

В ЭТОМ НОМЕРЕ:**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ****К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ***Королев Д.С., Калач А.В.*..... 3**СОЗДАНИЕ ПОЗИЦИЙ ПО ТУШЕНИЮ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОЖАРОТУШЕНИЕМ
В ЗДАНИЯХ НИЗКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ПОЖАРЕ***Денисов А.Н., Степанов О.И., Стахеев М.В.*..... 10**ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ В ЦЕЛЯХ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ПРОВЕДЕ-
НИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ***Юрченко Р.А., Топоров А.В., Кропотова Н.А., Иванов В.Е., Яковенко Т.А.*..... 18**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ
НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ***Барановских С.А., Карама Е.А.*..... 26**ПРОГНОЗ СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА В ГОРОДСКОЙ МЕСТНОСТИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА 2018 ГОД С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА
ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ***Кайбичев И.А., Кайбичева Е.И.*..... 30**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В
УСЛОВИЯХ СТАБИЛИЗАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР***Мифтахутдинова А.А., Иванов А.В., Ивахнюк Г.К.*..... 36**ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ СТЕНКИ ДЫМОУДАЛЯЮЩЕГО ОТВЕРСТИЯ
НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ «ПОДДУВА» ПРИ ПОЖАРЕ В ПОМЕЩЕНИИ***Илтыбаева В.Г., Беляков В.А., Носков А.С.*..... 45**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ***Прусаков В.А., Тимофеев Н.С., Гравит М.В., Симоненко Я.Б.*..... 51**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
И ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ
УГЛЕВОДОРОДНОГО ГОРЕНИЯ***Головина Е.В., Беззапонная О.В., Акулов А.Ю.*..... 68**ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СОСТАВОВ ИНТУМЕСЦЕНТНОГО
ТИПА ПРИ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЯХ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГОРЕНИЯ***Головина Е.В., Беззапонная О.В., Акулов А.Ю., Мансуров Т.Х.*..... 75**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PROMRISK
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АВАРИЙ НА АЗС***Кокорин В.В., Субачев С.В., Мельниченко Ю.В., Хафизов Ф.Ш., Хафизов И.Ф.*..... 82**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБСТАНОВКИ
С ПОЖАРАМИ В ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЯХ
ПО ВИДАМ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ***Харин В.В., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю.*..... 88

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРЕСТУПНЫМ НАРУШЕНИЯМ ПРАВИЛ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ <i>Елфимов П.В., Виноградова О.П., Ефимов И.А., Токарев Д.С.</i>	95
О ПРОЕКТЕ КОНЦЕПЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИИ ПАРКА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ УСЛОВИЯМ <i>Савин М.А., Теряев В.В., Ложкин В.Н.</i>	104
К ВОПРОСУ ВЫБОРА РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА НА ОСНОВЕ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ <i>Данилов М.М., Данилова М.А., Еремин М.П., Захаревский В.Б., Королев П.С.</i>	113
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ ПОЖАРНОГО ГИДРАНТА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КЛЮЧА ПОЖАРНОЙ КОЛОНКИ <i>Харламов Р.И., Колбашов М.А., Топоров А.В.</i>	122
АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ВЕТРА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПОЖАРА ПРОЛИВА ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ <i>Карькин И.Н., Контарь Н.А., Субачев С.В., Субачева А.А.</i>	128
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУШЕНИЯ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПЫЛЕННЫХ СТРУЙ <i>Бараковских С.А., Карама Е.А., Карапузиков А.А., Дьяков М.В., Тикина И.В., Ставрениди С.Ю.</i>	133
РИСКОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕРОК В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ <i>Лазарев А.А., Булгаков В.В.</i>	139
<u>БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ</u>	
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАДЗОРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА <i>Хабибуллина Н.В., Черепанов Е.А., Бараковских М.В., Пенягин П.В., Бугашева Ю.И.</i>	147
<u>ОХРАНА ТРУДА</u>	
АНАЛИЗ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ФПС ГПС ПО СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Тужиков Е.Н., Перевалов А.С., Шавалеев М.Р., Елесина Ю.К., Хрулев В.В., Шевелева И.Г.</i>	152
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСЛОВИЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ <i>Озден И.В., Султанов Р.М., Хафизов И.Ф., Бекбаева Б.Д., Табульдина А.Т., Кокорин В.В.</i>	158

УДК 614.84

otrid@rambler.ru

**К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ****TO THE QUESTION OF FIRE SAFETY IN THE OIL AND GAS INDUSTRY**

*Королев Д.С., кандидат технических наук,
Калач А.В., доктор химических наук, профессор,
Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО
Ивановской пожарно-спасательной академии
ГПС МЧС России, Воронеж*

*Korolev D.S., Kalach A.V.,
Voronezh Institute - a branch of FGBOU
in the Ivanovo Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of the Ministry
of Emergency Measures of Russia, Voronezh*

В статье отмечается, что основным источником (70 %) доходов государства является экспорт природных ресурсов, в частности газа и нефтепродуктов, а экономический рост достигается за счет высоких цен на углеводороды. Поэтому в рамках реализации «майских указов» президента РФ необходимо продолжать развитие обрабатывающей промышленности страны. Несмотря на это, нефтегазовая отрасль представляет собой источник негативного воздействия на окружающую среду, способствует возникновению угроз для жизни и здоровья граждан.

Для регулирования качества всей окружающей среды используют параметр ПДВ (предельно допустимый выброс). Данный показатель характеризует объем веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения. Получая искомое значение ПДВ, можно предложить комплекс мероприятий по снижению приземных концентраций вредных веществ для уменьшения их влияния на население.

Однако для обеспечения защиты населения, материальных ценностей, расчет ПДВ не считается достаточным. К решению проблемы необходимо подходить комплексно, а именно необходимо исключать условия, способствующие возникновению и развитию пожара.

Таким образом, на всем пути решения задач, для достижения поставленной цели необходимо обеспечивать пожарную безопасность на объектах нефтегазовой отрасли. Этого можно добиться путем разработки и использования способа прогнозирования, который представит в короткие сроки сведения о физико-химических свойствах, используемых веществ для разработки систем противопожарной защиты.

Ключевые слова: пожарная безопасность, предельно допустимый выброс, нефтегазовая отрасль, экономика, способ прогнозирования

It is noted that the main source (70%) of the state's revenues is the export of natural resources, in particular gas and oil products, and economic growth is achieved due to a high cent on hydrocarbons. Therefore, as part of the implementation of the "May decrees" of the Russian president, it is necessary to continue the development of the manufacturing industry in the country. Despite this, the oil and gas industry is a source of negative impact on the environment, contributes to the emergence of threats to life and health of citizens.

To regulate the quality of the whole environment, the MPE parameter (maximum permissible emission) is used. This indicator characterizes the volume of substances emitted into the atmosphere by separate sources of pollution. Obtaining the required value of MPE, it is possible to propose a set of measures to reduce surface concentrations of harmful substances to reduce their impact on the population.

However, to ensure the protection of the population, material values, the calculation of MPE is not considered sufficient. The solution of the problem must be approached in a comprehensive manner, namely, it is necessary to exclude the conditions conducive to the occurrence and development of a fire.

Thus, all the way to solve problems, to achieve this goal, it is necessary to provide fire safety at oil and gas facilities. This can be achieved by developing and using a forecasting method that will provide, in a short time, information on the physicochemical properties, the substances used to develop fire protection systems.

Keywords: fire safety, maximum permissible emission, oil and gas industry, economy, forecasting method

На территории России имеются исключительные запасы полезных ископаемых. По оценкам специалистов только на природный газ приходится около трети мировых объемов, 10 % нефти (Западная Сибирь – главная база страны), 25 % цветных и черных металлов (Курская магнитная аномалия, месторождения Урала, Западной Сибири и т. д.). Все это является основной статьей экспорта РФ и достигает 70 % от общего числа вывозимых товаров за границу. С небольшим отрывом идет продукция химической промышленности [1].

Стоит отметить, что мощность 30 крупных и 80 мини нефтеперерабатывающих заводов (далее – НПЗ) позволяют переработать сырья до 261,6 млн тонн. Глубина переработки составляет 72 %, что не соответствует уровню в 93 % НПЗ США [2].

Поэтому в рамках реализации Указа «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», подписанного Президентом РФ, необходимо создавать в различных отраслях экономи-

ки, прежде всего в обрабатывающей и агропромышленной, высокопроизводительные экспортно-ориентированные сектора. В основу которых должны быть положены современные технологии. Это позволит достичь высоких результатов развития в научно-технологическом и социально-экономическом направлении страны [3].

Одним из примеров выполнения Указа Президента можно считать завершение строительства самого крупного в России НПЗ в конечной точке нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан, который будет соответствовать НПЗ развитых экономик мира и др.

В целом, эксперты считают, что стабильность экономического роста России исключительно зависит от цен на углеводороды, производственной и потребительской активности, поэтому сырьевая ориентированность экономики делает ее уязвимой перед колебаниями мировых цен на сырье, главным образом на нефть и газ.

Несмотря на это, нефтегазовая отрасль является одной из основ современ-

ной экономики страны, принося существенный вклад в бюджет государства, но и представляет собой источник негативного воздействия на окружающую среду, создает угрозы возникновения взрывов и пожаров.

Анализируя статистику пожаров (рисунок 1), возникающих на производственных участках, связанных с использованием нефтегазового сырья, можно отметить тенденцию к уменьшению динамики возникновения пожаров и взрывов [4].

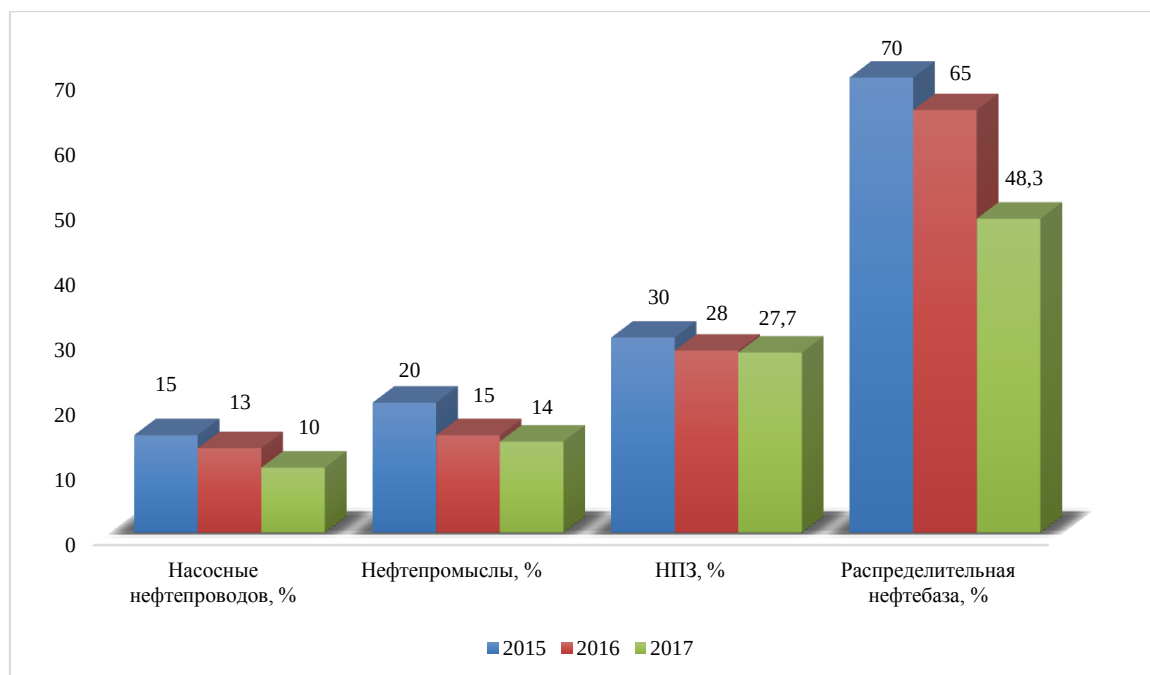


Рисунок 1. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли

Но, несмотря на это, их общее число, а значит и число выбрасываемых вредных веществ вследствие пожара также остается достаточно высоким (таблица 1).

Для регулирования качества всей окружающей среды используют параметр ПДВ (предельно допустимый выброс) [5]. Данный показатель характеризует объем веществ, выбрасываемых в атмосферу

отдельными источниками загрязнения, который устанавливается с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнения атмосферного воздуха при условии не превышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов.

Таблица
Распределение аварий по видам на объектах нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств и объектах нефтепродуктообеспечения

Виды аварий	Число аварий								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Взрыв	5	5	6	9	16	6	3	5	6
Пожар	14	6	5	4	1	5	6	8	11

Выброс опасных веществ	3	2	2	3	3	7	5	6	12
Итого	22	13	13	16	20	18	14	19	19

Предельно допустимый выброс рассчитывается для каждого источника и для каждого вещества по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{M \cdot (\text{ПДК} - C_{\text{ф}})}{C_{\text{м}}},$$

где ПДК – предельно допустимые концентрации; $C_{\text{м}}$ – максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация веществ; M – мощность выброса.

Получая искомое значение ПДВ, можно предложить комплекс мероприятий по снижению приземных концентраций вредных веществ для уменьшения их влияния на население.

Однако, для обеспечения защиты населения, материальных ценностей, расчет ПДВ не считается достаточным. К решению проблемы необходимо подходить комплексно. А именно, проводить профилактику (прогнозирование) причин возникновения пожаров и взрывов, которые способствуют выбросу вредных веществ.

Так, согласно статистике МЧС России за 2017 год (рисунок 2) основными причинами пожаров на производственных объектах, в частности нефтегазовой отрасли, являлись: тепловое проявление электрической энергии, воздействие атмосферного электричества, отбор проб, ремонтные работы, самовозгорание пиррофорных отложений [6].

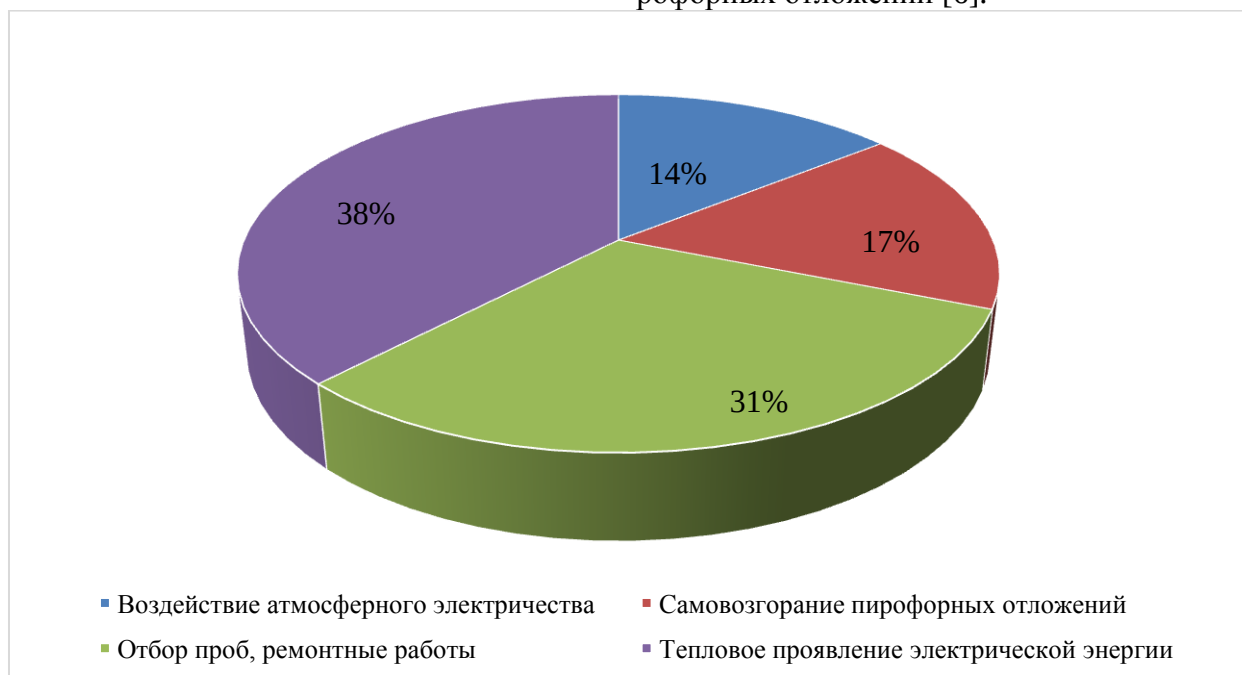


Рисунок 2. Распределение основных источников зажигания на предприятиях нефтегазовой отрасли

Поэтому в целях исключения причин возникновения пожаров и впоследствии взрывов, необходимо разрабатывать системы предотвращения пожаров (далее СПП), в соответствии с действующими нормативными документами.

Так, ФЗ-184 «О техническом регулировании» устанавливает, что к нормативным документам в области пожарной безопасности относятся технические регламенты, в частности ФЗ-123 «Технических регламент о требованиях пожарной

безопасности» (далее – ФЗ-123). Данный документ принимается в целях защиты жизни, здоровья и имущества граждан и юридических лиц, а также устанавливает обязательные для выполнения требования пожарной безопасности.

Работоспособность СПП достигается путем исключения условий образования горючей среды (далее – ГС) и (или) источников зажигания (далее – ИЗ). Кроме того, ФЗ-123 в ст. 49 и ст. 50 предлагает способы по исключению ГС и ИЗ соответственно [7].

В числе таких способов – применение негорючих веществ и мате-

риалов, ограничение массы или объема горючих веществ и т.д., только отсутствие сведений о физико-химических свойствах вещества, применяемых в производстве, становится существенным препятствием для их использования. Это связано в первую очередь с тем, что с каждым годом количество органических соединений увеличивается на 250-300 тыс., а экспериментальное определение пожароопасных свойств веществ сопряжено с рядом осложняющих факторов (рисунок 3).



Рисунок 3. Основные проблемы прогнозирования пожароопасных свойств

Быстро решить эту проблему практически невозможно, поэтому расчетные методы, компьютерное моделирование могут рассматриваться как альтернатива экспериментальному подходу. Отметим, что ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» допускает такой путь решения задачи. Неудивительно, что в ведущих научно-аналитических журналах ежегодно

появляются публикации с новыми уравнениями для предсказания пожароопасных свойств веществ.

Таким образом, создание нового конкурентного способа прогнозирования пожароопасных свойств кислородсодержащих соединений является актуальной задачей, поскольку большое количество разнообразных органических соединений применяется в нефтегазовой отрасли. На-

пример, метанол применяется для предотвращения образования твердых соединений (гидратов) на газоконденсатных скважинах; спиртобензол используется в процессах экстрагирования веществ кислотного характера; спирты и простые эфиры как присадки к бензинам; уксусная и муравьиные кислоты, сложные эфиры как ингибитор скорости растворения карбонатных пород; кетоны для удаления парафиновых отложений с внутренних стенок труб, установленных в скважинах, а альдегиды в качестве химического ве-

щества, способного уничтожать или повреждать живые организмы.

Поэтому основной целью исследования является разработка экспресс-способа прогнозирования пожароопасных свойств кислородсодержащих органических соединений, направленного на улучшение и расширение возможностей существующих методов [8], что позволит оперативно проводить химический анализ свойств веществ и обеспечит решение одной из важных задач – обеспечение пожарной безопасности объектов нефтегазовой отрасли.

Литература

1. Экономика Российской Федерации. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономика Российской Федерации](https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономика_Российской_Федерации), свободный (дата обращения: 04.07.2018).
2. Экономика США. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономика США](https://ru.wikipedia.org/wiki/Экономика_США), свободный (дата обращения: 04.07.2018).
3. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года (извлечение): указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 // Российская газета. 2018. №75601 (97). С. 135-137.
4. Статистика пожаров на территории Российской Федерации за 2017 год. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2018_god, свободный (дата обращения: 04.07.2018).
5. Бакиров И.К. Что надо изменить, чтобы эффективно проверять объекты в области пожарной безопасности // Пожарная безопасность в строительстве. 2011. № 4. С. 42-46.
6. Статистика пожаров в нефтегазовом секторе Российской Федерации за 2017 год. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2018_god, свободный (дата обращения: 04.07.2018).
7. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22.07.08 № 123 // Российская газета. 2008. № 163; Собр. законодательства РФ. 2008. № 30 (Ч. I). Ст. 3579.
8. Экспресс-способ прогнозирования пожароопасных свойств сложных эфиров масляной и пропионовой кислот с использованием молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей: пат. 2621669 Рос. Федерация. № 2016113877 / патентообл. ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России; заявл. 11.04.2016; опубли. 07.06.2017, Бюл. № 16.

References

1. EHkonomika Rossijskoj Federacii [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://ru.wikipedia.org/wiki/EHkonomika Rossijskoj Federacii](https://ru.wikipedia.org/wiki/EHkonomika_Rossijskoj_Federacii), svobodnyj. – (data obrashcheniya 04.07.2018)
2. EHkonomika SSHA [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://ru.wikipedia.org/wiki/EHkonomika SSHA](https://ru.wikipedia.org/wiki/EHkonomika_SSHA), svobodnyj. – (data obrashcheniya 04.07.2018)
3. O nacional'nyh celyah i strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda (izvlechenie): ukaz Prezidenta RF ot 07.05.2018 № 204 // Rossijskaya gazeta. 2018. №75601 (97). S – 135-137
4. Statistika pozharov na territorii Rossijskoj Federacii za 2017 god [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2018_god, svobodnyj. – (data obrashcheniya 04.07.2018)
5. Bakirov I.K. CHto nado izmenit', chtoby ehffektivno proveryat' ob"ekty v oblasti pozharnoj bezopasnosti // Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve. – 2011. – № 4. – S. 42-46.
6. Statistika pozharov v neftegazovom sektore Rossijskoj Federacii za 2017 god [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2018_god, svobodnyj. – (data obrashcheniya 04.07.2018)

7. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnej bezopasnosti : Feder. zakon ot 22.07.08 №123-FZ; odobr. Sov. Federacii 11.07.2008 // Rossijskaya gazeta. – 2008. – № 163; Sobr. zakonodatel'stva RF. – 2008. - № 30 (ch. I), st. 3579

8. EHkspress-sposob prognozirovaniya pozharoopasnyh svojstv slozhnyh ehfirov maslyanoj i propionovoj kislot s ispol'zovaniem molekulyarnyh deskriptorov i iskusstvennyh nejronnyh setej: pat. 2621669 Ros. Federaciya. № 2016113877 / patentoobl. FGBOU VO Voronezhskij institut GPS MCHS Rossii; zayavl. 11.04.2016; opubl. 07.06.2017, Byul. № 16

УДК 519.8: 614.842.651

dan_aleks@mail.ru

**СОЗДАНИЕ ПОЗИЦИЙ ПО ТУШЕНИЮ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
ПОЖАРОТУШЕНИЕМ В ЗДАНИЯХ НИЗКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ
ПРИ ПОЖАРЕ**

**CREATION OF EXTINGUISHING POSITIONS IN THE MANAGEMENT
OF FIREFIGHTING IN LOW RESISTANCE BUILDINGS IN FIRE**

*Денисов А.Н., кандидат технических наук,
Академия ГПС МЧС России, Москва,
Степанов О.И., Главное управление МЧС России по
Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре, Ханты-Мансийск,
Стахеев М.В.,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Denisov A.N.,
Academy of State Fire Service of the Ministry
of Emergency Situations of Russia, Moscow,
Stepanov O. I.,
Department for Fire and Rescue Training
and Emergency Rescue Units of the Ministry of Emergency Situations
of Russia for the Khanty-Mansiysk Autonomous District – Yugra,
Khanty-Mansiysk
Stakheev M.V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Для определения составляющих операций при тушении пожаров в зданиях с низкой устойчивостью было проведено исследование. Исследование было направлено на изучение действий звеньев газодымозащитной службы при проведении разведки пожара, поиска пострадавших, обследования путей эвакуации. На основе экспериментальных данных исследования установлены зависимости времени проведения разведки звеньями газодымозащитной службы в помещениях жилого здания V степени огнестойкости от количества создаваемых позиций, реализующих выполнение основной задачи по тушению пожара. Уточнены данные ранее проведенного экспериментального исследования в соответствующих метеоусловиях, в аналогичном составе испытуемых. Приведены заключения относительно структурообразующих элементов систем управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров в зданиях низкой устойчивости при пожаре, положенные в основу разрабатываемых систем информационно-аналитической поддержки управления, подтверждена необходимость создания не менее одной позиции по тушению одним оперативным отделением для реализации тактического потенциала пожарно-спасательных подразделений. Обозначены пути совершенствования действий личного состава пожарно-спасательных подразделений в составе звеньев газодымозащитной службы. Данные, полученные в ходе исследования, подтверждают правильность концепции создания максимального количества позиций по тушению пожара в начальный период пожаротушения.

