{НП}_{\text{ИКС}} + 211$$

при низком значении коэффициента детерминации $R^2=0,54$.

Данные по содержанию нефтепродуктов, полученные двумя методами в этом диапазоне концентраций, очень слабо коррелируют.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что при относительно низких значениях концентраций нефтепродуктов в почвах анализ их количественного содержания двумя независимыми методами дает адекватные результаты. При относительно высоких содержаниях нефтепродуктов в почвах необходимо использовать для анализа их количественного содержания данные два метода, анализируя их результаты логико-вероятностными методами.

Литература

1. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 280 с.

2. Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. М.: НИИ «Природа», 2004. 271 с.
3. ГОСТ 26098–84. Нефтепродукты. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2010.
4. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. (изд. 2005 г.) // StandartGOST.ru. URL: StandartGost.ru/g/ПНД_Ф_16.1:2.2.22-98 (дата обращения: 17.08.2020).
5. Современные методы исследования нефтей: справочно-методическое пособие / Н.Н. Абрютин [и др.]. Л.: Недра, 1984. 431 с.
6. Методика выполнения измерения массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 03-03-2012). ПНД Ф 16.1:2.21-98 (изд. 2012 г.) // StandartGOST.ru. URL: StandartGost.ru/g/ПНД_Ф_16.1:2.21-98 (дата обращения: 17.08.2020).
7. Золотов Ю.А. Скрининг массовых проб // Журнал аналитической химии. 2001. Т. 56. № 8. С. 794.
8. Бардин И.В., Моторыгин Ю.Д., Галишев М.А. Прогнозирование ситуаций и оптимизация принятия решений по улучшению экологической обстановки в районах с нефтяным загрязнением на основе конечных цепей Маркова // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 1–2. С. 32–39.
9. Галишев М.А., Моторыгин Ю.Д. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 59–64.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Агарков Александр Владиславович – аспирант, инженер 1 кат. науч.-исслед. отд. авар.-спас. технол. Гос. науч.-исслед. ин-та горноспасат. дела, пож. безопасн. и гражд. защиты «Респиратор» МЧС ДНР (283048, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, д. 157), e-mail: aleksander_agarkov@mail.ru;

Аксенов Александр Александрович – препод. каф. безопасн. жизнедеятельности МГУ им. Н.П. Огарёва (430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), e-mail: 79117183190@yandex.ru, канд. техн. наук;

Актерский Юрий Евгеньевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: akterskij.y@igps.ru, д-р воен. наук, проф.;

Андрюшкин Александр Юрьевич – зав. каф. «Технология конструкц. материалов и пр-ва ракетно-космич. техн.» Балт. гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21), канд. техн. наук, доц.;

Афанасьев Евгений Олегович – препод. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Белоуско Юрий Александрович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Бокадаров Станислав Александрович – ст. науч. сотр. орг.-науч. и ред. отд. Воронеж. ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1-а), e-mail: bokadarov.stas@inbox.ru, канд. техн. наук;

Венгерский Дмитрий Олегович – студент гр. ЗВТм-20-1 Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: vip2777@mail.ru;

Воронов Олег Сергеевич – зам. нач. ГУ по гражд. обороне и защ. нас. – нач. упр. гражд. обороны и защ. нас. ГУ МЧС России по Липецкой обл. (398024, г. Липецк, ул. Папина, д. 2 «а»), e-mail: o.s.voronov@yandex.ru;

Воропаев Николай Петрович – доц. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: voropaev.n@igps.ru, канд. воен. наук;

Галишев Михаил Алексеевич – проф. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: galishev.m@igps.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Данилевич Андрей Васильевич – нач. учеб. пож.-спас. части ин-та проф. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Демехин 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: demehinfv@creafire.ru, д-р техн. наук;

Егорова Наталья Ивановна – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: enat99@mail.ru, канд. физ.-мат. наук;

Завьялов Дмитрий Евгеньевич – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zavialov-dmitriy@mail.ru, канд. техн. наук;

Зайкин Руслан Григорьевич – инстр. проф-ки гр. проф-ки пож. спец. пож.-спасат. части № 8 ФГКУ «Специальное управление ФПС № 50 МЧС России» (192012, Санкт-Петербург, пр. Обуховской Обороны, д. 136), e-mail: ruslan-zajkin@yandex.ru;

Ищенко Андрей Дмитриевич – проф. каф. пож. тактики и службы Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: andiko@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), канд. техн. наук;

Калач Андрей Владимирович – нач. каф. безопасн. информ. и защ. сведений, составляющих 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.;

Карпов Алексей Васильевич – вед. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), e-mail: avkhome@inbox.ru, канд. техн. наук;

Клюй Валерий Владимирович – проф. каф. орг. пожаротуш. и провед. авар.-спасат. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: val-1964@yandex.ru, канд. пед. наук, доц.;