Ключевые слова: позиция, жилое здание, звено, пожаротушение, разведка.

This research was conducted to determine the order of operations in extinguishing fires in low resistance buildings. The aim of the research is to study the actions of sub-formations of the gas rescue service in fireground reconnaissance, searching for injured and examining evacuation routes. Based on the research experimental data it was established the time dependence of the reconnaissance by the units of the gas rescue service in the V grade residential buildings against the number of created positions that implement the basic task for fire extinguishing. The data of the earlier conducted experimental research in the corresponding weather conditions were updated in the same composition of the examinees. Conclusions are given regarding the structure-forming elements of fire and rescue units control systems for fire extinguishing in buildings with low fire resistance which are the basis for the developed information and analytical support systems for management. It was confirmed the need to create at least one extinguishing position by one operational unit for realizing the tactical potential of fire- rescue units. The ways of improving the actions of the staff of fire-rescue units as part of the gas rescue sub-formations are specified.

The data obtained during the research prove the correctness of the concept of creating the maximum number of positions for extinguishing fire in the initial period of fire-fighting.

Keywords: position, residential building, sub-formation, firefighting, reconnaissance.

Пожаротушение в зданиях с низкой устойчивостью при пожаре (ЗНППУ) представляется сложным организационно-управленческим процессом, изучение которого требует эмпирического исследования его отдельных составляющих операций [1, 2].

В рамках исследования оперативно-тактических действий (ОТД) оперативных отделений пожарных подразделений при тушении пожаров в ЗНППУ на базе подразделений 7 отряда ФПС по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре проведен эксперимент по установлению временных параметров проведения отдельных ОТД.

Оперативно-тактическая характеристика объекта, на котором проводилось исследование, следующая. Жилое здание низкой устойчивости при пожаре (V сте-

пени огнестойкости) двухэтажное, двухподъездное на 16 квартир (Рисунки 1, 2). Каждый подъезд (секция) восьмиквартирный. Внутренние двери квартир и комнат приоткрыты или отсутствуют. Здание расположено по адресу: Ханты-Мансийский автономных округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Коминтерна 19. Размеры здания ($l \times b \times h$) – $50 \times 10 \times 9$ м. Наружные стены брусковые, обшитые доской. Внутренние перегородки и перекрытия из деревянной плиты, обшитой с двух сторон фанерой. Кровля двухскатная, шиферная по деревянной обрешетке, отопление центральное, водяное, освещение электрическое, вентиляция естественная. Здание не газифицировано. Чердачное пространство сообщается с внешней средой посредством слуховых окон с торца и по фасаду здания.



Рисунок 1. Объект условного пожара

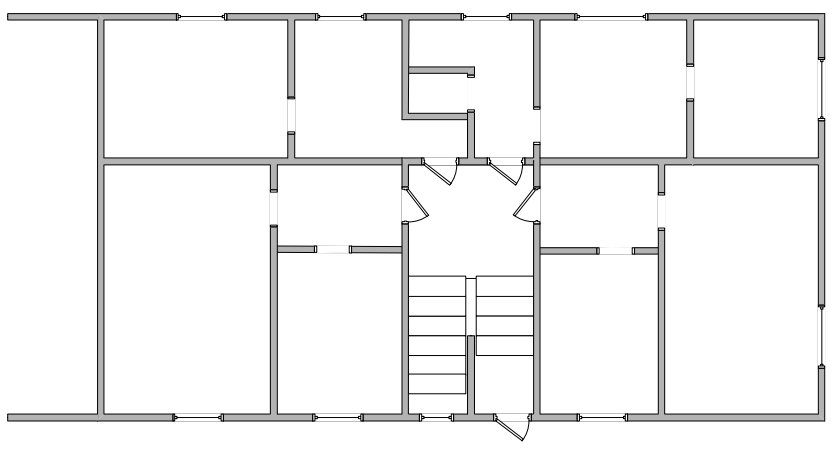


Рисунок 2. Схема первого этажа здания

Согласно расписанию выезда подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на тушение пожара

по адресу Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Коминтерна 19 привлекаются силы и средства пожарно-спасательных подразделений, указанных в таблице 1.

*Таблица 1
Силы и средства пожарно-спасательных подразделений,
привлекаемых для тушения пожара*

Подразделение	Место дислокации	Количество и тип пожарных автомобилей	Количество личного состава
75 ПСЧ 7 ОФПС	г. Ханты-Мансийск	АЦ-40	5
132 ПСЧ 7 ОФПС	г. Ханты-Мансийск	ПСА-С	4
СПТ 7 ОФПС	г. Ханты-Мансийск	АБР	4

Процедура исследования, условия и оборудование

Звено (звенья) ГДЗС, задействованные в эксперименте, с установленным

минимальным комплектом экипировки [3], находится у входа в подъезд (секцию) ЗНППУ (Рисунок 3).

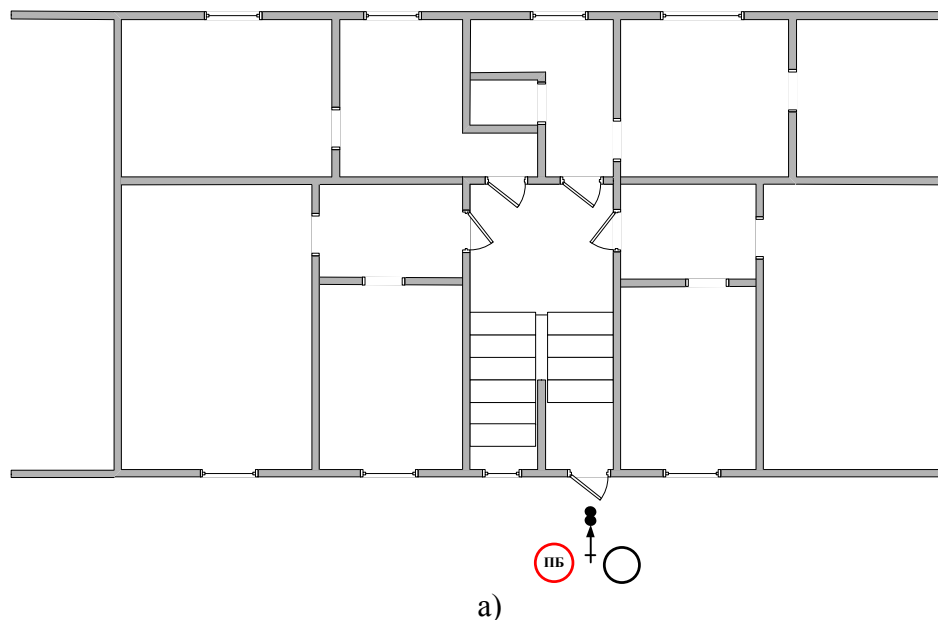


Рисунок 3. Схема расстановки испытуемых на момент начала эксперимента с 1 звеном ГДЗС (а) и проведение рабочей проверки звеном (б)

Газодымозащитниками, под руководством командира звена ГДЗС, проводится рабочая проверка СИЗОД, звенья ГДЗС с перекрытым остеклением панорамных масок (имитация ухудшения видимости при плотном задымлении в условиях пожара) приступают к проведе-

нию разведки в помещениях здания. Постовой на посту безопасности фиксирует показания манометров ДАСВ газодымозащитников [4].

Задача, поставленная перед звеном (звеньями) ГДЗС, – проверка всех помещений подъезда (секции) ЗНППУ на

уровнях двух этажей с целью отыскания возможных пострадавших.

Фиксация времени начала проведения разведки (τ_0) осуществляется с момента включения звена ГДЗС в СИЗОД. Время выхода звена (звеньев) ГДЗС из подъезда здания является временем окончания опыта (τ_k).

Методика проверки помещений звеньями ГДЗС выбирается командиром звена произвольно, с учетом соблюдения правил охраны труда [5].

Рукавная линия со средством подачи огнетушащего вещества в ходе опытов водой (или раствором пенообразователя) не заполняется (Рисунок 4).

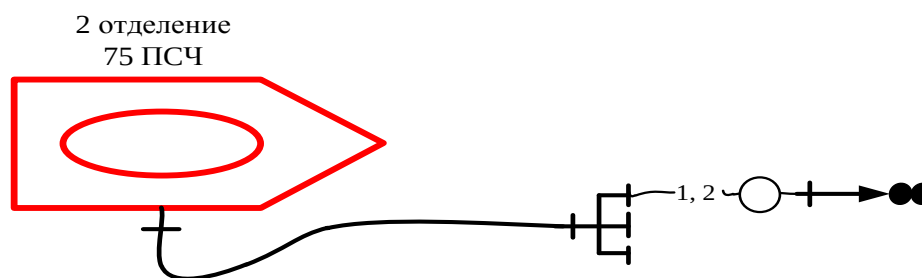


Рисунок 4. Схема развертывания сил и средств при опыте с 1 звеном ГДЗС

Полноту и последовательность выполнения действий звеньев ГДЗС контролировали посредники – по одному на каждом этаже подъезда (секции).

Условия проведения испытаний:

- температура окружающего воздуха -2°C ;
- атмосферные осадки – отсутствуют;
- ветер – не более 2 м/сек;
- освещение – естественное (в условиях пасмурной погоды).

Испытательное оборудование, средства измерения и материалы:

- секундомер MadWave Model 100 – 1 ед.;
- секундомер Torres SW-002 – 1 ед.;
- цифровой фотоаппарат NIKON Coolpix P510 – 1 ед. (аттестации не подлежит).

В ходе эксперимента проведены опыты с одним составом испытуемых: 3 звена ГДЗС по 3 человека (для 3 серий опытов).

При этом временные показатели, установленные эмпирическим путем для одной секции (подъезда) ЗНППУ, соответствуют значениям, представленным в таблице 2.

Таблица 2
Временные показатели, установленные эмпирическим путем для одной секции (подъезда) ЗНППУ

Количество звеньев ГДЗС, участвующих в опыте / число участников, чел.	Время проведения разведки на 1 эт.	Время проведения разведки на 2 эт.	Общее время работы звеньев ГДЗС
1 / 3	06 мин 25 сек	04 мин 19 сек	11 мин 48 сек
2 / 6	06 мин 38 сек	05 мин 29 сек	07 мин 03 сек
3 / 9	04 мин 47 сек	02 мин 36 сек	04 мин 47 сек

Усредненные значения по итогам ранее проведенных исследований [6] представлены в таблице 3.

Таблица 3

Усредненные значения по итогам ранее проведенных исследований

Количество звеньев ГДЗС, участвующих в опыте / число участников, чел.	Время проведения разведки на 1 эт.	Время проведения разведки на 2 эт.	Общее время работы звеньев ГДЗС
1 / 3	06 мин 36 сек	06 мин 16 сек	13 мин 26 сек
2 / 6	05 мин 36 сек	07 мин 45 сек	08 мин 32 сек
3 / 9	04 мин 54 сек	03 мин 42 сек	04 мин 57 сек

Порядок проведения разведки, показанный на рисунке 5, следующий. Одно звено ГДЗС обследовало помещения квартир 1-го первого этажа (1 / 1, 1 / 2, 1 / 3, 1 / 4), помещения квартир 2-го второго этажа (2 / 1, 2 / 2, 2 / 3, 2 / 4). При использовании двух звеньев ГДЗС, их действия распределялись в следующем порядке:

звено № 1 обследовало помещения квартир 1 / 1, 1 / 2, 1 / 3, 1 / 4, звено №2 – помещения квартир 2 / 1, 2 / 2, 2 / 3, 2 / 4. При привлечении трех звеньев ГДЗС, звено № 1 обследовало помещения квартир 1 / 1, 1 / 2, 1 / 3, звено № 2 – помещения квартиры 2 / 1, 2 / 2, 1 / 4, звено № 3 – помещения квартиры 2 / 3, 2 / 4.

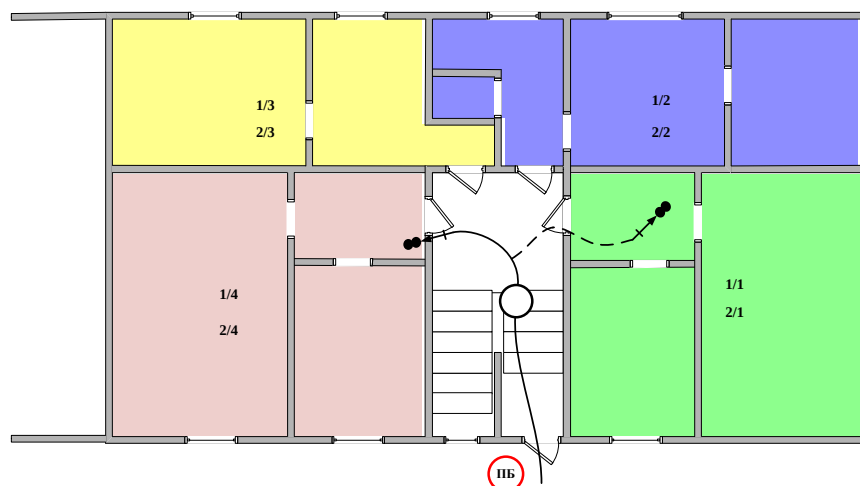


Рисунок 5. Схема проверки помещений секции здания

Наблюдаемое расхождение полученных данных с ранее проведенными опытами помимо различия в планировке объекта объясняется спецификой деятельности подразделений. В предыдущих исследованиях [6] привлекался личный состав в том числе договорных подразделений ФПС, основной задачей которого является оказание услуг в области пожарной безопасности на объектах нефтепереработки. При этом массив данных позволяет скорректировать ранее полученные данные (Таблица 3).

Полученные значения коррелируются с исследованными авторами крупными пожарами в ЗНППУ за последние 13 лет (с 2005 по 2018 годы).

Опытные данные позволяют сделать вывод о правильности ранее выдвинутой многими авторами и исследователями [2, 7, 8] концепции создания максимального количества позиций по тушению пожара в начальный период пожаротушения, т.е. до завершения сосредоточения сил, средств и ресурсов пожарно-спасательных подразделений по повышенному рангу пожара. Тем более это целесообразно для регионов Крайнего Севера, где динамика сосредоточения оперативных отделений пожарно-спасательных подразделений существенно ниже крупных населенных пунктов [9].

Также становится очевидной необходимость обязательной реализации тактического потенциала пожарно-спасательных подразделений – создание не менее одной позиции по тушению одним оперативным отделением [9].

Результаты опытов показали пути развития тактики применения звеньев ГДЗС:

1) совершенствование индивидуальных и групповых приемов действий газодымозащитников в условиях пониженной видимости при проверке помещений;

2) разработка системы невербального общения газодымозащитников в составе звена ГДЗС;

3) совершенствование технологии проверки помещений с различными объемно-планировочными особенностями.

Полученные данные представляются основой расчетного аппарата информационно-аналитических систем поддержки управления, в блоках сравнения данных моделирования распространения пожара с состоянием системы управления пожарно-спасательными подразделениями при пожаротушении.

Литература

1. Степанов О.И., Денисов А.Н., Надеев Р.В., Атанасов С.Н. Оперативно-тактические действия пожарных подразделений по тушению пожаров в зданиях низкой устойчивости (IV–V степени) при пожаре. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 58 с.
2. Степанов О.И., Стахеев М.В., Джабаев М.Д., Осипенко С.И. Применение тактического потенциала при оценке оперативно-тактических действий пожарных подразделений при тушении пожаров // Техносферная безопасность. 2015. Вып. №3 (8).
3. Приказ МЧС России от 09.01.2013 №3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде».
4. Методические указания по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, утвержденные МЧС России 05.08.2013.
5. Приказ Минтруда России от 23 декабря 2014 года №1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях ФПС ГПС».
6. Степанов О.И., Стахеев М.В., Джабаев М.Д., Осипенко С.И. Исследование реализации тактического потенциала сил и средств газодымозащитной службы при решении оперативных задач по тушению пожаров в зданиях IV-V степени огнестойкости // Техносферная безопасность : интернет-журнал. – 2016. – Вып. № 1 (10).
7. Степанов О.И., Стахеев М.В., Джабаев М.Д. Реализация поэтапного метода ввода сил и средств пожарных подразделений при тушении пожаров // Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. №6(58).
8. Григорьев А.Н., Гундар С.В., Денисов А.Н. Управление силами и средствами при тушении пожаров (тактические возможности пожарных подразделений): монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 112 с.
9. Григорьев А.Н. Поддержка принятия управленческих решений при тушении крупных пожаров в общественных зданиях: автореф. дисс. ... канд. тех. наук. М., 2012. 26 с.

References

1. Stepanov O.I., Denisov A.N., Nadeev R.V., Atanasov S.N. Operativno-takticheskie dejstviya pozharных подразделений po tusheniyu pozharov v zdaniyah nizkoj ustojchivosti (IV–V stepeni) pri pozhare: Uchebno-metodicheskoe posobie. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2012 g., 58 s.
2. Stepanov O.I., Staheev M.V., Dzhabaev M.D., Osipenko S.I. Primenenie taktiche-skogo potentsiala pri ocenke operativno-takticheskikh dejstvij pozharных подразделений pri tushenii pozharov // Internet-zhurnal «Tekhnosfernaya bezopasnost'» UrI GPS MCHS Rossii, vypusk №3 (8), 2015
3. Prikaz MCHS Rossii ot 09.01.2013 №3 «Ob utverzhenii Pravil provedeniya lich-nym sostavom federal'noj protivopozharnoj sluzhby Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby avarijno-spasatel'nyh rabot pri tushenii pozharov s ispol'zovaniem sredstv individual'noj zashchity organov dyhaniya i zreniya v neprigodnoj dlya dyhaniya srede».
4. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu raschetov parametrov raboty v sredstvakh individual'noj zashchity organov dyhaniya i zreniya, utverzhdennye MCHS Rossii 05.08.2013.

5. Приказ Минтруда России от 23 декабря 2014 года №1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях МЧС России».

6. Stepanov O.I., Staheev M.V., Dzhabaev M.D., Osipenko S.I. Issledovanie realizatsii takticheskogo potentsiala sil i sredstv gazodymozashchitnoj sluzhby pri reshenii operativnykh zadach po tusheniyu pozharov v zdaniyakh IV-V stepeni ognestojkosti // Tekhno-sfernaya bezopasnost' : internet-zhurnal. – 2016. – Vyp. № 1 (10).

7. Stepanov O.I., Staheev M.V., Dzhabaev M.D. Realizatsiya poehtapnogo metoda vvoda sil i sredstv pozharnykh podrazdelenij pri tushenii pozharov // Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti», vypusk №6(58), 2014.

8. Grigor'ev A.N., Gundar S.V., Denisov A.N. Upravlenie silami i sredstvami pri tushenii pozharov (takticheskie vozmozhnosti pozharnykh podrazdelenij) (Monografiya) – M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2015. – 112 s.

9. Grigor'ev A.N. Podderzhka prinyatiya upravlencheskikh reshenij pri tushenii krupnykh pozharov v obshchestvennykh zdaniyakh: Avtoref. diss. ... kand. tekh. nauk – M., – 2012.

УДК 681.5

yakovenkota@bk.ru

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ
В ЦЕЛЯХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ, ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**THE MANUFACTURE AND USE OF COMPLEX UNMANNED SYSTEMS FOR THE
PREVENTION AND MONITORING OF EMERGENCIES, CONDUCTING RESCUE**

*Юрченко Р.А.,**Топоров А.В., кандидат технических наук, доцент,**Кропотова Н.А., кандидат химических наук,**Иванов В.Е., кандидат технических наук,**Ивановская пожарно-спасательная академия**ГПС МЧС России, Иваново,**Яковенко Т.А., кандидат технических наук,**Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург**Yurchenko R.A., Toporov A.V., Kropotova N.A., Ivanov V.E.,**Ivanovo Fire and Rescue Academy**of the Emergency Ministry of Russia, Ivanovo,**Yakovenko T.A.,**The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry**of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассмотрен вопрос проектирования, изготовления, применения и обслуживания комплекса беспилотных систем в интересах МЧС России для предупреждения и мониторинга чрезвычайных ситуаций, проведения аварийно-спасательных работ. Данной статьёй сделан акцент на доступность проектирования и изготовления беспилотного комплекса на базе высших образовательных учреждений МЧС России. Исключительная важность развития применения беспилотных систем определяется несколькими факторами: огромной территорией Российской Федерации; относительно низкой средней плотностью населения [1]; наличием в субъектах РФ возможности возникновения рисков аварии природного или техногенного характера; научно-техническими разработками в области радиоэлектроники, их доступностью; привлечением к разработке профессорско-преподавательского состава и будущих специалистов, что положительно скажется на мотивационных качествах и свежего независимого взгляда на анализ и решение современных проблем в Российской Федерации; проектированием и изготовлением узкоспециализированных систем, не имеющих аналогов в России и за рубежом финансовой составляющей, позволяющей конечному продукту быть лидером в линейке «цена – качество – эффективность». Описана принципиальная модульная схема летательного и наземного транспортного беспилотных аппаратов, изготовление и применение в рамках использования в МЧС России.

Ключевые слова: комплекс беспилотных систем, беспилотный летательный аппарат, беспилотное наземное транспортное средство, телеметрия.

The issue of design, manufacture, application and maintenance of unmanned systems in the interests of EMERCOM of Russia for the prevention and monitoring of emergency situations, rescue operations. This article focuses on the availability of design and manufacture of unmanned complex on the basis of higher educational institutions of EMERCOM of Russia. The exceptional importance of the development of unmanned systems is determined by several factors: the vast territory of the Russian Federation; relatively low average population density [1]; the presence in the subjects of the Russian Federation of the possibility of occurrence of risks of accident of natural or man-made nature; scientific and technical developments in the field of radio electronics, their availability; involvement in the development of the faculty and future professionals, which will have a positive impact on the motivational qualities and fresh independent view on the analysis and solution of modern problems in the Russian Federation; design and manufacture of highly specialized systems that have no analogues in Russia and abroad, the financial component that allows the final product to be a leader in the line of "price – quality – efficiency". The article describes the basic modular scheme of the aircraft and ground transport unmanned vehicles, production and application in the framework of use in the Ministry of emergency situations of Russia.

Keywords: complex of unmanned systems, unmanned aerial vehicle, unmanned ground vehicle, telemetry.

Как правило, человеческий фактор при возникновении пожара или аварий техногенного характера является перво-степенным. Традиционно при проведении разведки применяются, в подавляющем случае, человеческие ресурсы. Однако при возникновении чрезвычайной ситуаций, таких как аварии, на атомных электростанциях, нефтехимических заводах, лесные пожары, занимающие большую территорию, где не имеется возможность оперативно собрать объективные сведения о происшествии обычными методами можно применить беспилотные летательные аппараты и беспилотные наземные транспортные средства с подвижным мобильным телеметрическим комплексом.

Мобильный комплекс сбора, обработки и доведения информации от беспилотного летательного аппарата (БПЛА) и беспилотных наземных транспортных средств (БНТС) с использованием широкополосных каналов связи состоит:

- из необходимого количества летательных аппаратов и БНТС определённого типа;

- автоматизированного рабочего места (АРМ) управления и телеметрии;

- автомобиля повышенной проходимости, оборудованном средствами связи с беспилотными аппаратами и возможностью передачи необходимых данных руководителям тушения пожара или проведения аварийно-спасательных работ.

На этапе разработки решений будут использоваться модели ситуаций, близких к идеальным, чтобы понять и реализовать логику технологических процессов управления и взаимодействия с оператором.

Для моделирования условий работы комплекса беспилотных систем и отработки алгоритмов связи и взаимодействия определяется относительно ровная горизонтальная площадка, габаритами 10x10 м. На ней создаются искусственные препятствия различных габаритов. Водные препятствия организованы углублением поверхности площадки на 0,1 м с областями, заполненными водой не более 6x3,5 м. В произвольном месте на площадке имитируется очаг возгорания в виде установки жаропрочного поддона, габаритами 0,4x0,25 м, на котором уложены тлеющие угли (рис. 1). Для испытаний используется БПЛА гексакоп-

терного типа и БНТС, оснащенный средствами телеметрии (видео/фото модуль), необходимым набором регистраторов серии MQ [3], способных определять наличие в окружающем воздухе углеводородных газов (пропан, метан, н-бутан), водорода, природного газа и метана, монооксида и диоксида углерода, аммиака, бен-

зола, оксидов азота и паров спирта, дыма (взвешенные частицы, являющиеся результатом горения). Также предполагается использование регистраторов, способных определить ионизирующее излучение в окружающей среде, температуру воздуха, температуру поверхности объектов (дистанционно).

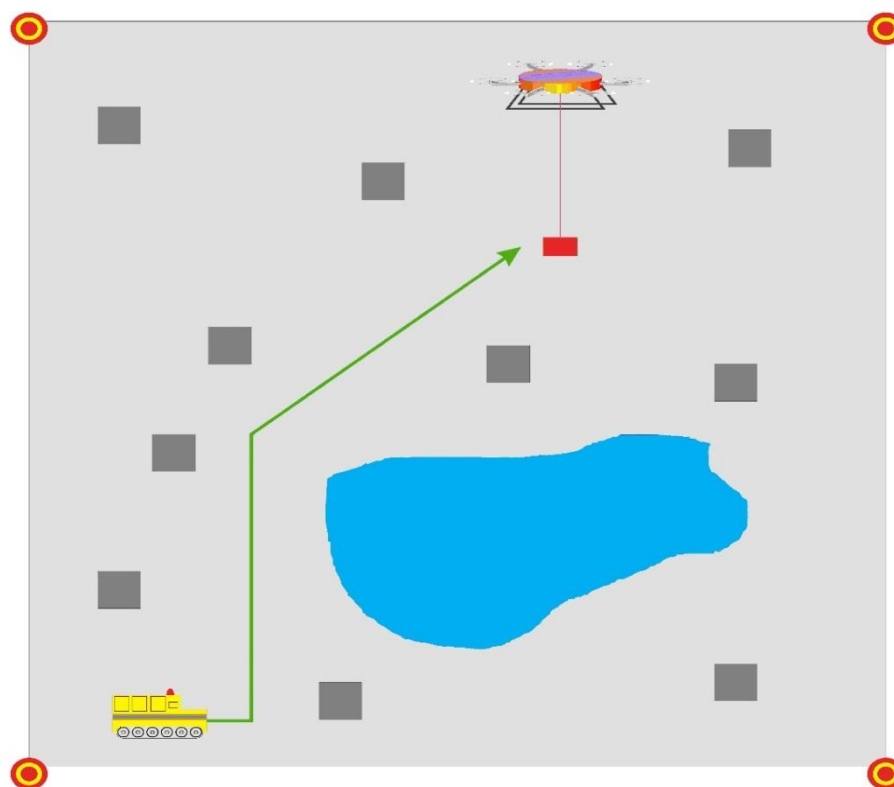


Рисунок 1. Площадка для проведения испытаний с препятствиями

На данной площадке отрабатываются следующие задачи по управлению и взаимодействию модулей комплекса:

- составление карты рельефа местности с привязкой к GPS или GLONASS спутников;
- определение координат очага возгорания;
- снятие показаний с регистраторов БПЛА и передача информации на АРМ;
- зависание БПЛА на безопасной для него высоте и наведение на объект лазерного луча для визуализации определения очага горения;

– прокладка оптимального маршрута движения БНТС до очага возгорания с учетом рельефа местности и препятствий;

– перемещение БНТС к месту очага возгорания;

– снятие показаний регистратора-ми БНТС и их трансляция на АРМ;

– выполнение дополнительных команд оператора АРМ (при наличии на БНТС необходимой аппаратуры);

– самостоятельное возвращение на исходную позицию БПЛА и БНТС после выполнения задания.

Рассмотрим описание комплекса беспилотных систем, принцип работы

каждого модуля. Для реализации поставленных задач по взаимодействию и управлению модулями предлагается принципиальная схема, представленная на рис. 2.

Все электронные компоненты схемы построены на интегральных микросхемах ATmega и дополнительных модулях к ним (рис. 2), изготавливаемых компанией Atmel. В данной работе за базовую аппаратную платформу на каждом беспилотном модуле применялся микроконтроллер Arduino Mega построенной на микропроцессоре ATmega 2560 [3]. Описанный алгоритм управления и взаимодействия может быть так же реализован с использованием других аппаратных и программных средств и строго не привязан к продукции компании Atmel, применяемой в данной работе.

Управление микросхемами arduino осуществляется через соответствующие интернет-ресурсы.

Минимальные требования для работоспособности модулей:

- сервер на php, расположенный на хостинге, который привязан к доменному имени;
- arduino в виде клиента и сервера, обработка GET и POST запросов;

– панель управления в виде графического вывода на экран АРМ показаний датчиков, виртуальных кнопок и необходимым набором команд, способных обеспечить качественное и бесперебойное управление беспилотными модулями.

ATmega 2560, расположенные на каждом из модулей, подключаются к указанному серверу и отправляет GET запрос, в котором содержатся показания установленных на борт регистраторов [6].

Сервер принимает GET запрос, скрипт записывает показания регистраторов в файл, обрабатывает данные и отправляет назад на контроллер. ATmega2560 принимает ответ от сервера и согласно ему устанавливает состояние своего выхода для последующего логического решения.

Панель управления использует построение интерактивных пользовательских интерфейсов веб-приложений, заключающееся в «фоновом» обмене данными браузера с веб-сервером. В результате, при обновлении данных веб-страница не перезагружается полностью и веб-приложения становятся быстрее и удобнее [2]. Через форму в текстовый файл записывается значение выхода контроллера, откуда потом будет брать значение сервер и отправлять контроллеру.

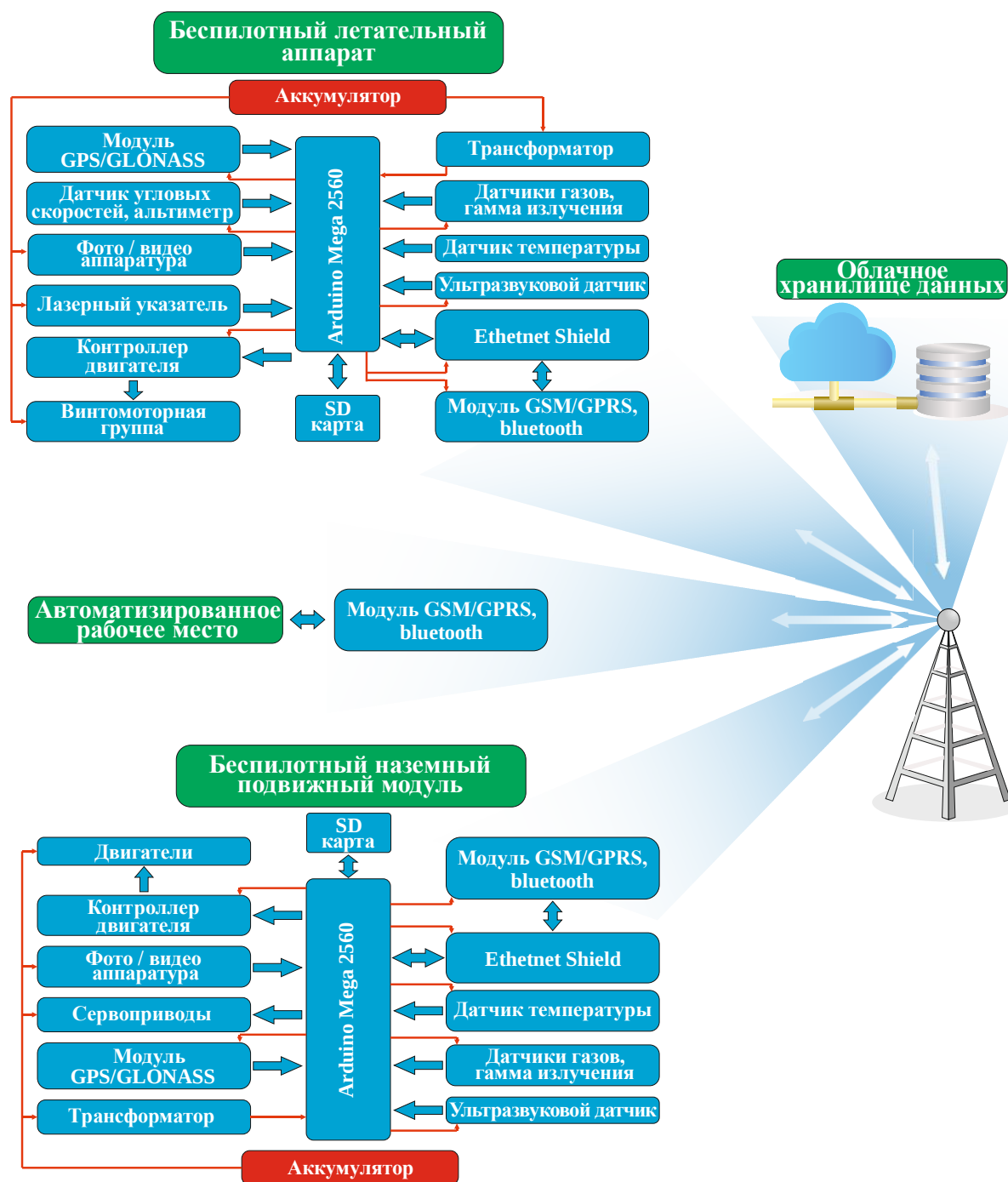


Рисунок 2. Устройство и принцип взаимодействия беспилотных модулей с АРМ

В ATmega2560, как клиент на базе arduino, устанавливается скомпилированная программа. Она обрабатывает показания регистраторов и отправляет их на сервер, получает ответ и выполняет определенные логические действия, синхронизуя их с оператором.

В основу автономного движения БНТС положена электронная карта.

Электронная карта – это векторная топографическая модель местности с привязкой к ней координат различных объектов, таких как неровности рельефа, зданий и сооружений, условных знаков. Все объекты формируются, как совокупность образующих их координат (рис. 3).

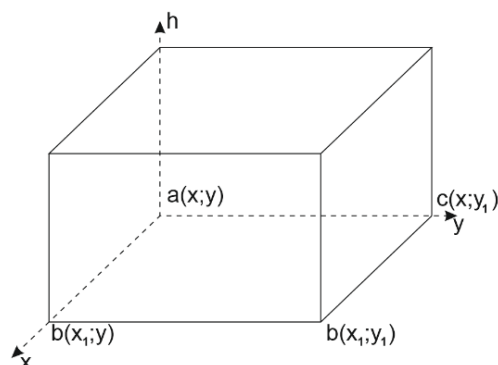


Рисунок 3. Формирование электронной карты

Например, обыкновенное здание (O_1), имеющее в основании прямоугольник определяется пятью координатами: $O_1(a, b, c, d, h)$, где a, b, c, d – координаты основания здания, h – высота здания.

При формировании электронной карты используются данные любой ГИС, например, Яндекс. Карты. Поверх неё создаётся дополнительный слой, на котором отображаются высоты различных строений или ландшафта, а также измененные условия местности: аварии, наводнения, пожары, проч. Данные получают с беспилотного летательного модуля. Согласно заданным координатам облета территории модуль, оснащенный лазерным дальномером типа MoreSunsDIY-40M, барометром, компасом и GPS /

Glonass приёмником, «зависает» на одном уровне от поверхности земли, определенном оператором и производит замер координат h для каждого объекта. Таким образом, решается одновременно две задачи для каждого из модулей:

1. Ввиду известности высоты любого объекта исключается случайное столкновение с ним, то есть при приближении оператору выдается предупреждение об опасности, а сам летательный модуль меняет вектор полета на безопасный (отклоняется влево, вправо или набирает высоту).

2. Для БНТС составляется так называемая булеановская (boolean) карта. Она двухмерная и визуальна отображена на рис. 4.

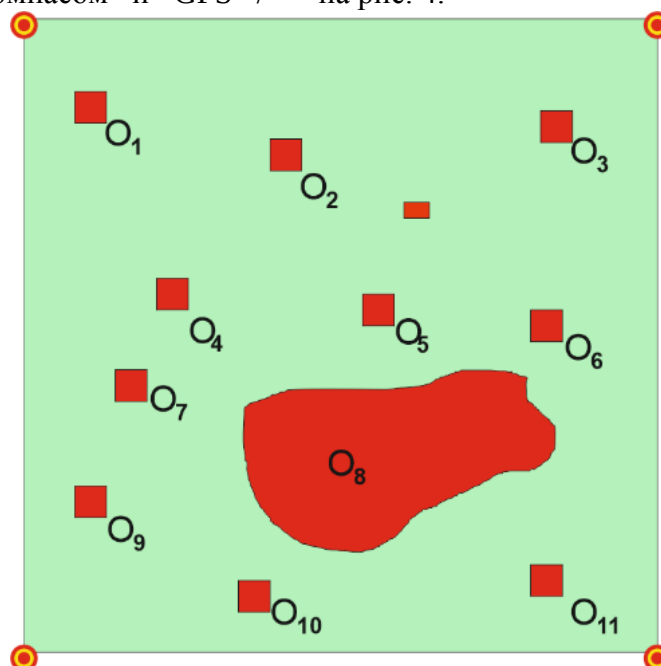


Рисунок 4. Визуальное отображение булеановской карты

Работает по принципу: все, что не красное – зеленое, то есть маршрут движения до места работы прокладывается (зеленое поле) с учетом невозможности проехать сквозь объекты 1-11 (O_{1-11}) и, как следствие, объехать их (красное поле). Место работы определяется оператором или самим летающим модулем, способным дистанционно определять температуру поверхности объекта или отклонения от нормы состава воздуха, радиационного фона. В случае потери сигнала с оператором оба беспилотных модуля возвращаются на стартовое место, используя уже проложенный маршрут.

Поскольку существующие конструкции БПЛА и БНТС не в полной мере удовлетворяют поставленной задаче, было принято решение по их изготовлению. Реализуемые в данный момент схемы БПЛА и БНТС представлены на рис. 5

Предлагаемый комплекс беспилотных систем позволяет в кратчайшие сроки восполнить информационные пробелы, тем самым повысить уровень оперативного реагирования на проведение

аварийно-спасательных работ и уменьшение экономического ущерба.

Представленный комплекс беспилотных систем рассчитан на многозадачность использования:

- мониторинг лесных массивов для определения очагов лесных пожаров;
- инженерная разведка районов землетрясений, паводков, ледовых заторов разлива рек, техногенных катастроф;
- экологический мониторинг водных территорий;
- точное определение координат района ЧС и пострадавших объектов;
- мониторинг состояния нефте- и газопроводов, транспортных магистралей, линий электропередач, энергетических комплексов;
- мониторинг и передача данных о радиоактивных и химических заражениях местности и воздушного пространства в заданном районе;
- возможность удаленно сканировать район происшествия для составления электронной карты.

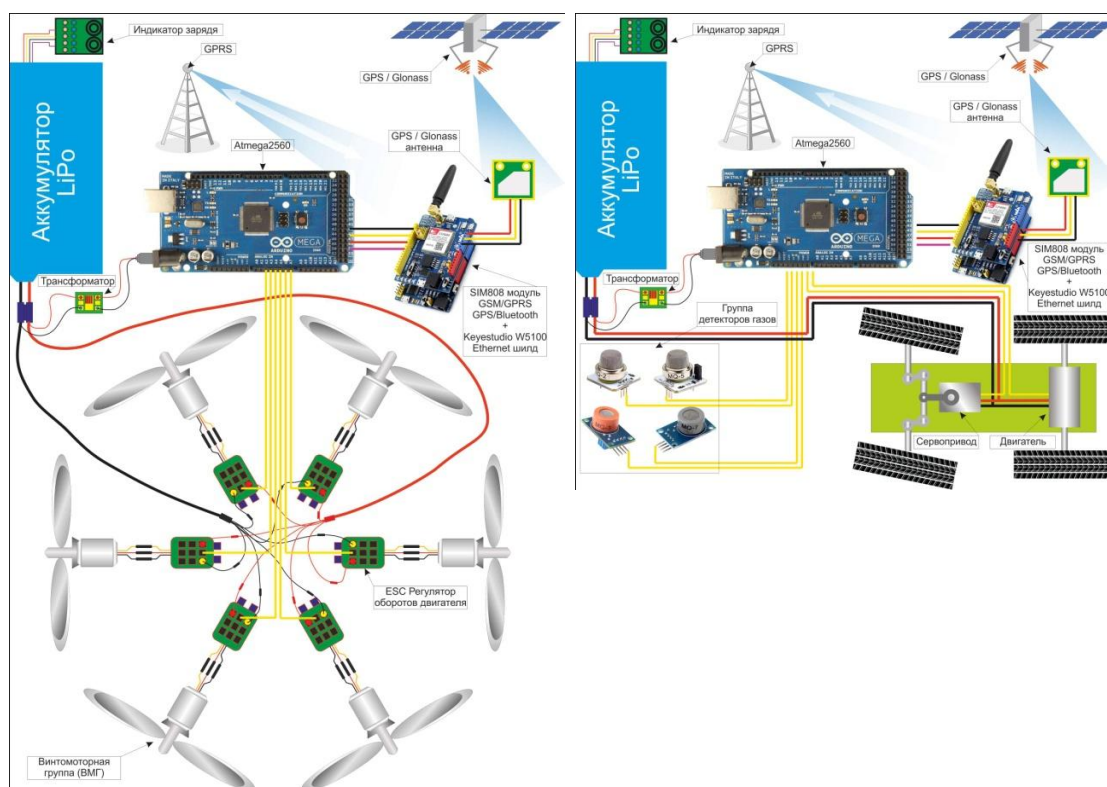


Рисунок 5. Схема компоновки основными электронными компонентами беспилотных летательного и подвижного модулей

Развитие робототехники в МЧС России является перспективным направлением [7]. Экономический ущерб, полученный от лесных пожаров или техногенных аварий, многократно превышает разработку, изготовление и техническое обслуживание беспилотных систем. Создание отделов РТС (робототехнических систем) на базе высших образовательных учреждений МЧС России, привлечение

профессорско-преподавательского состава и будущих специалистов способствует не только развитию прогресса в этой области, но и значительно экономит денежные средства в масштабах Российской Федерации, постепенно позволяя отказываться от приобретения дорогих и менее эффективных аппаратов подробного типа иностранного производства.

Литература

1. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/map1.jpg (дата обращения: 21.06.2018).
2. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AJAX> (дата обращения: 19.06.2018).
3. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560> (дата обращения: 23.06.2018).
4. URL: <http://amperka.ru/collection/sensors> (дата обращения: 19.06.2018).
5. URL: <https://arduino-kit.ru/catalog/id/plata-rasshireniya-sim808-gsm-gprs-gps-bluetooth-ipx-sma-s-gps-antennoy> (дата обращения: 19.06.2018).
6. URL: <https://geektimes.ru/post/255546> (дата обращения: 19.06.2018).
7. Решение коллегии МЧС России от 12 ноября 2014 г. № 14/I «Об использовании в подразделениях МЧС России робототехнических комплексов, беспилотных летательных аппаратов и дальнейшем развитии робототехники и технологий её применения».

References

1. Electronic resource: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/demo/map1.jpg (accessed 21.06.2018, resource free)
2. Electronic resource: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AJAX> (accessed 19.06.2018, online free)
3. Electronic resource: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560> (accessed 23.06.2018, online free)
4. Electronic resource: <http://amperka.ru/collection/sensors> (accessed 19.06.2018, online free)
5. Electronic resource: <https://arduino-kit.ru/catalog/id/plata-rasshireniya-sim808-gsm-gprs-gps-bluetooth-ipx-sma-s-gps-antennoy> (accessed 19.06.2018, online free)
6. Electronic resource: <https://geektimes.ru/post/255546> (accessed 19.06.2018, online free)
7. Decision of the Board of EMERCOM of Russia dated November 12, 2014 № 14 / I "on the use of robotic systems, unmanned aerial vehicles and further development of robotics and its application technologies in the units of EMERCOM of Russia".

УДК 614.842

bar0381@yandex.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ
В УСЛОВИЯХ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО
ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**IMPROVEMENT OF METHODS OF FIGHTING FIRES IN THE CONDITIONS OF
THE POOR FIRE WATER**

*Бараковских С.А., кандидат технических наук,
Карама Е.А., кандидат педагогических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,*

*Barakovskikh S.A., Karama E.A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье описывается проблематика выбора способа подачи воды при тушении пожара и приведен критерий безводного участка. Представлены результаты исследования при организации подвоза и перекачки воды в безводных участках.

Ключевые слова: тушение пожара, безводный участок, подвоз воды, перекачка воды.

The article describes the problem of choosing the method of water supply to extinguish the fire in the areas and a criteria for anhydrous phase is represented. The results of the study in the organization of water supply and pumping in waterless areas are presented.

Keywords: fire extinguishing, anhydrous area, water supply, water pumping.

Защита людей и имущества от пожаров и ограничение его распространения, а также минимизация последствий от пожаров обеспечиваются снижением опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и тушением пожара. Как известно организация тушения пожаров – это совокупность оперативно-тактических и инженерно-технических мероприятий, направленных на спасение людей и имущества от опасных факторов пожара, ликвидацию пожаров и проведение аварийно-спасательных работ [1, 2].