Конюшенко Игорь Олегович – вед. инж.-схемотехник АО «НПК «Пеленгатор» (198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д. 31), e-mail: igorek1980@mail.ru, канд. физ.-мат. наук;

Копкин Евгений Вениаминович – проф. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kopkin.e@igps.ru, д-р техн. наук, доц.;

Короткова Юлия Сергеевна – студентка гр. ЗВТм-19-1 Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: korotkova.yu.s@yandex.ru;

Крутолапов Александр Сергеевич – проф. каф. пож. авар.-спас. техн. и автом. хоз. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: krutolapov@igps.ru, д-р техн. наук, доц.;

Крымский Виталий Вячеславович – зам. нач. каф. орг. пожаротуш. и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kvv-1982@yandex.ru, канд. экон. наук, доц.;

Ложкин Владимир Николаевич – проф. каф. пож. авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Мамаев Валерий Владимирович – зам. дир-ра по науч. работе Гос. науч.-исслед. ин-та горноспасат. дела, пож. безопасн. и гражд. защиты «Респиратор» МЧС ДНР (283048, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, д. 157), e-mail: respirator@mail.dnmchs.ru, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.;

Маслаков Михаил Дмитриевич – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Мельник Антон Анатольевич – нач. науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: melnik@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Минкин Денис Юрьевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротуш. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р СПб ГУП «Горэлектротранс» (196105, Санкт-Петербург, Сызранская ул., д. 15), e-mail: dunkel@mail.ru, д-р техн. наук, проф.;

Монашков Виктор Владимирович – доц. СПб политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: mvv0110@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Мотыженкова Марина Георгиевна – аспирант каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротуш. СПб ун-та ГПС МЧС России (196106, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: marina_botova@mail.ru;

Немец Валерий Михайлович – проф. СПб гос. ун-та физ. фак-та (198504, Санкт-Петербург, ул. Ульяновская, д. 1), e-mail: nemec_vm@mail.ru, д-р техн. наук, проф.;

Нестеров Михаил Юрьевич – инсп. отд. ДНПР МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1), e-mail: nesterov.m01@mail.ru;

Новиков Владислав Романович – ст. препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: novikovvr@mail.ru;

Омельчук Михаил Владимирович – доц. каф. «Техносферная безопасность» Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: omelchuk.m.v@mail.ru, канд. техн. наук;

Онов Виталий Александрович – нач. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: onov.va@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

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: pechurinas@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Потапова Юлия Сергеевна – бакалавр Высш. шк. техносф. безопасн. СПб гос. политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: potarova.yas@edu.spbstu.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), канд. техн. наук, доц.;

Савенкова Анастасия Евгеньевна – препод. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: savenkova@igps.ru, канд. техн. наук;

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;

Седнев Анатолий Владимирович – студент Моск. гос. техн. ун-та им. Н.Э. Баумана (нац. исслед. ун-та) (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), техник лаб. динам. проц. ин-та машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101000, Москва, ул. Бардина, д. 4), e-mail: stolya2000@mail.ru;

Сильников Михаил Владимирович – проф. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: silnikov.m@igps.ru, д-р техн. наук, проф.;

Скрипка Александр Владимирович – нач. каф. горноспасат. дела и взрывобезопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Соловьев Виктор Олегович – зав. отд. Ин-та машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101000, Москва, ул. Бардина, д. 4); e-mail: solovievvo@yandex.ru, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.;

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;

Сытдыков Максим Равильевич – нач. каф. пож. авар.-спас. техн. и автом. хоз. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sytdykov@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Танклевский Леонид Тимофеевич – зав. каф. «Пожарная безопасность» СПб политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), д-р техн. наук, проф.;

Таранцев Андрей Александрович – препод. каф. пож. тактики и службы Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: dask_cradle@mail.ru;

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

зав. лаб. проблем безопасн. транспорт. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: t_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Ударцева Ольга Владимировна – проф. каф. техносфер. безопасн. Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: oblاد@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Филановский Александр Маркович – 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: filanovsky@igps.ru, канд. техн. наук;

Фомин Александр Викторович – проф. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Хасанов Ирек Равильевич – гл. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), e-mail: irhas@rambler.ru, д-р техн. наук;

Хорошев Андрей Александрович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: andrey.horoshev@list.ru;

Шидловский Григорий Леонидович – нач. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: shidlovsky.g@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Шилов Александр Геннадьевич – препод.-методист отд. информ. уч. проц. отд. техн. откp. обр. инст. заоч. и дист. обуч. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: Shilov@igps.ru;

Эдеев Баатр Сергеевич – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Юнцова Ольга Семеновна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: uncova@igps.ru, канд. пед. наук, доц.



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-майор 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, 2 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, ИЦУКС 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):

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.

Пристатейные 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. Грждяну 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 (56) – 2020

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 29.12.2020. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. л. 21,5 Тираж 1000 экз. Зак. № 00

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149