Тушение пожаров условно делится на два периода. Первый период до локализации пожара, второй период после локализации, наступает когда созданы условия для дальнейшего нераспространения пожара, ограничен в пределах и считается локализованным, когда дальнейшее распространение огня прекращено, отсутствует угроза жизни людям, угроза взрыва и созданы условия для ликвидации имеющимися силами

и средствами. Таким образом, одним из условий локализации пожара является [3]:

$$Q_{\phi} \geq Q_{\text{тр}}, \quad (1)$$

Где Q_{ϕ} ; $Q_{\text{тр}}$ – фактический и требуемый расход огнетушащего вещества.

Анализ пожарно-технической литературы показал, что к неудовлетворительному противопожарному водоснабжению относятся те участки местности, где водозабор составляет не более 10 л/с воды, расстояние до источника 500 м и более или места, где запасы воды неограниченны, но имеются трудности ее забора.

При недостатке воды на месте пожара руководитель тушения обязан организовать бесперебойную подачу ее с удаленных водоисточников путем перекачки пожарными машинами или подвоза автоцистернами.

Оптимальное расстояние для подачи воды считается такое, при котором боевое развертывание пожарно-спасательных под-

разделений обеспечивается в сроки, когда к моменту подачи огнетушащих веществ горение не интенсивное. Это зависит от многих условий, и в первую очередь от тактико-технических возможностей местного (территориального) пожарно-спасательного гарнизона. При наличии в пожарно-спасательном гарнизоне одного пожарного рукавного автомобиля (АР) наиболее приемлемым расстоянием для подачи воды в перекачку можно считать до 2 км, а при наличии двух рукавных автомобилей до 3 км. При отсутствии рукавных автомобилей перекачку целесообразно осуществлять при расстояниях до водоисточников не более 1 км.

При организации подвоза воды пожарными автоцистернами, руководитель тушения пожара обязан [4]: произвести расчеты и организовать сосредоточение на месте пожара требуемое количество автоцистерн с необходимым резервом; создать у водоисточника пункт заправки автоцистерн, а у места осуществления боевых действий пункт расхода воды, определив при этом рациональные варианты заправки и расхода огнетушащего средства; назначить ответственных лиц на организуемых пунк-

тах; обеспечить бесперебойность подвоза воды и подачи ее на тушение пожара.

Таким образом, принятие решения по выбору способа бесперебойной доставки воды к месту пожара зависит от знания руководителем тушения пожара оперативно-тактической характеристики местности и тактических возможностей пожарно-спасательных гарнизонов.

Для более оперативного определения способа подачи воды для тушения пожара были проведены пожарно-технические расчеты. В качестве модели расчетного пожара приняли пожар площадью 150 м^2 .

Требуемый расход огнетушащего вещества на тушение пожара и защиту негорящих зданий, помещений, определяли по формуле [4]:

$$Q_{\text{тр}} = Q_{\text{тр}}^{\text{т}} + Q_{\text{тр}}^{\text{з}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{тр}}^{\text{т}}$; $Q_{\text{тр}}^{\text{з}}$ – требуемый расход подачи огнетушащего вещества на тушение и защиту л/с.

Схема работы головного автомобиля представлена на рисунке 1.

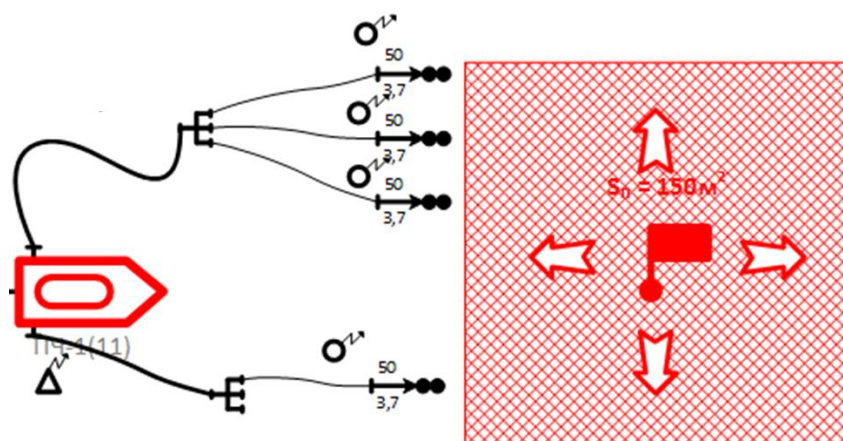


Рисунок 1. Схема работы головного автомобиля

Зная требуемый расход на тушение пожара необходимо определить способ доставки огнетушащего вещества к месту пожара.

На сегодняшний день в практике тушения пожаров используется два способа: подвоз и перекачка. Далее было опреде-

лено количество используемой пожарной техники и пожарно-технического вооружения при подаче воды двумя способами.

При определении требуемого количества автоцистерн (АЦ) для организации подвоза воды к месту пожара использовали формулу [5]:

$$N_{АЦ} = \frac{2 \cdot \tau_{сл} + \tau_{зап}}{\tau_{расх}} + 1, \quad (3)$$

где $\tau_{сл}$ – время следования;

$\tau_{зап}$ – время заправки автомобиля огнетушащим веществом;

$\tau_{расх}$ – время опорожнения автоцистерны.

Данное выражение не учитывает автомобиль, который используется для забора воды на водоисточнике, следовательно при

организации подвоза воды необходимо предусматривать автомобиль который стоит на пункте заправки.

Требуемое количество автоцистерн (АЦ) для организации перекачки воды к месту пожара определяли по формуле [5]:

$$N_{АЦ} = N_{ст} + 1. \quad (4)$$

Результаты проведенного исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты исследования

Расстояние, (м)	Количество АЦ	Количество рукавов в магистральной линии	Количество личного состава
Перекачка			
700	3	42	15
1000	4	60	20
1500	5	90	25
2000	6	120	30
3000	8	180	40
Подвоз			
700	3	-	15
1000	3	-	20
1500	4	-	20
2000	4	-	20
3000	5	-	25

По данным расчетам можно сделать вывод о том, что перекачка требует большего количества сил и средств, чем подвоз, даже на расстояние 700–1000 м., однако количество пожарных автоцистерн при этом расстоянии требуется одинаковое. Преимущество подвоза заключается в экономии сил и средств, а именно в отсутствии необходимости прокладки рукавных линий.

Проведённые инженерно-технические расчёты позволяют сделать вывод о целесообразности внесения предложения по корректировке документов предварительного планирования и справочных данных, регламентирующих действия РТП при организации доставки воды в безводных районах. Корректировка показателя рационального расстояния при подаче воды в перекачку приведёт к возможности обеспечения надёжной бесперебой-

ной подаче воды к месту пожара. Существующее значение рационального расстояния для организации подачи воды в перекачку до 2 км должно быть откорректировано в сторону уменьшения и должно составить от 700 до 1000 м в зависимости от рельефа местности.

Так же по прибытию на пожар, РТП, ориентируясь на расстояние до ближайшего водоисточника, может быстрее и эффективнее провести организацию доставки огнетушащего вещества к месту пожара в части выбора способа доставки огнетушащего вещества, при этом будет исключена возможная ошибка РТП, прибывающего на пожар. Кроме того, выбрав способ доставки огнетушащего вещества, можно определить количество личного состава и пожарных рукавов необходимых для оптимальной работы насосно-рукавной системы.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 № 123 (в посл. ред.) // Собрание законодательства РФ. 28.07.2008. № 30.
2. О пожарной безопасности: федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 69 (в посл. ред.) // Собрание законодательства РФ. 26.12.1994. № 35.
3. Теребнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. Екатеринбург, 2008.
4. Приказ МЧС России № 444 от 16 октября 2017 г. «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
5. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара. М., 2004. 368 с.

References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnej bezopasnosti [Tekst]: federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 22 iyulya 2008 № 123-FZ (v posl. red.). // Sobranie zakonodatel'stva RF. 28.07.2008. – № 30.
2. O pozharnej bezopasnosti [Tekst] : federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 21 dekabrya 1994 g. № 69-FZ (v posl. red.). // Sobranie zakonodatel'stva RF. 26.12.1994. – № 35.
3. V.V. Terebnev, A.V. Podgrushnyj «Pozharnaya taktika. Osnovy tusheniya pozharov»/ Pod obshchej red. M.M. Verzilina - Ekaterinburg; «Izdatel'stvo «Kalan», 2008 g.
4. Prikaz MCHS Rossii № 444 ot 16 oktyabrya 2017 g. «Ob utverzhdenii Boevogo ustava podrazdelenij pozharnoj ohrany, opredelyayushchego poryadok organizacii tusheniya pozharov i provedeniya avarijno-spasatel'nyh rabot».
5. YA.S. Povzik Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara, M, ZAO «Spectekhnika», 2004. – 368 s.

УДК 614.84:5192

kaibitchev@mail.ru

**ПРОГНОЗ СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА
В ГОРОДСКОЙ МЕСТНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА 2018 ГОД
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ**

**FORECAST OF THE AVERAGE TIME OF FIREFIGHTING
IN URBAN AREAS OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR 2018
USING THE METHOD OF EXPONENTIAL SMOOTHING**

*Кайбичев И.А., доктор физико-математических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Кайбичева Е.И., кандидат экономических наук,
Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург*

*Kaibichev I. A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Kaibicheva E. I.,
Ural State University of Economics, Yekaterinburg*

С помощью экспоненциального сглаживания выполнен прогноз среднего времени тушения пожара в городской местности Российской Федерации на 2018 год. Полученный результат может быть использован для обоснования распределения материальных ресурсов, разработке программ развития пожарной охраны в Российской Федерации.

Ключевые слова: математическое прогнозирование, среднее время тушения пожаров, метод экспоненциального сглаживания.

With the help of exponential smoothing, the forecast of the average time of fire extinguishing in the urban area of the Russian Federation for 2018 was made. The result can be used to justify the distribution of material resources, the development of fire protection programs in Russian Federation.

Keywords: mathematical forecasting, average time of fire extinguishing, exponential smoothing method.

Проблема совершенствования управления подразделениями федеральной государственной службы (далее – ФПС) приобретает значительную актуальность в связи с принятием федерального закона РФ «О стратегическом планировании» [1]. Решение такой проблемы должно опираться на анализ оперативного реагирования ФПС МЧС России. Такой анализ должен включать прогноз оперативного реагирования региональных подразделений ФПС МЧС России, в частности среднего времени тушения пожара в городской местности Российской Федерации [2-14].

Обстановка с городскими пожарами проанализирована на основе статистических данных Пензенской области [15]. Для большинства муниципальных образований хорошо подходят полиномиальные модели регрессии второй или третьей степени. Это позволило получить прогнозные значения на следующий период. Показана также перспективность использования для прогнозирования в некоторых муниципальных образованиях автокорреляционной модели первого порядка. В этой модели прогнозные значения получают из предшествующего умножением на некоторую постоянную, а

также добавляют некоторую константу. Значения таких констант подбирают с помощью минимизации квадрата разности между прогнозными и фактическими показателями за известные промежутки времени.

Для прогнозирования обстановки с пожарами в Ивановской области использовался известный статистический метод – построение линии тренда [16]. При этом использована процедура MS Excel однофакторной What-If таблицы. Под трендом понимают долгосрочную тенденцию изменения временного ряда, рассчитанную на основе динамики его изменения. В программе MS Excel есть шесть различных типов линии тренда: линейная, логарифмическая, полиномиальная (степень полинома можно изменять от 2 до 6), степенная, экспоненциальная. Выбор типа линии тренда производили на основании коэффициента детерминации. При этом наиболее достоверные результаты соответствуют значению коэффициента детерминации от 0.7 до 1. Проведенные расчеты показали, что количество пожаров в большинстве муниципалитетов Ивановской области аппроксимирует полином 2 или 3 степени [16].

Программа для проведения экспресс-прогноза обстановки с пожарами «ПожПрогноз» на основе введенных данных строит аппроксимирующую функцию в аналитическом виде и выдает численное значение количества пожаров, пострадавших, погибших, а также коэффициент детерминации [17]. Аппроксимация проводилась линейной и квадратичной функциями. Далее программа рассчитывала сумму квадратов разностей фактических и теоретических значений. Наименьшее значение этого показателя позволяло выбрать функцию, которая в дальнейшем используется для получения прогнозного значения на будущий период.

Программный пакет SPSS [18] позволил проверить статистические данные по пожарам на возможность отнесения к известным законам распределения (нор-

мальному, равномерному, экспоненциальному, распределению Пуассона). Тест Колмогорова–Смирнова показал, что распределение числа пожаров является нормальным. Наибольшее значение принимал коэффициент детерминации кубической функции. Поэтому для прогнозирования числа пожаров использована кубическая модель.

Сравнительный анализ математических методов прогнозирования на примере данных Курганской области показал, что минимальное среднее абсолютное отклонение получено в методах Холта, скользящего среднего, квазислучайного числа [19].

Расчет прогнозных значений количества пожаров, прямого материального ущерба, числа погибших и травмированных проводился с использованием методов экспоненциального сглаживания [20].

Применим метод экспоненциального сглаживания для прогнозирования среднего времени тушения пожара. Исходной базой прогноза будут данные статистических сборников [2-13] и данные по оперативному реагированию за 2017 год [14].

В методе экспоненциального сглаживания считается, что прогнозное значение на следующий период можно получить на основе имеющихся данных за два предшествующих периода [21]:

$$Y_{i+1} = \alpha X_i + (1 - \alpha) X_{i-1}, \quad (1)$$

где Y_{i+1} – прогнозное значение. X_i – ранее известные данные на i период, α – константа ($0 < \alpha < 1$). Для выполнения прогноза использована программа Microsoft Excel. Сначала создали таблицу с исходными данными (Табл. 1). В качестве начального значения α выбрали значение 0,0001, прогнозные значения получены по формуле (1).

Отметим, что прогнозные значения для 2001 и 2002 годов приняты равными фактическим. Это требование метода экспоненциального сглаживания. Ошибку вычисляли как разность между прогно-

ным и фактическим значением. В качестве показателя качества прогноза использовали среднее значение квадрата ошибки. При $\alpha = 0,0001$ этот показатель равен 24,17. Полученное решение не является оптимальным. Оптимальным принято считать прогноз, дающий минимальное значение среднего значения квадрата

разности между прогнозными и фактическими значениями.

Оптимальное решение найдено с помощью сервиса «Поиск решения» программы Microsoft Excel. В качестве критерия оптимальности использовали условие минимума среднего значения квадрата ошибки.

Таблица 1

Исходные данные для городской местности

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	36,71	36,71	0,00	0,00
2002	37,18	37,18	0,00	0,00
2003	35,56	36,71	1,15	1,32
2004	39,52	37,18	-2,34	5,48
2005	40,10	35,56	-4,54	20,61
2006	34,91	39,52	4,61	21,25
2007	33,24	40,10	6,86	47,05
2008	31,58	34,91	3,33	11,09
2009	20,78	33,24	12,46	155,25
2010	21,95	31,58	9,63	92,72
2011	18,85	20,78	1,93	3,73
2012	17,45	21,95	4,50	20,25
2013	15,26	18,85	3,59	12,89
2014	15,01	17,45	2,44	5,95
2015	13,07	15,26	2,19	4,80
2016	12,32	15,01	2,69	7,24
2017	11,97	13,07	1,10	1,21
2018		12,32		
среднее	25,62	28,53	2,92	24,17

Таблица 2

Прогноз в городской местности на 2018 год

Год	Факт	Прогноз	Ошибка	Квадрат
2001	36,71	36,71	0,00	0,00
2002	37,18	37,18	0,00	0,00
2003	35,56	37,18	1,62	2,62
2004	39,52	35,56	-3,96	15,68
2005	40,10	39,52	-0,58	0,34
2006	34,91	40,10	5,19	26,94
2007	33,24	34,91	1,67	2,79
2008	31,58	33,24	1,66	2,76
2009	20,78	31,58	10,80	116,64
2010	21,95	20,78	-1,17	1,37
2011	18,85	21,95	3,10	9,61

2012	17,45	18,85	1,40	1,96
2013	15,26	17,45	2,19	4,80
2014	15,01	15,26	0,25	0,06
2015	13,07	15,01	1,94	3,76
2016	12,32	13,07	0,75	0,56
2017	11,97	12,32	0,35	0,12
2018		11,97		
среднее	25,62	27,10	1,48	11,18

Поиск решения проводился методом перебора при ограничениях $0,0001 \leq \alpha \leq 0,9999$. В результате получено, что минимум среднего значения квадрата ошибки (равен 11,18) возникает при $\alpha = 0,9999$ (Табл. 2). Этот результат удивителен тем, оптимальное решение задачи достигается при простом предположении, что «завтра будет как сегодня».

Отметим, что средняя величина ошибки составила 1,48. Расчет коэффи-

циента корреляции между величиной ошибки и номерами годов дал значение 0,12. Это близко к нулю и говорит об отсутствии зависимости величины ошибки от номера года.

В итоге выполненного прогноза на 2018 год можно ожидать, что среднее время тушения пожара в городской местности Российской Федерации составит 11,97 мин.

Литература

1. О стратегическом планировании в Российской Федерации: федеральный закон от 28 июля 2014 г. № 172 (в ред. от 3 июля 2016 г.).
2. Пожары и пожарная безопасность в 2005 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2006. 139 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2006 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2007. 137 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2008. 137 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2009. 137 с.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2010. 135 с.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2011. 140 с.
8. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2012. 137 с.
9. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2013. 137 с.
10. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2014. 137 с.
11. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2015. 124 с.
12. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2016. 124 с.
13. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: статистический сборник. М.: ВНИИПО, 2017. 124 с.
14. Данные по пожарам в субъектах Российской Федерации за 12 мес. 2017 г. // Статистика пожаров РФ 2017. Электронная энциклопедия пожарной безопасности. URL: wiki-fire.org.
15. Асанина Д.А., Шишов В.Ф. Прогнозирование количество городских пожаров в регионе // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 20. С. 3256–3260. URL: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.

16. Салихова А.Х. и др. Опыт прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации на примере Ивановской области // Техносферная безопасность. 2018. № 1 (18). С. 9–16.

17. Самойлов Д.Б. и др. Разработка программы прогнозирования пожаров на объектах защиты на основе статистических данных // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 18 апреля 2017 г., Иваново. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 3–5.

18. Есина М.Г., Хонгорова О.В. Моделирование пожарной статистики в SPSS // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 1, № 1. С. 130–133.

19. Кайбичев И.А., Ергин С.В. Сравнительный анализ методов прогнозирования пожаров на примере Курганской области // Пожаровзрывобезопасность. 2009. Т. 10, № 2. С. 40–46.

20. Прогноз обстановки с пожарами в Российской Федерации на 2017 год, предложения по снижению числа пожаров в Российской Федерации: информационно-аналитический материал / А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, Е.С. Преображенская. Балашиха: ВНИИПО МЧС России, 2017. 49 с.

21. Грешиллов А.А., Стакун В.А., Стакун А.А. Математические методы построения прогнозов. М., 1997. 112 с.

References

1. O strategicheskoy planirovaniy v Rossiyskoy Federacii: federal'nyy zakon ot 28 iyulya 2014 g. № 172-FZ (v red. ot 3 iyulya 2016 g.).

2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2005 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2006. – 139 s.

3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2006 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2007. – 137 s.

4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2007 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2008. – 137 s.

5. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2008 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2009. – 137 s.

6. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2009 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2010. – 135 s.

7. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2010 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey V.I. Klimkina. – M.: VNIPO, 2011. – 140 s.

8. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2011 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey V.I. Klimkina. – M.: VNIPO, 2012. – 137 s.

9. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2012 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey V.I. Klimkina. – M.: VNIPO, 2013. – 137 s.

10. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2013 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey V.I. Klimkina. – M.: VNIPO, 2014. – 137 s.

11. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey A.V. Matyushina. – M.: VNIPO, 2015. – 124 s.

12. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey A.V. Matyushina. – M.: VNIPO, 2016. – 124 s.

13. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 godu: Statisticheskij sbornik. Pod obshchey redakciey D.M. Gordienko. – M.: VNIPO, 2017. – 124 s.

14. Dannye po pozharam v sub'ektah Rossiyskoy Federacii za 12 mes. 2017 g. [Elektronnyy resurs] / Statistika pozharov RF 2017. Elektronnyaya ehnciklopediya pozharnoy bezopasnosti. – Rezhim dostupa: wiki-fire.org.

15. Asanina D.A. Prognozirovaniye kolichestvo gorodskih pozharov v regione [Elektronnyy resurs] / D.A. Asanina, V.F. Shishov // Nauchno-metodicheskij ehlektronnyy zhurnal «Koncept». – 2014. – T. 20. – S. 3256–3260. – Rezhim dostupa: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.

16. Salihova A.H., Opyt prognozirovaniya obstanovki s pozharami na territorii sub'ekta Rossiyskoy Federacii na primere Ivanovskoy oblasti [Tekst] / A.H. Salihova, D.B. Samojlov, E.A. Shvarev, V.N. Mihailin, A.A. Lazarev, O.S. Zavarihina // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018, № 1 (18). – s. 9 – 16.

17. Samojlov D.B., Razrabotka programmy prognozirovaniya pozharov na ob'ektah zashchity na osnove statisticheskikh dannykh [Tekst] / D.B. Samojlov, A.H. Salihova, E.A. Shvarev, V.N. Mihalkin, A.A. Lazarev, YU.V. Petrov // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoy bezopasnosti ob'ektov: materialy IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii, 18 aprelya 2017 g., Ivanovo. – Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2017. – s. 3 – 5.

18. Esina M.G., Modelirovanie pozharnoj statistiki v SPSS [Tekst] / M.G. Esina, O.V. Hongorova // Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya. – 2017. – T. 1, № 1. – s. 130 – 133.
19. Kajbichev I.A., Sravnitel'nyj analiz metodov prognozirovaniya pozharov na primere Kurganskoj oblasti [Tekst] / I.A. Kajbichev, S.V. Ergin // Pozharovzryvobezopasnost'. – 2009. – T. 10, № 2. – s. 40 – 46.
20. Prognoz obstanovki s pozharami v Rossijskoj Federacii na 2017 god, predlozheniya po snizheniyu chisla pozharov v Rossijskoj Federacii [Tekst]: informacionno-analiticheskij material / A.G. Firsov, V.I. Sibirko, E.S. Preobrazhenskaya. – Balashiha: VNIPO MCHS Rossii, 2017. – 49 s.
21. Greshilov A.A., Matematicheskie metody postroeniya prognozov [Tekst] / A.A. Greshilov, V.A. Stakun, A.A. Stakun. – M.: Radio i svyaz', 1997. – 112 s.

УДК 614.841.48

mif-afto@mail.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ
ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В УСЛОВИЯХ СТАБИЛИЗАЦИИ
УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР**

**MODELING OF THE LIQUID HYDROCARBON ELECTRICALIZATION
PROCESSES IN THE CONDITIONS OF STABILIZATION
OF CARBON NANOSTRUCTURES**

*Мифтахутдинова А.А.,
Иванов А.В., кандидат технических наук, доцент,
Ивахнюк Г.К., доктор химических наук профессор,
Санкт-Петербургский университет
ГПС МЧС России, Санкт-Петербург*

*Miftakhutdinova A.A., Ivanov A.V., Ivakhnyuk G.K.,
St. Petersburg university of State fire service
of EMERCOM of Russia, St. Petersburg*

Представлены результаты исследований процессов электризации жидких углеводородов при стабилизации наноструктур (MWCNT) путем электрофизического воздействия с параметрами переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП). Для оценки влияющих факторов на электризацию стабилизированных наножидкостей применялся нейросетевой метод моделирования (НСМ).

Ключевые слова: углеводородная жидкость, наноструктура, наножидкость, электризация, переменный частотно-модулированный потенциал, нейронная сеть.

The results of studies of the processes of electrification of liquid hydrocarbons during the stabilization of nanostructures (MWCNT) by means of electrophysical action with the parameters of variable frequency-modulated potential (VFMP) are presented. to evaluate the influencing factors on the electrification of stabilized nanofluids, the neural network simulation method (NNS) was used.

Keywords: hydrocarbon liquid, nanostructure, nanofluid, electrification, variable frequency-modulated potential, neural network.

Введение

Пожароопасные жидкости, обрабатываемые в технологическом процессе, являются основным фактором возникновения пожароопасной ситуации на предприятии. Согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012 физико-химические свойства пожароопасных жидкостей определяют пожаровзрывоопасные свойства технологического процесса.

Существующие мероприятия снижения пожарной опасности технологических процессов и производств (ограничение разлива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, уменьшение интен-

сивности испарения, снижение электризации и т.д.) имеют технологические пределы. Ряд технологических ограничений влечет за собой снижение уровня пожаровзрывобезопасности технологического процесса, безопасности работы персонала, а также материальный ущерб, в связи с отсутствием достаточного уровня контроля за соблюдением требований пожарной безопасности.

Проведен ряд экспериментальных исследований, которые отражают возможность применения углеродных наноструктур в качестве присадок в целях снижения пожарной опасности процессов

хранения, транспортировки и перекачки пожаровзрывоопасных жидкостей [1, 2, 3]. Однако улучшенные характеристики наножидкостей сохраняются в течение малого времени. Данное явление обусловлено агломерацией наночастиц и их дальнейшим оседанием.

Таким образом, возникает необходимость применения дополнительных способов и/или методов стабилизации наночастиц в системе жидкостей. В работе [1] определены условия стабилизации наноструктур. Исследование отражает снижение электрической проводимости и интенсивность испарения веществ, что связано с более медленной агрегацией наночастиц во времени, изменение надмолекулярной структуры жидкостей при электрофизическом воздействии с помощью переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП). Следовательно, необходимо провести оценку влияющих факторов на стабильность наноструктур в системе жидких углеводородов для определения оптимальных параметров стабилизации.

Проводится разработка прогнозистических моделей по оценке пожарной опасности технологических процессов, связанных с обращением жидких углеводородов с помощью искусственных нейронных сетей [4, 5]. Данный метод позволяет с точностью оценить пожароопасные свойства органических соединений. Для оценки влияющих факторов на процесс стабилизации наноструктур в жидких углеводородах применялся нейросетевой метод моделирования (НС). НС является эффективным методом для решения задачи прогнозирования таких многофакторных систем, как определение параметров стабилизации наножидкости на основе жидких углеводородов, с целью снижения пожарной опасности процессов хранения нефтепродуктов [6].

Материалы и методы исследований

Объектом исследования являются наножидкости на основе этанола [7], аце-

тона [8], орто-ксилола [9]. В качестве углеродных наноструктур выступают многослойные углеродные нанотрубки (MWCNT) ($l=10\ldots 20$ мкм, $d=10\ldots 30$ нм).

Наножидкости получены путем диспергирования углеродных наноструктур в базовых жидкостях в течение одного часа при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, с частотой источника ультразвука 100 кГц и в условиях электрофизического воздействия с параметрами ПЧМП ($U=56\text{ В}$, $f=50\text{ Гц}$).

Определение поверхностного натяжения осуществлялось методом отрыва капель [10].

Исследование процесса электризации наножидкостей при их гомогенизации проводилось путем измерения напряженности электрического поля образцов наножидкостей, помещенных в ультразвуковую ванну ($t=400\text{ C}$, $f=100\text{ кГц}$), с помощью электростатического вольтметра SF 156 в течение 5 минут [11].

Исследование удельного объемного электрического сопротивления проводилось по ГОСТ ISO 6297-2015 с помощью терраометра E6-13A [1, 12].

Исследование диэлектрической проницаемости осуществлялось методом плоского конденсатора [11].

Определение размера агломераций наночастиц и расстояния между ними проводилось на установке Ntntegra Spectra путем атомно-силовой микроскопии (АСМ) [13], образцы наножидкостей помещались на слюдяную подложку, далее испарялись для этанола и ацетона при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, для орто-ксилола $65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Исследование интенсивности испарения с открытой поверхности наножидкостей: наножидкости помещались в емкости с открытой поверхностью диаметром 46 мм и высотой 72 мм . Испарение жидкостей происходило в вытяжном шкафу размером $1,5\times 1,2\times 2,5\text{ м}$ при температуре воздуха 25°C и кратности воздухообмена 2 ч^{-1} . Потеря массы фиксировалась на лабораторных весах марки «МАССА ВК-150.1» в течение 24 часов.

Результаты исследования свойств наножидкостей

Изменения коэффициента поверхностного натяжения при внесении углеводных наноструктур увеличивается на 10 % для наножидкостей на основе этанола и ацетона, для наножидкостей на основе орто-ксилола изменение составляет порядка 38 %; в условиях электрофизического воздействия величина коэффициента поверхностного натяжения, напротив, снижется в среднем для всех наножидкостей в среднем на 5 %. Это обусловлено тем, что стабилизированные MWCNT в жидкости создают дополнительное суммарное центропритягивающее притяжение.

Напряженность электрического поля при гомогенизации для наножидкостей на основе этанола и ацетона снижается в среднем на 12 %, по сравнению с базовыми жидкостями, для наножидкостей на основе орто-ксилола снижение электризации составляет порядка 89 %; для всех наножидкостей, подготовленных в условиях электрофизического воздействия снижение составляет в среднем на 62 %.

Электрическая проводимость при введении наноматериалов в среднем снижается на 45 %, рост значений электрического сопротивления становится идентичным с базовой жидкостью через 2 часа после приготовления наножидкости, для наножидкостей, подготовленных в условиях стабилизации наноструктур, рост значений электросопротивления замедляется, в среднем до 3 часов.

Диэлектрическая проницаемость для этанола и ацетона при введении наноструктур снижается на 25-50 %, для орто-ксилола снижение составляет порядка 10 %, в условиях электрофизического воздействия снижение для наножидкостей на основе этанола и ацетона составляет 43-50 %, для наножидкостей на основе орто-ксилола в среднем 39 %.

Увеличение электропроводности, снижение диэлектрической проницаемости и напряженности электрического по-

ля обусловлено более низкой скоростью электризации за счет более медленного процесса агломерации MWCNT - стабильности наноструктур в системе жидкости.

При электрофизическом воздействии увеличение размера агломераций наночастиц, по сравнению с образцами, которые не были подготовлены в условиях стабилизации наноструктур, существенно снижается 60 %. Снижение связано с изменением дзета-потенциала наночастиц в условиях стабилизации.

Интенсивность испарения для всех наножидкостей снижается в течение первых 4 часов на 24 % после приготовления стабильной наножидкости. При электрофизическом воздействии данное снижение сохраняется в течение 6 часов, что связано с изменением электрофизических свойств базовых жидкостей.

Прогнозирование процесса электризации модифицированных жидких углеводородов в условиях стабилизации углеводных наноструктур проводилось методом нейронных сетей с помощью программы STATISTICA.

Таким образом, в ходе исследований выявлено: характерным параметром веществ при обеспечении пожарной безопасности является значение $A=[\rho_v, \sigma, \epsilon, \delta, W_{исп}]$; в условиях процесса агломерации наночастиц происходит изменение во времени их диаметра и суммарного расстояния между ними в зависимости от параметров наночастиц (хиральность, добротность и т.д.); явление агломерации влияет на значения A ; установлено, что зависимость между значением A и параметрами наночастиц при агломерации во времени возможно смоделировать при использовании нейросетевых технологий [14].

Нейросетевой метод прогнозирования

Для оценки влияющих факторов на параметры стабилизации наножидкости на основе жидких углеводородов применялся метод нейросетевого моделирования. НС относится к методам ана-

лиза больших данных. Данный метод целесообразно применять для рассматриваемой системы, что обусловлено недостаточностью информации о закономерностях

влияния входных параметров на выходные данные [14]. Характеристики входных параметров представлены в таблице 1.

Таблица 1
Характеристика входных (воздействующих) параметров и выходного параметра

ВП, ВФ	Характеристика	Единицы измерения
α_1	Время «жизни» стабильных наножидкостей	час
α_2	Молярная масса базовых жидкостей	г/моль
α_3	Размер наночастиц	нм
α_4	Расстояние между наночастицами	нм
α_5	Концентрация наночастиц в жидкостях	% масс.
α_6	Коэффициент поверхностного натяжения наножидкости	10^{-3} Н/м
α_7	Коэффициент изменения удельного объемного электрического сопротивления	
α_8	Диэлектрическая проницаемость наножидкости	
α_9	Плотность базовой жидкости	кг/м ³
α_{10}	Коэффициент динамической вязкости базовых жидкостей	мПа/с
α_{11}	Добротность наночастиц	
α_{12}	Параметры прибора ПЧМП	В
α_{13}	Теплопроводность базовых жидкостей	Вт/м·К
α_{14}	Удельная электрическая проводимость базовых жидкостей	См
у	Напряженность электрического поля	кВ/м

Регрессионная задача состоит из пятнадцати переменных: четырнадцать независимых предикторов ($\alpha_1 \dots \alpha_{14}$) и одна целевая зависимая переменная (у). Для создания модели применялась стратегия автоматизированной нейронной сети с размером подвыборок обучающей, тестовой и контрольной 70, 15 и 15 соответственно. Тип сети – многослойный персептрон, минимальное и максимальное количество скрытых нейронов – 5 и 10 соответственно. Количество обучающихся сетей – 25, количество сохраненных сетей – 10.

Результаты и их обсуждение

Структура нейронной сети представляет собой алгоритм, где на входы нейрона подаются входные параметры (сигналы), которые суммируются, при этом учитывается значимость каждого входа (вес). Сеть формирует веса каждого сигнала входного параметра таким образом, чтобы значение целевой независимой переменной было близко к выходному фактору. Примерная структура нейронной сети представлена на рис. 1.

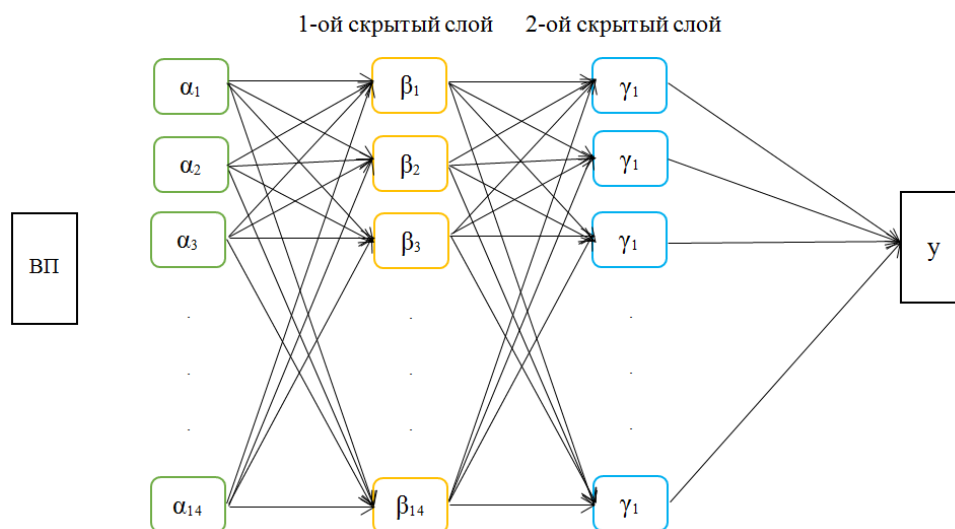


Рисунок 1. Структура нейронной сети

Из десяти сохраненных сетей выбрано три с минимальной ошибкой контрольной выборки (таблица 2). Данные модели являются наиболее «адекватны-

ми», что обусловлено большим значением обучающей производительности и минимальной контрольной ошибкой.

Таблица 2
Параметры сетей с минимальной ошибкой контрольной выборки

Index	Net. name	Training perf.	Test perf.	Validation perf.	Training error
3	MLP 15-9-1	1,000000	0,999996	0,999993	0,000032
6	MLP 15-12-1	1,000000	0,999993	0,999955	0,000058
7	MLP 15-8-1	1,000000	0,999991	0,999995	0,000052
Index	Test error	Validation error	Training algorithm	Error function	Hidden activation
3	0,002777	0,001432	BFGS 173	SOS	Tanh
6	0,003843	0,007332	BFGS 176	SOS	Tanh
7	0,005348	0,000935	BFGS 279	SOS	Exponential

Диаграмма рассеяния целевых значений выбранных сетей (3 MLP 15-9-1, 6 MLP 15-12-1, 7 MLP 15-8-1) и выход-

ного значения (y) отображает совпадение входных данных и целевой переменной (рис. 2).

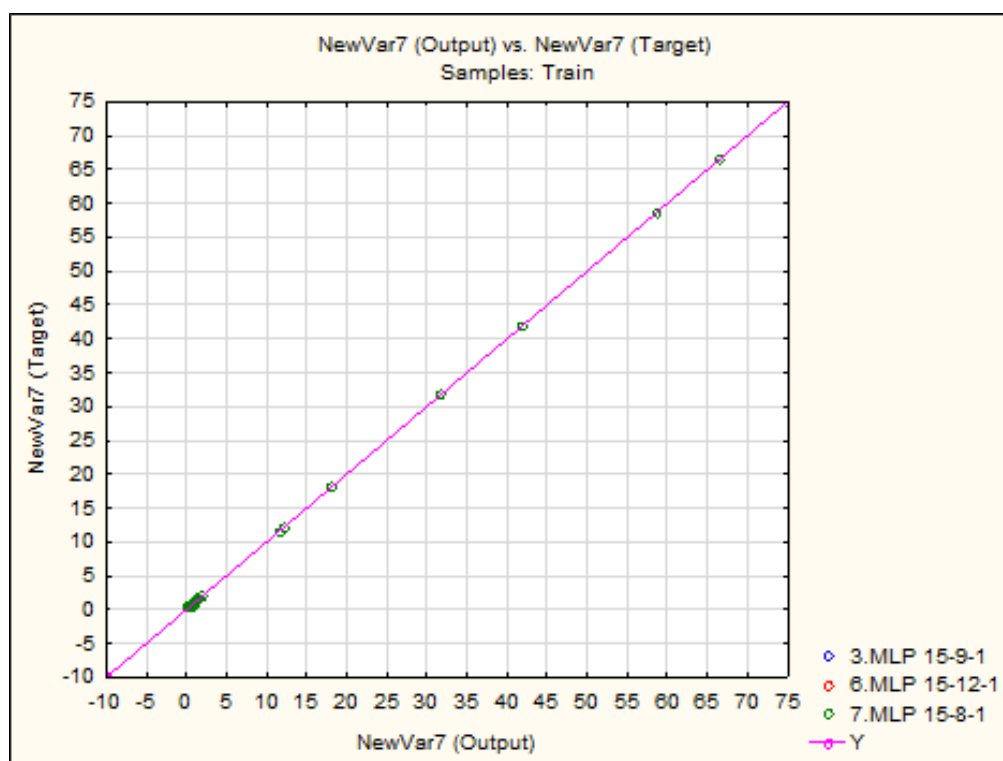


Рисунок 2. Диаграмма рассеяния полученных данных сетей

Анализ чувствительности переменных отражает важность входных параметров: добротность наночастиц (α_{11}), концентрация наночастиц в жидкостях (α_5), коэффициент динамической вязко-

сти базовых жидкостей (α_{10}), коэффициент поверхностного натяжения наножидкости (α_6), диэлектрическая проницаемость наножидкости (α_8) (табл. 3).

Таблица 3
Анализ чувствительности переменных

Ind.	Net. name	Вклад переменных						
3	MLP 15-9-1	α_{11}	α_5	α_{10}	α_2	α_8	α_6	α_{12}
		2581324	1928357	945641,5	178712,4	165474,7	154298,5	119893,5
		α_{13}	α_9	α_4	α_{14}	α_3	α_{15}	α_7
		82367,64	47242,71	23703,15	9650,642	540,8475	352,4756	105,3805
6	MLP 15-12-1	α_{11}	α_5	α_{10}	α_6	α_8	α_{12}	α_2
		1466158	1352105	716374,4	247009,7	141365,3	101027,0	74214,37
		α_{13}	α_9	α_{14}	α_4	α_3	α_{15}	α_7
		46587,89	45800,26	24948,66	4618,172	377,3775	197,4941	45,45567
7	MLP 15-8-1	α_{11}	α_{10}	α_5	α_6	α_2	α_{12}	α_{13}
		3766139	2127698	1268187	345670,6	168333,2	143758,5	86916,33

		α_9	α_8	α_{14}	α_4	α_3	α_7	α_5
		48105,73	26211,18	25045,16	13345,88	126,3924	56,24939	54,15148

Нейронная сеть 3 MLP 15-9-1 отражает данные с наименьшей ошибкой. Данная НС позволяет спрогнозировать процесс электризации жидких углеводородов, а также отображает зависимость

стабильности наножидкости от параметров MWCNT (диаметр агломераций, расстояние между ними, добротность, концентрация) (рис. 3- 5).

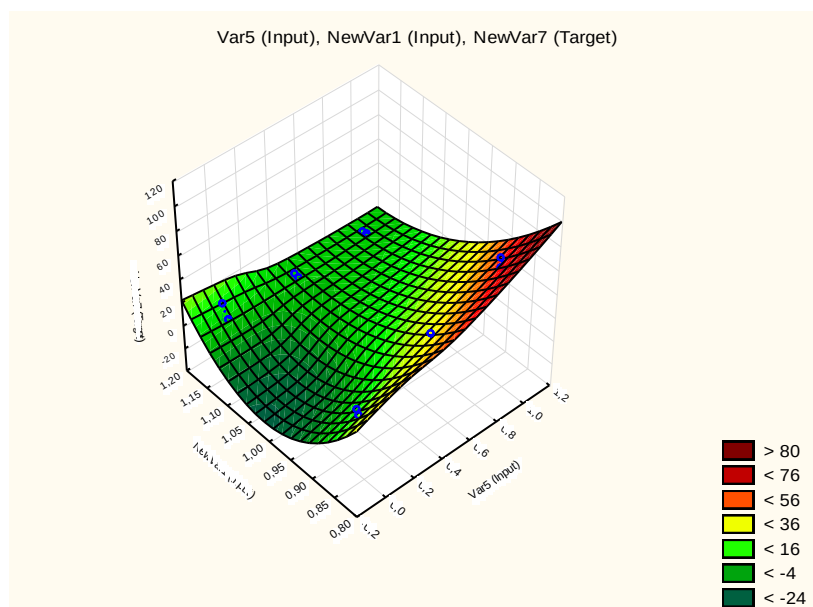


Рисунок 3. Зависимость напряженности электрического поля наножидкости от концентрации MWCNT в базовых жидкостях и добротности наночастиц

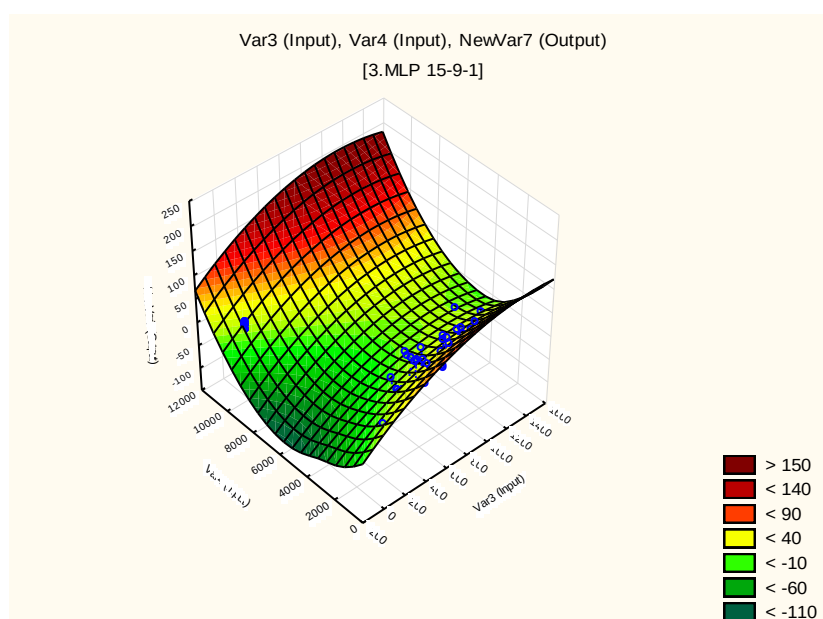


Рисунок 4. Зависимость напряженности электрического поля наножидкости от размера агломераций MWCNT и расстояния между ними

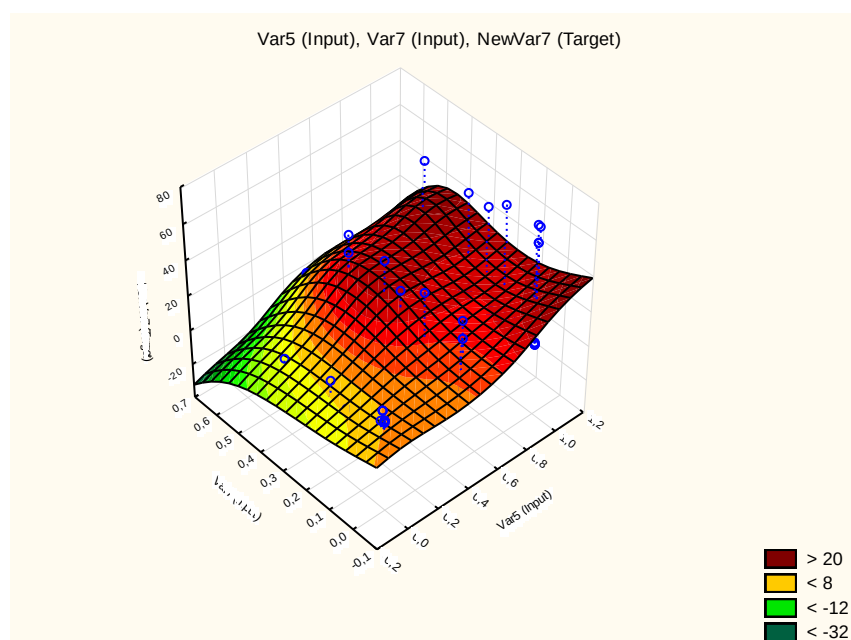


Рисунок 5. Зависимость напряженности электрического поля наножидкости от концентрации MWCNT в базовых жидкостях и удельного объемного электрического сопротивления наножидкости

Выводы

Стабилизация наноструктур посредством электрофизического воздействия с параметрами ПЧМП, заключающегося в изменении дзета-потенциала наноструктур на границе раздела фаз жидкость-газ при воздействии ПЧМП, позволяет управлять параметрами MWCNT (диаметр агломераций, расстояние между ними).

В ходе нейросетевого моделирования выявлено, что факторами электризации жидких углеводородов при стабилизации наноструктур являются:

- добротность наночастиц;
- концентрация наночастиц в жидкостях;

- коэффициент динамической вязкости базовых жидкостей;
- коэффициент поверхностного натяжения наножидкости;
- диэлектрическая проницаемость наножидкости.

Нейросетевое моделирование процесса стабилизации углеродных наноструктур позволяет выявить экспериментальную зависимость между величинами расстояние между наноструктурами и их диаметр и диэлектрическая проницаемость и удельное объемное электрическое сопротивление жидкостей, что обеспечивает создание условий для снижения факторов пожарной опасности при обращении с жидкими углеводородами.

Литература

1. Иванов А.В., Мифтахутдинова А.А., Нефедьев С.А., Симонова М.А., Маслаков М.Д. Условия стабилизации наноструктур для безопасной транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 9. С. 35-43.
2. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Емельянова А.Н. Исследование влияния углеродных нанотрубок на температуру вспышки керосина в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 3 (27). С. 53-57.
3. Иванов А.В., Сорокин А.Ю., Ивахнюк Г.К., Демехин Ф.В. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 7. С. 16-27.
4. Королев Д.С., Калач А.В., Каргашилов Д.В., Сорокина Ю.Н. Прогнозирование основных показателей пожаровзрывоопасности органических соединений с помощью дескрипторов и искусственных

нейронных сетей, используемых в расчете пожарного риска // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 9. С. 32-36.

5. Королев Д.С., Калач А.В., Каргашиллов Д.В. Прогнозирование температуры вспышки с помощью нейроректа КДС 1.0 на примере сложных эфиров масляной кислоты // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 3. С. 21-24.

6. Prabhu S., Uma M., Vinayagam B. K. Surface roughness prediction using Taguchi-fuzzy logicneural network analysis for CNT nanofluids based grinding process // Neural Computing and Applications. – 2015. – Т. 26. – №. 1. – С. 41-55. DOI: 10.1007/s00521-014-1696-8.

7. ГОСТ Р 55878-2013 Спирт этиловый технический гидролизный ректифицированный. Технические условия. М., 2014. 12 с.

8. ГОСТ 2768-84 Ацетон технический. Технические условия. М., 1984. 9 с.

9. ГОСТ 9410-78 Ксилол нефтяной. Технические условия. М., 1978. 8 с.

10. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. М., 1978. 480 с.

11. Гусев Ю.А. Основы диэлектрической спектроскопии. Казань, 2008. 112 с.

12. ГОСТ ISO 6297-2015 Нефтепродукты. Топлива авиационные и дистиллятные. Определение удельной электропроводности. М., 2016. 8 с.

13. Елманов Г.Н., Логинов Б.А., Севрюков О.Н. Исследование топологии поверхности методом сканирующей атомно-силовой микроскопии. М., 2011. 64 с.

14. Иванов С.А., Уколов Д.С., Нурутдинов Г.Н., Таров В.П., Баронин Г.С. Исследование структурно-механических свойств твердофазных углеродсодержащих ПЭВП-нанокмпозитов и прогнозирование результатов с помощью нейросетевых технологий // Вестник ТГУ. 2013. Т.18. №. 5. С. 2366-2368.

References

1. Ivanov A.V., Miftakhutdinova A.A., Nefediev S.A., Simonova M.A., Maslakov M.D. Usloviya stabilizatsii nanostruktur dlya bezopasnoy transportirovki legkovosplamenyayushchikhsya zhidkostey // Fire and explosion safety. - 2017. - Т. 26. - №. 9. - С. 35-43. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.09.35-43.

2. Ivanov A.V., Ivakhnyuk G.K., Emelyanova A.N. Issledovaniye vliyaniya uglerodnykh nanotrubok na temperaturu vspyshki kerosina v usloviyakh vozdystviya peremennogo chastotno-modulirovannogo potentsiala // Problems of Risk Management in the Technosphere. - 2013. - №. 3 (27). - С. 53-57.

3. Ivanov AV, Sorokin A.Yu., Ivakhnyuk GK, Demekhin F.V. Upravleniye elektrostatičeskimi svoystvami zhidkikh uglevodородov, modifitsirovannykh uglerodnymi nanostrukturami // Fire and explosion safety. - 2017. - Т. 26. - № 7. - С. 16-27. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.16-27.

4. Korolev D.S., Kalach A.V., Kargashilov D.V., Sorokina Yu.N. Prognozirovaniye osnovnykh pokazateley požarovzryvoopasnosti organicheskikh soyedineniy s pomoshch'yu deskriptorov i iskusstvennykh neyronnykh setey, ispol'zuyemykh v raschete požarnogo riska // Fire and explosion safety. - 2015. - Т. 24. - № 9. - С. 32-36. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.32-38.

5. Korolev D.S., Kalach A.V., Kargashilov D.V. Prognozirovaniye temperatury vspyshki s pomoshch'yu neyropaketa KDS 1.0 na primere slozhnykh efirov maslyanoy kisloty // Fire and explosion safety. - 2016. - Т. 25. - № 3. - С. 21-24. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.03.21-26.

6. Prabhu S., Uma M., Vinayagam B. K. Surface roughness prediction using Taguchi-fuzzy logicneural network analysis for CNT nanofluids based grinding process // Neural Computing and Applications. – 2015. – Т. 26. – №. 1. – С. 41-55. DOI: 10.1007/s00521-014-1696-8.

7. GOST R 55878-2013 Spirt etilovyy tekhnicheskii gidroliznyy rektifikovanny. Tekhnicheskiiye usloviya. М., 2014. - 12 s.

8. GOST 2768-84 Atseton tekhnicheskii. Tekhnicheskiiye usloviya. М., 1984. - 9 s.

9. GOST 9410-78 Ksilol neftyanoy. Tekhnicheskiiye usloviya. М., 1978, - 8 s.

10. Kikoin A.K., Kikoin I.K. Molekulyarnaya fizika. М., 1978. 480 s.

11. Gusev YU. A. Osnovy dielektricheskoy spektroskopii. Kazan': KGU, 2008, - 112 s.

12. GOST ISO 6297-2015 Nefteprodukty. Topliva aviatsionnyye i distillyatnyye. Opredeleniye udel'noy elektroprovodnosti. М.: Standartinform, 2016. – 8 s.

13. Yelmanov G.N., Loginov B.A., Sevryukov O.N. Issledovaniye topologii poverkhnosti metodom skaniruyushchey atomno-silovoy mikroskopii. Moskva: NIYAU MIFI, 2011. — 64 c.

14. Ivanov S.A., Ukolov D.S., Nurutdinov G.N., Tarov V.P., Baronin G.S. Issledovaniye strukturno-mekhanicheskikh svoystv tverdogaznykh uglerodsoderzhashchikh PEVP-nanokmпозитов i prognozirovaniye rezul'tatov s pomoshch'yu neyrosetevykh tekhnologii // Vestnik TGU. - 2013. - Т.18. - №. 5. - С. - 2366-2368.

УДК 614.841.113

2310199595v@gmail.com

**ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ СТЕНКИ ДЫМОУДАЛЯЮЩЕГО ОТВЕРСТИЯ
НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ «ПОДДУВА»
ПРИ ПОЖАРЕ В ПОМЕЩЕНИИ**

**THE EFFECT OF THE HEIGHT OF THE WALL
OF THE SMOKE EXHAUST HOLE ON THE OCCURRENCE
OF THE PHENOMENON OF "BLOWING" IN A FIRE IN THE ROOM**

*Илтыбаева В.Г.,
Беляков В.А., кандидат технических наук, доцент,
Носков А.С., доктор технических наук, профессор,
Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Институт Строительства и Архитектуры, Екатеринбург*

*Itibaeva V.G., Belyakov V.A., Noskov A.S.,
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Institute of Construction and Architecture, Yekaterinburg,*

В научной статье авторами исследованы критические условия перехода расчетного режима работы системы дымоудаления в нерасчетный режим «поддува» для создания расчетного инженерного метода, позволяющего определять параметры системы. Также рассмотрены составляющие явления прохождения через дымоудаляющее отверстие чистого воздуха, за счет действия подъемных сил, из-под припотолочного дымового слоя. Рассмотрен пример помещения с модельной горючей нагрузкой при различных условиях: высоте стенки дымоудаляющего отверстия равной нулю и пренебрежении составляющей скорости дымогазовой смеси, параллельной кровле.

Ключевые слова: дымогазовая смесь, пожар, система дымоудаления, поддув, продукты горения.

In the scientific article, the authors investigated the critical conditions of transition of the design mode of the smoke removal system in the non-calculation mode "boost" to create a design engineering method that allows to determine the parameters of the system. Also, the components of the phenomenon of passing through the smoke-removing hole of clean air, due to the action of lifting forces, from under the near-flood smoke layer are considered. An example of a room with a model combustible load under different conditions is considered: the height of the wall of the smoke-removing hole is zero and the neglect of the speed component of the smoke-gas mixture parallel to the roof.

Keyword: smoke-gas mixture, fire, smoke removal system, feed of air, combustion product.

Введение

Пожары в зданиях и сооружениях – одни из самых распространенных чрезвычайных ситуаций на сегодняшний день, являющиеся причиной большого материального ущерба и, к сожалению, гибели людей.

Причиной печальной статистики этого события является не только открытое пламя и влияние высокой температуры, но и ядовитые, едкие продукты горения.

Во время пожара возникает довольно большая масса горячего газа, который образует дымогазовую колонну.

Путем захвата окружающего воздуха в помещении, масса газа начинает расти и подниматься. Дойдя до потолка, горячий газ создает стратифицированную зону дыма, который по мере роста начинает остывать. Далее, благодаря увеличению плотности, дымовой слой начинает опускаться, заполняя всю площадь помещения с очагом пожара.

Это ядовитое облако дыма значительно затрудняет видимость, вследствие чего процент успешно эвакуированных людей значительно снижается. Независимо от того, что горит или тлеет, в помещении имеется состав недопустимый для дыхания людей. Одним из самых опасных компонентов является угарный газ – СО, при его содержании в воздухе выше 1% наступает глубокая кома либо летальный исход в течение нескольких минут из-за того, что он образует устойчивое соединение с гемоглобином крови, блокируя транспортировку кислорода [1].

Во избежание задымленности помещения применяют системы удаления (СД). Система дымоудаления – система механических и автоматических средств для эффективного удаления дыма и продуктов горения, а также подачи чистого воздуха в определенные места зданий и сооружений во время пожара, для сохранения доступной среды на смежных к очагу пожара участках для работы служб пожаротушения.

По принципу работы выделяются два типа систем дымоудаления:

- Статическая система дымоудаления – предотвращает распространение дыма за счет отключения общеобменной вентиляции. Приточный воздух, путем его ограничения, удерживает, иногда и вовсе гасит пожар, а дымоудаление происходит механическим способом. К примеру, фрамуги оконных проемов или дымовые люки.

- Динамическая система дымоудаления. Принцип состоит в частичном отключении вентиляции во время пожара, для погашения огня разницей давления, с помощью работы вентиляторов и проти-

вожарных клапанов. В динамической системе необходима автоматика дымоудаления, а также нагнетающий приток воздуха в определенные зоны зданий и сооружений, чтобы предотвратить расширение дыма или создать безопасный путь для эвакуации.

Таким образом, система дымоудаления – это одна из основных составляющих безопасности здания. Она помогает не допускать задымления помещения в случае образования пожара, предоставляет приемлемые условия для эвакуации людей, позволяет не допустить повреждения соседних помещений и сокращает общие убытки от возгорания. Поэтому проблеме проектирования систем дымоудаления необходимо уделять достойное внимание.

Эффективность работы системы дымоудаления с естественным побуждением может снижаться из-за явления «поддува». Смысл данного явления заключается в том, что чистый воздух из-под припотолочного дымового слоя, за счет действия подъемных сил, проходит через дымоудаляющее отверстие. При этом явлении уменьшается расход смеси продуктов горения и дыма, удаляемых наружу из помещения через дымоудаляющее отверстие. Это приводит к скоплению дыма на периферии верхней зоны помещения в местах пребывания людей (например, в атриумах, пассажах и т. д.), поэтому явление «поддува» не допускать.

Анализ российских и зарубежных исследований [2-5] показывает, что критические условия перехода расчетного режима работы системы дымоудаления в нерасчетный режим «поддува» исследованы недостаточно для создания надежного инженерного метода, позволяющего определять параметры системы (количество, площадь и высоту расположения дымоудаляющего отверстия). Данные параметры должны исключить возникновение явления «поддува».

В настоящее время, на кафедре гидравлики института строительства и

архитектуры ФГАОУ ВО «УрФУ» проводятся научные исследования по расчетному обоснованию эффективности работы системы дымоудаления с естественным побуждением с учетом явления «поддува» для обеспечения безопасности здания при пожаре [6-8].

Ранее авторами в статье [5] были исследованы составляющие явления «поддува», на примере помещения с модельной горючей нагрузкой при различных условиях:

$$w_{z3} = \sqrt{2g(h + h_0) \frac{\rho_B - \rho_r}{2} + \frac{2p_r}{\rho_r} + w_{z1}^2(1 - \xi)}, \quad (1)$$

где p_r – среднее избыточное давление в припотолочном слое, Па;

ρ_B – плотность холодного воздуха в помещении, кг/м³;

ρ_r – среднеобъемная плотность смеси газов и дыма, кг/м³;

w_{z1} – вертикальная проекция скорости в сечении 1, м/с;

ξ – коэффициент гидравлического сопротивления на участке между сечениями 1 и 3;

h – толщина припотолочного слоя;

h_0 – высота стенки дымоудаляющего отверстия;

- высота стенки дымоудаляющего отверстия равна нулю;

- пренебрежение составляющей скорости дымгазовой смеси, параллельной кровле.

Условия возникновения режима «поддува»

Применяя уравнение Бернулли, скорость подъема w_{z3} дымгазовой смеси в выходном сечении дымоудаляющего отверстия составляет [5]:

g – ускорение свободного падения, кг/м².

Вертикальная критическая скорость во входном сечении дымоудаляющего отверстия $w_{z\text{кр}}$, при которой колонна холодного воздуха поднимается на высоту h , составляет:

$$w_{z\text{кр}} \sqrt{2gh}. \quad (2)$$

Для нахождения критической величины температуры припотолочного слоя, при котором начинается явление «поддува», приравняем уравнения (2) и (3), (при установившемся течении $w_{z2} = w_{z3}$).

$$\bar{T}_{г. \text{кр}} = \frac{2+\bar{h}}{1+\bar{h}} - \frac{p_r}{\rho_r gh(1+\bar{h})} - \frac{w_{z1}^2(1-\xi)}{2gh(1+\bar{h})}, \quad (3)$$

где $\bar{T}_{г. \text{кр}}$ – безразмерная критическая температура припотолочного слоя;

$$\bar{T}_{г. \text{кр}} = T_{г. \text{кр}}/T_B;$$

$T_{г. \text{кр}}$ – критическая температура припотолочного слоя, К;

T_B – температура холодного воздуха в помещении, К;

$\bar{h}$ – безразмерная высота стенки дымоудаляющего отверстия $\bar{h} = h_0/h$.

Учитывая, что w_{z1} и p_r равны нулю формула (4) принимает вид:

$$\bar{T}_{г. \text{кр}} = \frac{2+\bar{h}}{1+\bar{h}}. \quad (4)$$

Принимая во внимание уравнения (4) и (5) видно, что поступление холодного воздуха в дымоудаляющее отверстие при естественном побуждении происходит при достаточно высокой температуре

припотолочного слоя. Например, при $w_{z1} = h_0 = p_r = 0$ и $T_B = 293$ К имеем $T_{г. \text{кр}} = 586$ К = 313 °С.

Массовый расход смеси газов и дыма через дымоудаляющее отверстие при одномерном подходе в случае отсутствия «поддува»

$$G \rho_r w_{z\text{кр}} F_0, \quad (5)$$

где G – массовый расход смеси газов и дыма через дымоудаляющее отверстие, кг/с;

F_0 – площадь дымоудаляющего отверстия, м².

В начале возникновения «поддува» критический массовый расход смеси газов и дыма через дымоудаляющее отверстие составит:

$$G_{\text{кр}} = \rho_r w_{z\text{кр}} F_0, \quad (6)$$

где $G_{кр}$ – критический массовый расход СД, кг/с.

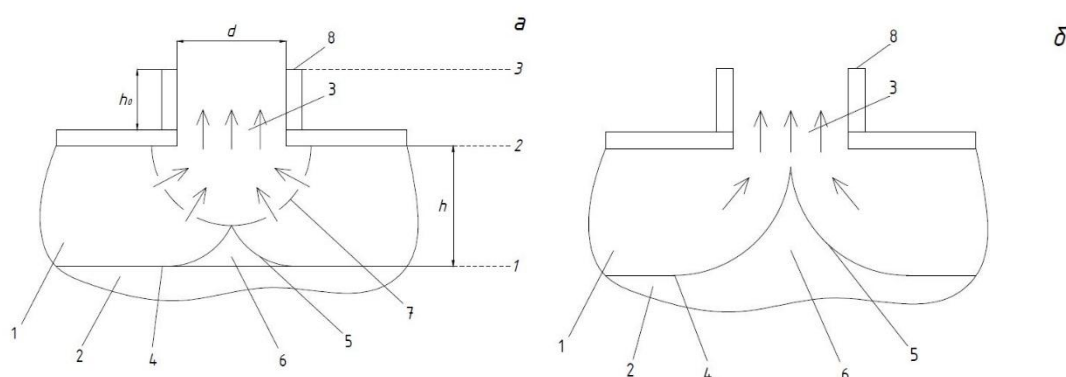


Рисунок 1. Упрощенная схема припотолчного дымового слоя во время работы системы дымоудаления при расчетном режиме (а) и в начале режима «поддува» (б):

1 – припотолчный слой; 2 – холодный воздух; 3 – дымоудаляющее отверстие; 4 – нижняя граница припотолчного слоя при отсутствии системы дымоудаления; 5 – нижняя граница припотолчного слоя при наличии системы дымоудаления; 6 – воронка; 7 – полусферическая поверхность; 8 – стенка дымоудаляющего отверстия; 1-3 – номера сечений; d – приведенный диаметр дымоудаляющего отверстия; h – толщина припотолчного слоя; h_0 – высота стенки дымоудаляющего отверстия

Используя формулы (4), (5), результаты значений, выведенные в программах [2, 3], а также результаты экспериментальных значений из работы [4] авторами получены следующие графики за-

висимостей безразмерных массовых расходов газовой смеси и безразмерной критической температуры припотолчного слоя.

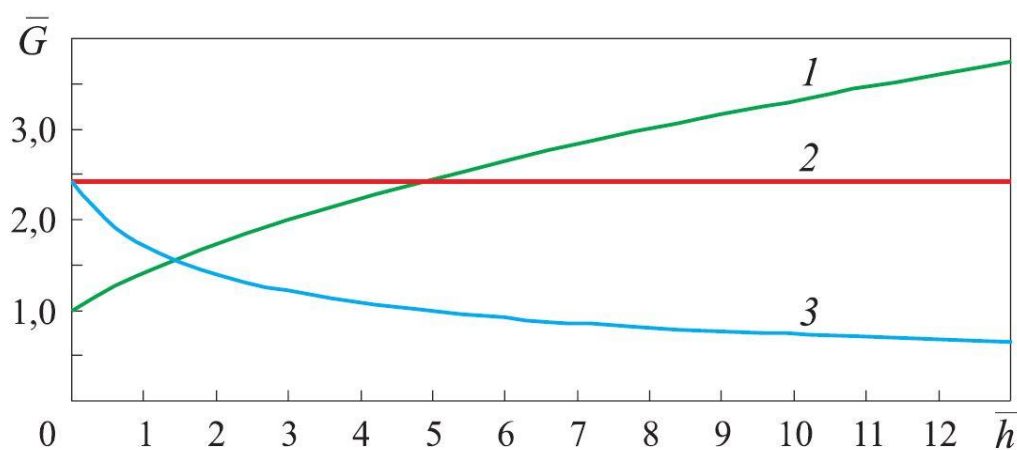


Рисунок 2. Зависимости безразмерных массовых расходов газовой смеси, выходящей из помещения наружу через дымоудаляющее отверстие, от его безразмерной высоты: 1 – G_{h0}/G_0 ; 2 – $G_{кр}/G_0$; 3 – $G_{кр}/G_{h0}$; G_0 – массовый расход при $h_0 = 0$; G_{h0} – массовый расход при $h_0 \neq 0$; $\bar{G}$ – безразмерный расход

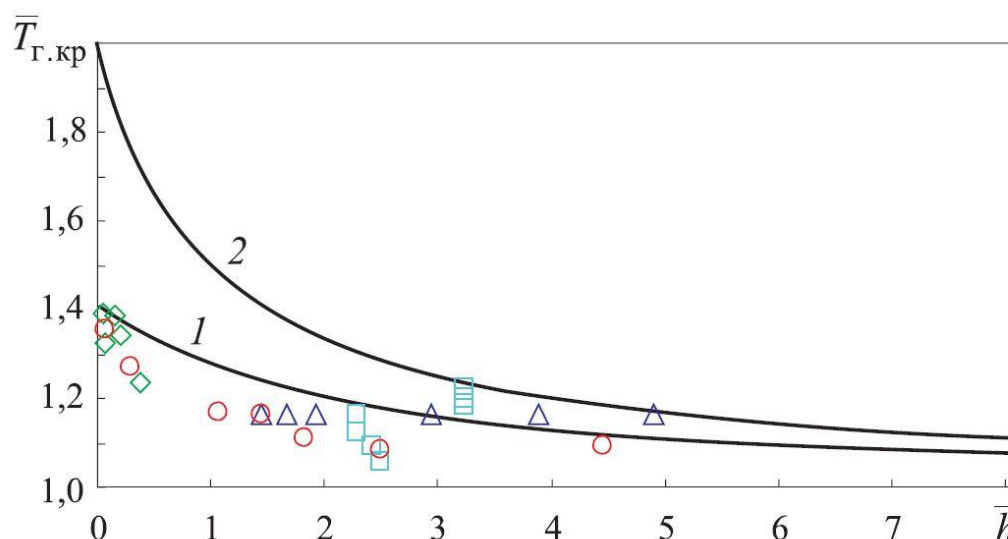


Рисунок 3. Зависимости безразмерной критической температуры припотолочного слоя от безразмерной высоты стенки дымоудаляющего отверстия: расчет: 1 – формула (4); 2 – формула (5); $\diamond$ – полевая модель [2]; $\circ$ – полевая модель [3]; эксперимент: $\square$, $\triangle$ – данные по [4]

Заключение

На основании результатов проводимых исследований, можно сделать следующие выводы:

1. При безразмерной высоте стенки дымоудаляющего отверстия $h_0 = 4,8$ возникает явление «поддува»: $G_{h_0} = G_{кр}$, т.е. массовый расход при высоте стенки дымоудаляющего отверстия больше нуля, равен критическому массовому расходу СД.

2. Увеличение высоты стенки дымоудаляющего отверстия, не приводит к увеличению расхода удаляемой дымогазовой смеси, так как при этом холодный воздух помещения будет подниматься

выше по дымоудаляющему отверстию, при этом предотвращая поступление дыма и газа из припотолочного слоя.

3. Существует минимальная среднееобъемная температура припотолочного слоя, при которой возникает явление «поддува». Данная температура зависит от таких факторов, как непосредственно высота стенки дымоудаляющего отверстия, толщина дымового слоя, перепад давлений по высоте внутри и снаружи дымоудаляющего отверстия, коэффициента гидравлического сопротивления отверстия и скорость движения частиц дыма и газа в припотолочном слое.

Литература

1. Отравление угарным газом. URL: <https://clck.ru/DfDwk> (дата обращения: 12.07.2018).
2. Пузач С.В. Интегральные, зонные и полевые методы расчета динамики опасных факторов пожара. Свидетельство об официальной регистрации программы № 2006614238 в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам от 8.12.2006 г.
3. McCrattan K., Klein B., Hostikka S., Floyd J. Fire Dynamics Simulator. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Md, USA, 2009.
4. Ji J., Gao Z. H., Fan C. G., Sun J. H. A study of the effect of plug-holing and boundary layer separation on natural ventilation with vertical shaft in urban road tunnels fires. International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 55 (21-22), 2012. pp. 6032-6041.
5. Влияние высоты стенки дымоудаляющего отверстия на возникновение «поддува» при дымоудалении с естественным побуждением / С.В. Пузач, Тхань Тунг До // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23, № 11. С. 46-50.
6. Мобильный диагностический комплекс для оценки технического состояния здания после пожара / О.А. Медведев, В.А. Беляков, А.С. Малков // Новый Уральский строитель. 2012. № 3-4 (117). С. 62.

7. Нанотехнологии для тушения пожаров. Взгляд в будущее / Л.Б. Хорошавин, В.А. Беляков // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции: Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. 2016. С. 193-198.
8. Моделирование газового потока в двухконтурной вихревой трубе Ранка-Хилша / А.С. Носков, А.В. Ловцов, А.В. Хаит // Вычислительная механика сплошных сред. 2012. Т. 5. № 3. С. 313-321.

References

1. Otravleniye ugarnym gazom [elektronnyy resurs]. – URL: <https://clck.ru/DfDwk> . Data obrashcheniya 12.07.2018.
2. Puzach S.V. Integralnyye, zonnnyye i polevyye metody rascheta dinamiki opasnykh faktorov pozhara. Svidetelstvo ob ofitsialnoy registratsii programmy № 2006614238 v Federalnoy sluzhbe po intellektualnoy sobstvennosti, patentam i tovarnym znakam ot 8.12.2006 g.
3. McCrattan K., Klein B., Hostikka S., Floyd J. Fire Dynamics Simulator. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Md. USA. 2009.
4. Ji J., Gao Z. H., Fan C. G., Sun J. H. A study of the effect of plug-holing and boundary layer separation on natural ventilation with vertical shaft in urban road tunnels fires. International Journal of Heat and Mass Transfer. Vol. 55 (21-22). 2012. pp. 6032-6041.
5. Vliyaniye vysoty stenki dymoudalyayushchego otverstiya na vozniknoveniye «podduva» pri dymoudalenii s estestvennym pobuzhdeniyem / S.V. Puzach, Tkhan Tung Do // Pozharovzryvbezopasnost. – T.23. № 11- 2014. – S. 46-50.
6. Mobilnyy diagnosticheskiy kompleks dlya otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniya posle pozhara / O.A. Medvedev, V.A. Belyakov, A.S. Malkov // Novyy Uralskiy stroitel. 2012. № 3-4 (117). S. 62.
7. Nanotekhnologii dlya tusheniya pozharov. Vzglyad v budushcheye / L.B. Khoroshavin, V.A. Belyakov // Sbornik trudov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Zashchita naseleniya i territoriy v chrezvychaynykh situatsiyakh. 2016. S. 193-198.
8. Modelirovaniye gazovogo potoka v dvukhkонтурной vikhrevoy trube Ranka-Khilsha / A.S. Noskov, A.V. Lovtsov, A.V. Khait // Vychislitelnaya mekhanika sploshnykh sred. 2012. Т. 5. № 3. S. 313-321.

**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ****FIREPROOF BARRIERS FOR DEFORMATION AND LINEAR JOINTS
OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

*Прусаков В.А., Тимофеев Н.С.,
ООО «ПРОМИЗОЛ», Томилино,
Гравит М.В., кандидат технических наук, доцент,
Симоненко Я.Б., Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, Санкт-Петербург*

*Prusakov V.A., Timofeev N.S.,
PROMIZOL, Tomilino,
Gravit M.V., Simonenko Ya.B.,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg*

Здания и сооружения сложных архитектурных форм и большой протяженности подвержены деформациям под влиянием колебаний температуры наружного воздуха, неравномерного осадения грунта основания, сейсмических явлений и в силу других причин. Правильное проектирование, устройство и исполнение деформационных швов имеют важное значение при строительстве, поскольку дают возможность обеспечить длительный срок службы и предел огнестойкости основных несущих и ограждающих конструкций зданий, внутренней и внешней отделки.

Для повышения огнестойкости конструкции применяются специальные виды огнестойкой заделки (огнезащитные материалы и изделия), которые устанавливают внутри деформационных швов. В статье приводится обзор специальных материалов и изделий (т.н. противопожарные барьеры) как зарубежных, так и отечественных производителей, которые разработаны специально для деформационных швов и гарантированно работают при сжатии, растяжении и сдвиге шва. Выполнен обзор российских и европейских нормативных документов, содержащих требования к деформационным швам. В статье приводятся технические параметры противопожарных барьеров, необходимых для обеспечения требуемой огнестойкости конструкции при выполнении огнезащитных работ по защите деформационного шва в условиях пожара.

Производство инновационных огнезащитных материалов является одной из основных задач противопожарной безопасности. Это путь последовательного превращения идеи в товар, который включает этапы исследований, конструкторских разработок, производства и реализации в проектах зданий гражданского и промышленного назначения. Необходимо подобрать комплексное решение, обеспечивающее максимальное удовлетворение потребностей при выполнении огнезащитных работ по защите деформационного шва при воздействии пожара.

Ключевые слова: здания и сооружения, напряжения, пожаробезопасность, деформационные швы, температурные швы, противопожарная защита, стыковочные соединения, огнезащита, пожароопасность, огнестойкость, герметики, бетонные элементы, меры пожарной безопасности.

Buildings and structures of complex architectural forms and long distances are subject to deformations under the influence of fluctuations in the temperature of the outside air, uneven sedimentation of the ground base, seismic phenomena and for other reasons. Proper design, construction and execution of expansion joints are of great importance in the construction, as they provide the opportunity to provide long service life and fire resistance

of the main load-bearing and enclosing structures of buildings, interior and exterior finishes.

To increase the fire resistance of the structure, special types of fire-resistant sealing (fire-retardant materials and products) are used, which are installed inside the expansion joints. The article gives an overview of special materials and products (the so-called fire barriers) for both foreign and domestic manufacturers, which are designed specifically for expansion joints and operate with gantry when compressing, stretching and shearing the seam. The review of Russian and European normative documents containing the requirements for expansion joints has been completed. The article describes the technical parameters of the fire barriers necessary to ensure the required fire resistance of the structure when performing fireproof work to protect the expansion joint in fire conditions.

The production of innovative fire-retardant materials is one of the main tasks of anti-fire safety. This is the way to consistently turn an idea into a commodity, which includes the stages of research, design development, production and implementation in civil and industrial design. It is necessary to choose a comprehensive solution that ensures maximum satisfaction of the needs in the performance of fire protection work to protect the deformation seam when exposed to fire.

Keywords: building and construction, tensions, fire safety, contraction joints, expansion joint, fire protection, expansion joints, fire extinguishers, fire hazards, fireproofing, sealants, concrete elements, fire safety measures.

Введение

По данным МЧС за 2016 год произошло около 140 тыс. пожаров на территории России, в которых погибло около 8 тыс. человек и было травмировано еще 10 тыс., уничтожено 35 тыс. зданий и повреждено 88 тыс. [1]. При пожаре в здании происходит снижение прочности и обрушение несущих конструкций от воздействия открытого пламени и высоких температур, предел огнестойкости здания рассчитывается на этапе проектирования как важный этап мероприятий по повышению пожарной безопасности. Предел огнестойкость и заключается в возможности конструкции ограничивать распространения пожара, снижать опасные факторы и уменьшать деформаций здания от воздействия высоких температур [2].

Понятие «противопожарный барьер» приводится в СП [3]: «Строительные конструкции и конструкции заполнений

[...], обеспечивающие нераспространение пожара и его локализацию в течение расчетного времени».

Сопряжения между ограждающими конструкциями, к которым предъявлены требования пожарной безопасности, разделяют на деформационные (меняющие свои геометрические размеры под влиянием каких-либо факторов) и линейные или строительные – не меняющие свои геометрические размеры (рис. 1).

Деформационные швы позволяют многоэтажным и многосекционным зданиям сопротивляться различным нагрузкам в течение всего срока эксплуатации без снижения несущей способности конструкций. Такие воздействия могут возникать под влиянием различных факторов (рис. 2), таких как сейсмическая активность, неравномерная плотность грунта, перепад температуры окружающей среды, повышенные нагрузки [4]

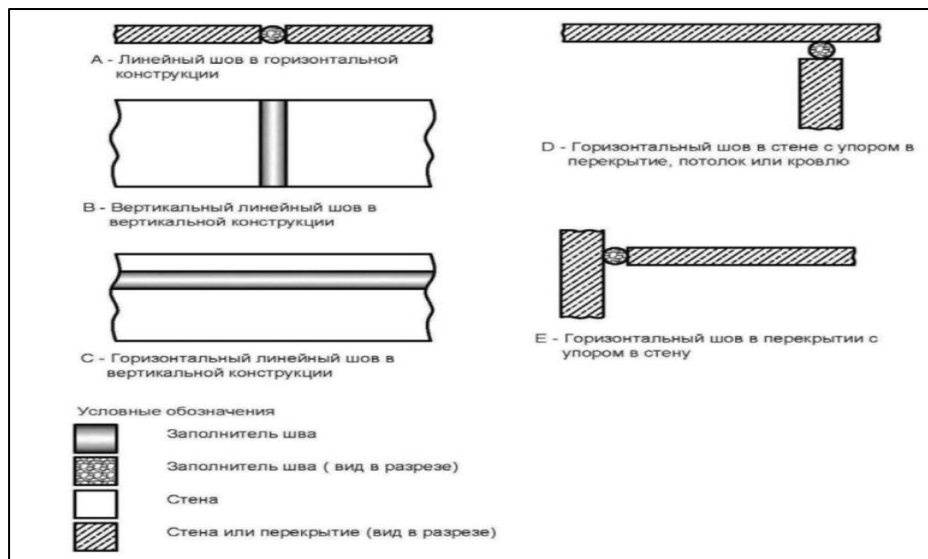


Рисунок 1. Ориентация заполнения швов в реальных условиях

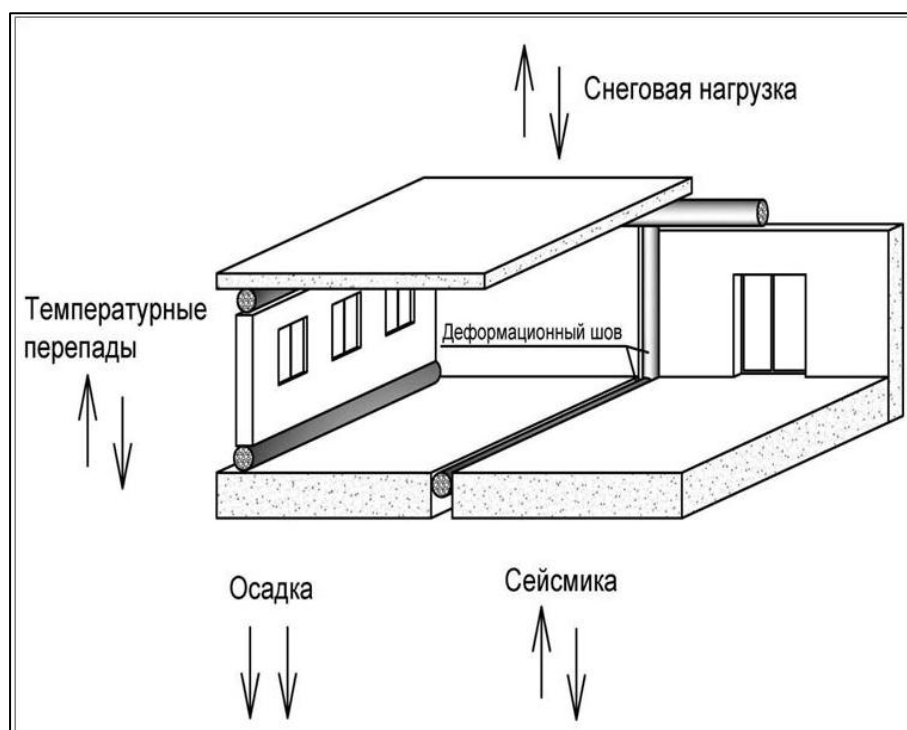


Рисунок 2. Причины деформаций строительных конструкций

В зависимости от наиболее характерных нагрузок деформационные швы можно разделить на 4 типа: 1) **температурные швы** пронизывают сооружение сверху донизу – от пола до кровли, однако фундамент они не затрагивают. Позволяют монолитным материалам свободно сжиматься и разжиматься при перепадах температур;

2) **осадочные швы** разделяют здание по всей высоте, то есть от фундамента до крыши, чтобы избежать опас-

ных деформаций вследствие неравномерной деформации грунта;

3) **усадочные швы** используются в монолитном строительстве. Бетон, затвердевая, усаживается крайне неравномерно, это приводит к созданию внутреннего напряжения и, как следствие, к образованию трещин;

4) **антисейсмические швы** активно применяются в сейсмически активных регионах.

Так как деформационные швы являются элементами несущих конструк-

ций, то к ним применяются определенные требования по огнестойкости, так же как к перекрытиям, стенам и перегородкам, которые определяются согласно нормативной документации по пожарной безопасности строительной конструкции в целом. Отдельных требований для устройства деформационных швов в настоящее время в российском законодательстве не существует, их предел огнестойкости определяется в совокупности с остальными элементами противопожарных преград. Для целей увеличения общей огнестойкости конструкции применяют специальные противопожарные барьеры, которые устанавливаются внутри деформационных швов.

В зарубежной и российской системах нормативных документов, устанавливающих требования к деформационным швам, методы испытаний и принципы классификации средств огнезащиты для строительных конструкций имеют существенные отличия, поэтому изучение данных документов, в частности, проведение сравнительного анализа, в настоящее время является необходимой частью общего процесса в области технического регулирования в Российской Федерации, направленных на изменение национальной системы стандартизации и интеграцию с другими системами европейского и мирового сообщества.

Требования к проектированию конструкций с учетом деформационных швов изложены в п. 5.5.5 EN 1996-1-2008 Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design (consolidated version) [5], где регламентируют рассматривать вертикальный деформационный шов в стене как край стены, на котором не происходит передача моментов и поперечных усилий. В стандарте не рассматривается применение некоторых специальных анкеров, которые могут передавать через деформационный шов моменты и/или поперечные усилия.

В части 2 Еврокод 6 рассматриваются проектные решения, выбор материалов и требования к выполнению каменных конструкций, где в п. 2.3.3 описываются деформации каменных конст-

рукций и требования к деформационным швам (п. 2.3.4), в том числе приводится и параметр «огнестойкость»

В России нормативные требования к деформационным швам приводятся в следующих сводах правил.

Согласно СП 21.13330.2012, здания и сооружения сложной формы в плане разделяются деформационными швами на отсеки. Высоту зданий и сооружений в пределах отсека следует принимать одинаковой, а длину отсеков – по расчету в зависимости от расчетных величин деформаций земной поверхности, физико-механических свойств грунтов основания, принятой конструктивной схемы, технологических требований. Деформационные швы должны разделять смежные отсеки зданий и сооружений по всей высоте, включая кровлю и фундаменты.

Фундаменты под несущие стены в зоне деформационных швов устраиваются, как правило, сплошными. В целях уменьшения ширины деформационного шва допускается применение прерывистых фундаментов. Фундаменты под парные колонны у деформационных швов в каркасных зданиях, выполненных по рамно-связевой или связевой схемам, допускается не разделять, если фундаменты под остальные колонны конструктивно не связаны между собой в горизонтальном направлении плитами, связями-распорками и т.д. При наличии связей допускается устройство несимметричных парных фундаментов на общей бетонной (железобетонной) подушке с устройством шва скольжения.

В СП 15.13330.2012 установлены требования к деформационным швам в зданиях с несущими стенами: температурно-усадочные швы в стенах каменных зданий должны устраиваться в местах возможной концентрации температурных и усадочных деформаций, которые могут вызвать недопустимые по условиям эксплуатации разрывы кладки, трещины, перекосы и сдвиги кладки по швам (по концам протяженных армированных и стальных включений, а также в местах значительного ослабления стен отверстиями или проемами). Расстояния между

температурно-усадочными швами должны устанавливаться расчетом.

К деформационным швам в зданиях с несущими многослойными стенами (в наружном лицевом слое) там же приводятся следующие требования: горизонтальные деформационные швы в наружных несущих стенах (заполнениях каркаса при поэтажном опирании слоев) должны выполняться в уровне нижней грани междуэтажных плит перекрытий на всю толщину стены. Расстояние между горизонтальными деформационными швами в несущих стенах с гибкими связями должно назначаться с учетом высоты этажа здания. Толщину горизонтальных деформационных швов в лицевом слое многослойных стен следует принимать из расчета допустимых прогибов вышележащих конструкций, но не менее 30 мм (СП 20.13330). В конструкции шва следует предусматривать упругие прокладки, эффективный утеплитель (во внутреннем слое) и нетвердеющие атмосферостойкие мастики. Не допускается попадание в шов кладочного раствора и боя кирпича.

В СП 70.13330.2012 декларируется, что устройство проемов, отверстий, технологических борозд и выбор способа работ должны быть согласованы с проектной организацией и учитывать возможное влияние на прочность прорезаемой конструкции, требования санитарных и экологических норм. Для цементации усадочных, температурных, деформационных и конструкционных швов следует применять цемент не ниже марки (класса) М 400. Для гидроизоляции рабочих швов следует применять гидроизоляционные поверхностные и проникающие смеси по ГОСТ 31189. При цементации швов с раскрытием менее 0,5 мм должны быть использованы специальные цементосодержащие растворы низкой вязкости. До начала работ по цементации производится промывка и гидравлическое опробование шва для определения его пропускной способности и герметичности карты (шва), а также гидроизоляционные инъекционные смеси по ГОСТ 31189.

В СП 27.13330.2011 указывается, что предельно допустимые деформации

от воздействия температуры в элементах конструкций, в которых требуется их ограничение при нагревании и охлаждении, должны устанавливаться нормативными документами по проектированию соответствующих конструкций, а при их отсутствии должны указываться в задании на проектирование. Расстояние между температурно-усадочными швами в бетонных и железобетонных конструкциях из обычного и жаростойкого бетонов должны устанавливать расчетом. Расчет допускается не выполнять, если принятое расстояние между температурно-усадочными швами не превышает значений, указанных в таблице 6.3 (СП 20.13330), в которой наибольшие расстояния между температурно-усадочными швами даны для бетонных и железобетонных конструкций с ненапрягаемой и с предварительно напряженной арматурой, при расчетной зимней температуре наружного воздуха минус 40 °С, относительной влажности воздуха 60% и выше и высоте колонн 3 м.

В помещениях, при эксплуатации которых возможны перепады температуры воздуха (положительная и отрицательная), в цементно-песчаной или бетонной стяжке необходимо предусматривать деформационные швы, которые должны совпадать с осями колонн, швами плит перекрытий, деформационными швами в подстилающем слое. Деформационные швы должны быть расшиты полимерной эластичной композицией.

В стяжках обогреваемых полов необходимо предусматривать деформационные швы, нарезаемые в продольном и поперечном направлениях. Швы прорезаются на всю толщину стяжки и расшиваются полимерной эластичной композицией. Шаг деформационных швов должен быть не более 6 м.

Требования к огнестойкости отдельных конструкций и процесс гармонизации европейских, американских, международных и российских нормативных документов в области пожарной безопасности отражены в статьях [6]. Основными общеевропейскими документами, нормирующими пожарную безопасность соединений несущих конструкций и пе-

регородок, являются нормативные акты, определяющий предел огнестойкости заполнения линейных и деформационных швов в здании, и аспекты пожарной безопасности конструктивных элементов сооружения [28, 29].

В патентах представлены различные изобретения, способные обеспечивать эффективность противопожарных барьеров деформационных швов.

Alan Shaw (США, Грант, US6996944 В2) изобрел противопожарные барьеры для многомерных компенсационных швов, где слои, содержащие эти барьеры, могут быть соединены вместе путем сшивания высокотемпературной нитью, штифтами, болтами и др. Подобный барьер может содержать: по меньшей мере один защитный и механически поддерживающий слой; один изолирующий слой и по меньшей мере один слой вспучивающегося материала, в котором изолирующий слой расположен между механическим опорным и вспучивающимся слоями [30].

Изобретение James P. и Stahl Jr. (США, Грант, US7856775 В2) относится к области конструкций и систем, предназначенных для уплотнения щелей между навесной стенкой и отдельными полами здания. Настоящее изобретение особенно полезно использовать для типов стен, включающих внутреннюю панель, которая может быть выполнена из металла или другого материала, проходящего через внутреннюю поверхность. Данные типы стены особенно распространены в модульных конструкциях.

Изобретение Vaughn Barnes и Paul S. Heller (США, Грант, US6131352 А) относится к противопожарным барьерам для использования в деформационных швах, образованных в зданиях, и относится к системам, которые способны поддерживать эффективный барьер против распространения огня, несмотря на существенное относительное смещение или искажение поверхностей. Система огнезащитного барьера состоит из изоляционного материала с фольгой, поддерживаемого свободно плавающим способом с помощью металлического экранного компонента, который располагается

между двумя сторонами деформационного шва. Система указанного изобретения удовлетворяет потребности в простом, легко устанавливаемом и относительно недорогом устройстве, способном предотвращать распространение дыма, пламени и тепла через деформационные швы, несмотря на существенное изменение конструкции во всех трех измерениях.

Изобретение Charles L. Dunsworth (США, Грант, US4517779 А) – огнестойкий расширительный соединительный аппарат, имеющий противоположные базовые соединительные части, прикрепленные к подвижным конструкциям, между ними образовывается расширительная пустота и узел огнезащитного барьера, скользящий между упомянутыми базовыми соединительными частями с насыщенным адсорбентом, содержащимся в барьерном узле, который выпускает охлаждающую жидкость в охлаждающие камеры, сформированные внутри соединительных частей основания при возникновении условий высокой температуры. Крышка компенсатора используется в строительных конструкциях, она обладает исключительными огнестойкими свойствами.

Исходя из проведенного патентного поиска и анализа российских и зарубежных патентов на изобретения, выявлено отсутствие российских патентов по теме «Предел огнестойкости деформационных швов», количество найденных американских патентов определяет, что производство систем, способных поддерживать эффективный противопожарный барьер, достаточно распространено широко за рубежом, но тема огнестойкости узлов конструкций с деформационными швами мало исследована.

Метод

Цель данного исследования заключается в рассмотрении типов деформационных швов и в изучении применения противопожарных барьеров, которые устанавливаются в горизонтальные и вертикальные деформационные швы монолитных и сборных железобетонных

конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Правильное проектирование, устройство и монтаж деформационных швов имеют большое значение при строительстве, поскольку дают возможность обеспечить длительный срок службы основных несущих и ограждающих конструкций зданий, а также элементов внутренней и внешней отделки. Деформационные швы являются элементами противопожарных преград, таких как стены, перегородки и перекрытия, и для них существуют требования по огнестойкости. В соответствии со ст. 88 123-ФЗ места сопряжения противопожарных стен, перекрытий и перегородок с другими ограж-

дающими конструкциями здания, сооружения пожарного отсека должны иметь предел огнестойкости не менее предела огнестойкости сопрягаемых преград. Конструктивное исполнение мест сопряжения стен с другими элементами зданий и сооружений должно исключать возможность распространения пожара в обход этих преград (рис. 3). Основная сложность заключается в том, что применение распространенных негорючих материалов невозможно из-за динамической работы деформационных швов (сжатие, растяжение, сдвиг), что приводит к ускоренному износу таких негорючих материалов [7].



Рисунок 3. Устройство деформационных швов

Для защиты деформационных швов при пожаре применяются противопожарные барьеры, специально разработанные для применения в деформационных швах. Такие конструкции (изделия) выполняют свои функции и сохраняют все противопожарные характеристики, как при сжатии шва, так и при его растяжении. И если, например, минеральная вата, установленная в чистом виде в шов, при сжатии шва еще будет сохранять какие-то защитные свойства, то при растяжении шва, ни о какой серьезной защитной функции говорить не приходится. Отсутствуют данные, что минеральная

вата, как конструктивный элемент защиты деформационного шва от огня, проходит испытания в условиях, имитирующих работу деформационного шва.

Анализ и изучение пожароопасных свойств строительных материалов, оценка поведения конструкций при пожаре, проведение расчета прочности и устойчивости зданий при огневом воздействии – все это позволяет разработать и предложить потребителям высокоэффективные способы огнезащиты конструктивных элементов [8-13]. Обзор противопожарных барьеров различных про-

изготовителей деформационных швов при-

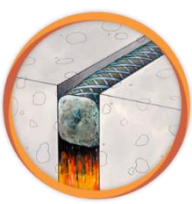
веден в таблице 1.

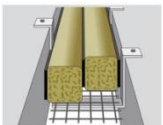
Таблица 1

которые виды противопожарных барьеров для деформационных швов

Производитель. Торговая марка. Описание и технические характеристики продукта¹	
ПРОМИЗОЛ	
ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш-150/240 (шнур) 	Противопожарный барьер для огнезащиты деформационных швов шириной от 20 до 100 мм. Представляет собой систему типа «Шнур», состоящую из базальтового фиброволокна БСТВ, с обкладкой из фольгированного стекловолокна, элементов крепежа и соединений. Работает в условиях деформации. Сейсмоустойчив и вибростоек. Обладает влагостойкостью, стойкостью к появлению плесени и грибка, стойкостью к большинству химически агрессивных веществ. Растяжение – 40 % от первоначальной ширины; сжатие – 90 %. Минимальный срок эксплуатации 30-40 лет. Монтаж «чистый и сухой». Предел огнестойкости 240 мин.
ПРОМИЗОЛ-Шов-П150/240 (подушка) 	Противопожарный барьер для огнезащиты деформационных швов шириной от 150 до 400 мм. Представляет собой систему типа «Подушка», состоящую из базальтового фиброволокна, с обкладкой из фольгированного стекловолокна, элементов крепежа и соединений. Работает в условиях деформации. Сейсмоустойчив и вибростоек. Обладает влагостойкостью, стойкостью к появлению плесени и грибка, стойкостью к большинству химически агрессивных веществ. Растяжение – 50 % от первоначальной ширины. Сжатие – 80 %. Минимальный срок эксплуатации 30-40 лет. Монтаж «чистый и сухой». Предел огнестойкости 240 мин.
ПРОМИЗОЛ-ЛШов-Ш 	Противопожарный барьер для огнезащиты линейных швов шириной от 20 до 100 мм. Представляет собой систему типа «Шнур», состоящую из базальтового фиброволокна, с обкладкой из стекловолокна, элементов крепежа и соединений. Работает в условиях только там, где нет требований по деформации шва. Предназначен для линейных швов, строительных проемов и других зазоров конструкций, узлов примыканий зданий и сооружений. Предел огнестойкости 150-240 мин.
Prozasq	
PYRO-SAFE AESTUVER T Шнур для швов	Несгораемый тоннельный элемент для швов между конкретными элементами, объединенными с огнезащитными плитами PYRO-SAFE AESTUVER T. При воздействии огня происходит коксование и герметизация, что препятствует дальнейшему проникновению пламени и продуктов горения. При температуре около 300 °C начинается коксообразование. Диаметр 22-62 мм. Длина 4 метра (в зависимости от проекта возможно изменение параметров). Структура гибкая силиконовая оболочка в виде трубки, заполненная огнезащитной пеной. Цвет красно-

¹ Данные приводятся с официальных сайтов указанных производителей. Дата обращения 06.03.2018 г.
 URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>

	коричневый. Плотность 400 г/дм³. Твёрдость по Шору > 30 Шор. Предел огнестойкости 180 мин при глубине конструкции 185 мм
Veda France	
	VEDAFEU C Система, состоящая из минерального фибро-волокона, обвязанного бечевкой из стекловолокна, элементов крепежа и соединений, а также метода установки. Ширина шва от 10 до 200 мм Предел огнестойкости EI 240 мин. Растяжение+20 % Сжатие – 80% Предел огнестойкости 240 мин
	VEDAFEU M Система, состоящая из минерального фиброволокна, обвязанного бечевкой из стекловолокна, элементов крепежа и соединений, а также метода установки. Ширина шва от 100 до 450 мм Предел огнестойкости EI 120 мин. Растяжение +50 % Сжатие – 75 % Предел огнестойкости 120 мин
	VEDAFEU N Система, состоящая из минерального фиброволокна, обвязанного бечевкой из стекловолокна, элементов крепежа и соединений, а также метода установки. Ширина шва от 150 до 840 мм Предел огнестойкости EI 240 мин. Растяжение+50% Сжатие- 75% Предел огнестойкости 240 мин.
Огнеза	
Терморасши- ряющийся гер- метик Огнеза- ГТ 	Используется в сочетании с минераловатным уплотнением, с плотностью не менее 60 кг/м³, в сжатом состоянии. Плёнкообразование при 20 °С 25 минут. t° использования от +5 °С до +80 °С t° эксплуатации от -40 °С до +120 °С Температурный предел +1300 °С Огнестойкость до 2 часов. Морозостойкость – 3 цикла заморозки. Плотность материала 1,0-1,2 г/см³ Деформационная устойчивость +/- 20 %
Безоболочеч- ный теплоизо- ляционный ба- зальтовый шнур	Базальтовый теплоизоляционный шнур ШБТ-20 – уплотнительный шнур из супертонких базальтовых волокон, скрепленных между собой силой естественного сцепления без применения клея, диаметром 20 мм. Снаружи шнур имеет оплетку из базальтовой нити. Теплоизоляционный шнур ШБТ бывает различных диаметров: 10, 20,

	30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 100 мм. И маркируется ШБТ-10, ШБТ-20, ШБТ-30, ШБТ-40, ШБТ-50, ШБТ-60, ШБТ-70, ШБТ-80, ШБТ-90, ШБТ-100 соответственно. Применяется для огнезащиты деформационных швов в комплексе с терморасширяющимся герметиком ОГНЕЗА-ГТ. Класс горючести НГ. Рабочая температура, °С от -190 до +1000 Плотность, кг/м³ 177,6 Теплопроводность, 25±5 °С (298±5) К 0,037
Promat	
Противопожарная пена PROMAFOAM® 	Применяется внутри здания и в открытых помещениях. Пену дозируют экономно и наносят на обрабатываемые поверхности полосами. При устройстве нескольких слоев отвердевший слой увлажняют перед нанесением нового. Для защиты от УФ-излучения пену после полного отверждения покрывают герметиком. Плотность ρ 22–28 кг/м³ (при расширении в стыке) Термостабильность от -40 °С до +90 °С Водопоглощение ок. 0,3 об. % Атмосферные воздействия стойкая к гниению, теплу, воде и многих химических веществ
Стыковой элемент PROMASEAL®-PL 	С одной из сторон стык заполняется минеральной ватой. Поверх слоя минеральной ваты устанавливается стыковой элемент PROMASEAL®-PL. В случае пожара пеноматериал сгорает, а вспучивающийся материал PROMASEAL®-PL, сильно увеличиваясь в объеме, образует огнестойкую пену, которая заполняет стык и заделывает его, предотвращая нагрев и прогорание уплотнительной ленты. Предел огнестойкости в зависимости от толщины минераловатной прослойки
Крилак	
ШОВ-АК-1  	Формируется путем заполнения зазоров между строительными конструкциями элементами из базальтовой ваты «ПБК-1» с использованием огнестойкого состава «Файрекс-700», огнестойкой мастики «АКМ-01», а также поддерживающей конструкции. Предел огнестойкости конструкции до 240 REI. Ширина шва до 400 мм. Теплопроводность 0,044 Вт/м×К, не более. Сейсмостойкость МРЗ до 9 балл. Температурный диапазон эксплуатации -50/+60 °С. Срок эксплуатации не менее 50 лет. Предел огнестойкости 240 мин
Hilti	
Противопожарный акриловый герметик CP606 	Для огнестойких проходок в стенах и полах и швов на несущих стенах, а также для различных швов между стенами и полами. Химическая основа – акриловая дисперсия на водяной основе. Подвижность ±12,5 % (ISO 11600), плотность 1600 кг/м³ Диапазон рабочих температур 5-40 °С Прибл. время затвердевания 3 мм/3 дня. Температурная устойчивость – диапазон -30-80 °С. Температурный диапазон хранения 5 - 25 °С. Сертификат LEED 75 г/л. Терморасширение – нет. Характеристики поверхностного горения по UL 723 (ASTM E84). Распространение огня: 10. Распространение дыма: 0. Базовые материалы - минеральная вата

CFS-SP WB
Противопо-
жарный спрей
для швов



Химическая основа – акриловая дисперсия на водяной основе. Подвижность до 40 %. Плотность 1280 кг/м³. Плотность 1260 кг/м³. Диапазон рабочих температур 4-40 °С. Прибл. время затвердевания 3 мм/день. Температурная устойчивость – диапазон -40-80 °С. Максимальная ширина шва 100 мм. Сертификат LEED 73 г/л. Минимальная ширина шва 6 мм. Подходящие продукты – минеральная вата. Возможна установка с одной стороны. Базовые материалы – бетон, кирпичная кладка, гипс, сталь, алюминий, стекло. Звуконепроницаемость. Доступные результаты испытаний pH 8-9. Минимальная толщина стены 150 мм. Протестировано в соответствии UL 2079, UL 1479, ASTM E84, ASTM E2307, ASTM C1241, ASTM G21, ASTM E90, ASTM E1966, CAN/ULC-S102, CAN/ULC-S115, ASTM E814, EN 1364-4, EN 1366-4. Характеристики поверхностного горения по UL 723 (ASTM E84). Распространение огня: 5. Распространение дыма: 10

Рассмотрим более подробно схемы установки изделий для огнезащиты деформационных швов на примере изделий производства ООО «Промизол» (Москва). Основной задачей при их разработке являлось обеспечение нераспространения огня даже при раскрытии деформационного шва на 50 % от проектной ширины.

Противопожарный барьер «ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240» (шнур) (ТУ 23.99.19-005-16223937-2017) применяется для огнезащиты деформационных швов, а также стыков строительных конструкций, обеспечивает надежную защиту примыкания от проникновения огня через деформационные и строительные швы шириной до 100 мм (рис. 4).

Устанавливаются противопожарные барьеры в соответствии с требованиями [7], например, в перекрытиях для компенсации возможных изменений (ширины, сдвига) шва от первоначальной

ширины, – в горизонтальные и вертикальные деформационные швы монолитных и сборных железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения, а также в зазоры между торцом вертикальных стен и межэтажных плит (рис. 5).

Для огнезащиты деформационных швов и строительных стыков шириной свыше 100 мм (рис. 5), возможно использовать «ПРОМИЗОЛ-Шов-П150/240» (подушка) (ТУ 23.99.19-009-16223937-2017), которая предназначена для обеспечения надежной защиты примыкания от проникновения огня через деформационные и строительные швы в полах, потолках и стенах (рис. 6).

Получены положительные испытания на сейсмоустойчивость до 9 баллов. Материалы устойчивы к воздействию открытого пламени в течение EI 150 – 240 минут.

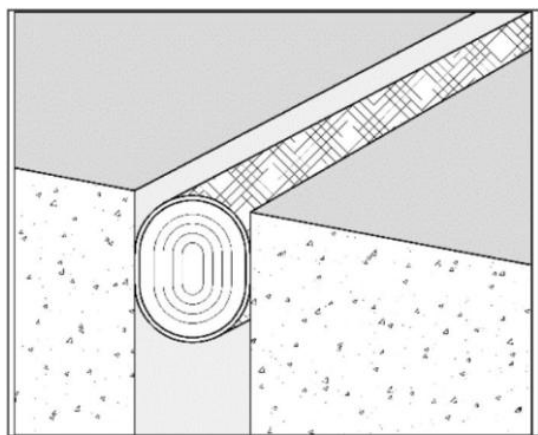


Рисунок 4. Огнезащита деформационного шва шириной менее 100 мм противопожарным барьером типа «Шнур»

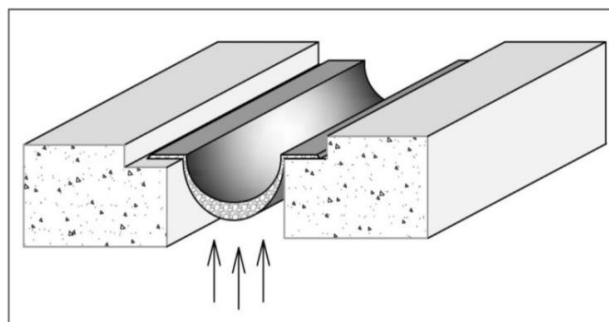


Рисунок 5. Огнезащита деформационного шва шириной свыше 100 мм противопожарным барьером типа «Подушка»

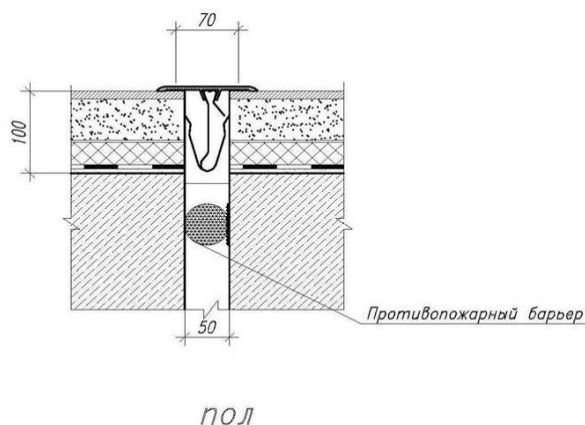


Рисунок 6. Схема монтажа
противопожарного барьера
в горизонтальный деформационный шов

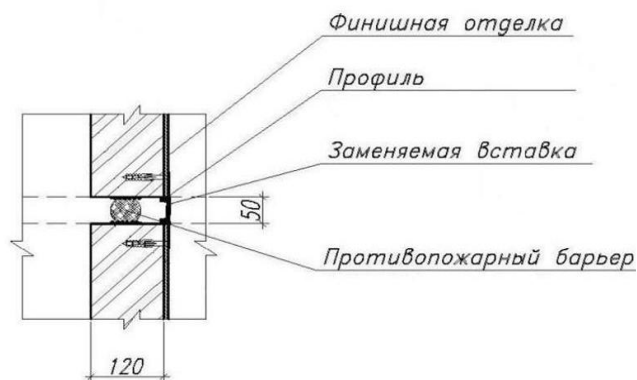


Рисунок 7. Схема монтажа
противопожарного барьера
в вертикальный деформационный шов

Пределы огнестойкости (EI) в зависимости от ширины противопожарного барьера ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240 приводятся в таблице 3.

Таблица 2.
Номенклатура противопожарного барьера ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240 типа Шнур для
типовых деформационных швов шириной до 100 мм

№ п/п	Ширина деформационного шва, мм	Предел огнестойкости, EI	Рекомендуемый диаметр противо- пожарного барье- ра, не менее мм	Номенклатурный номер противопожарного барьера
1	20	150	28	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-28
2	30	240	51	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-51
3	40	240	60	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-60
4	50	240	80	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-80
5	60	240	90	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-90
6	70	240	105	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-105
7	80	240	112	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-112
8	90	240	126	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-126
9	100	240	140	ПРОМИЗОЛ-Шов- Ш150/240-140

В систему барьера для деформационного шва ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш150/240 входит специальный клей ПРОМИЗОЛ-К, расход которого зависит от диаметра шнура и указан в регламенте

по нанесению. Пределы огнестойкости (EI) в зависимости от ширины противопожарного барьера ПРОМИ-ЗОЛ-Шов-Ш150/240 приведены в таблице 3.

Таблица 3

Номенклатура противопожарного барьера ПРОМИЗОЛ-Шов-П150/240 типа Подушка для типовых деформационных швов шириной свыше 100 мм

№ п/п	Ширина деформационного шва, мм	Предел огнестойкости, EI	Рекомендуемый размер противопожарного барьера, не менее мм	Номенклатурный номер противопожарного барьера
1	150	150	220	ПРОМИЗОЛ-Шов-П150-220
		180	220	ПРОМИЗОЛ-Шов-П180-220
		240	220	ПРОМИЗОЛ-Шов-П240-220
2	200	150	290	ПРОМИЗОЛ-Шов-П150-290
		180	290	ПРОМИЗОЛ-Шов-П180-290
		240	290	ПРОМИЗОЛ-Шов-П240-290
3	300	150	430	ПРОМИЗОЛ-Шов-П150-430
		180	430	ПРОМИЗОЛ-Шов-П180-430
		240	430	ПРОМИЗОЛ-Шов-П240-430
4	400	150	570	ПРОМИЗОЛ-Шов-П150-570
		180	570	ПРОМИЗОЛ-Шов-П180-570
		240	570	ПРОМИЗОЛ-Шов-П240-570

Пределы огнестойкости подтверждены сертификатами соответствия по итогам испытаний.

При производстве противопожарного барьера ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш(П)150/240 используются высококачественное базальтовое сверхтонкое волокно (БСТВ), уложенное особым образом.

Содержание неволокнистых включений (так называемых «корольков») размером свыше 0,25 мм, не превышающих 10 % от общей доли заполнителя, позволяет гарантировать работу противопожарного барьера длительное время, соизмеримое со сроком эксплуатации проектируемых зданий.

Таблица 4

Основные эксплуатационные характеристики

	Параметры	Значение параметра
1	Плотность основного используемого материала	75 кг/м ³
2	Теплопроводность, Вт (м·К), не более, при температуре (20±5) °С	0,04
3	Водопоглощение за 24 часа по объему	Не более 2%
4	Стойкость к появлению плесени и грибов	Да
5	Влажность, % по массе, не более	0,5
6	Сейсмоустойчивость	Да
7	Виброустойчивость	Да
8	Упругость	75,50%

9	Стойкость к большинству химических агрессивных веществ	Да
10	Минимальный срок эксплуатации	30-40 лет
11	Ремонтопригодность	Да

Для предотвращения проникновения огня через стыки барьеров при монтаже объектов, при обработке торцов противопожарных барьеров ПРОМИЗОЛ-Шов-Ш(П)150/240 используется специальная огнезащитная сетка.

Для проектирования защиты линейных швов используется противопо-

жарный барьер ПРОМИЗОЛ-Шов-Л (рис. 4-5). Принцип огнезащиты линейных швов аналогичен огнезащите деформационных швов, но используется материал менее критичный к многократному изменению линейных размеров.

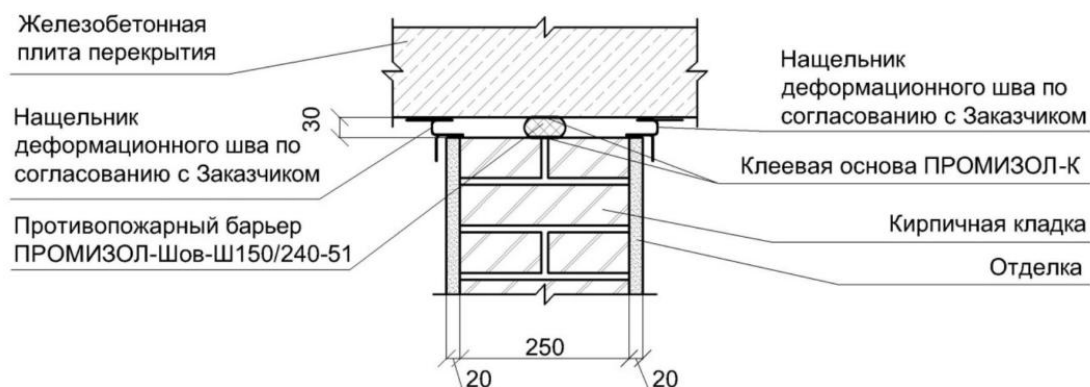


Рисунок 8. Устройство примыкания перегородок к плите перекрытия (шириной 30 мм с пределом огнестойкости EI-240)

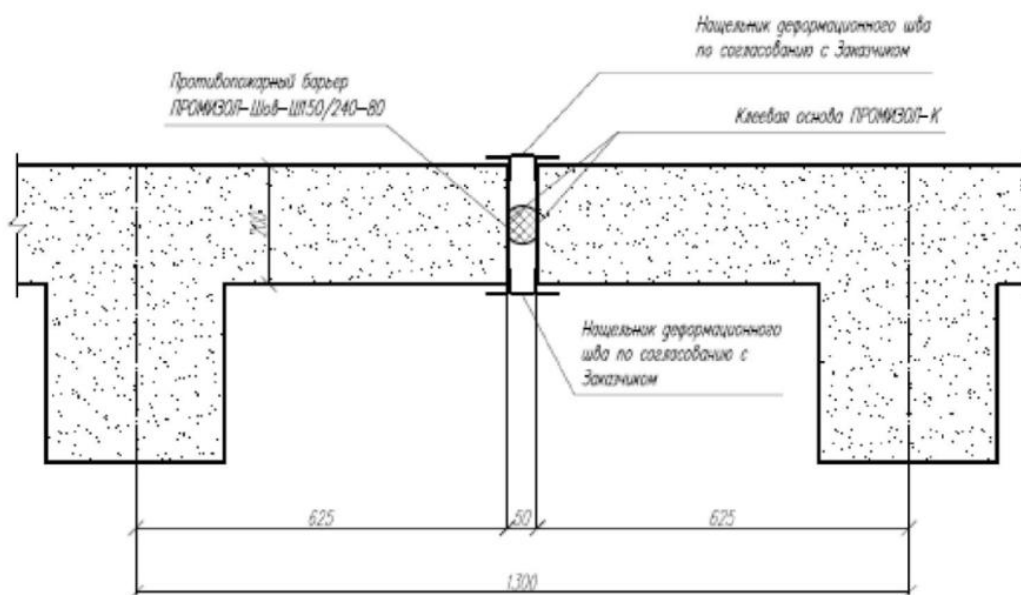


Рисунок 9. Устройство деформационного шва шириной 50 мм с пределом огнестойкости EI-240

Результаты и обсуждение

Для защиты деформационных швов при пожаре применяются противопожарные барьеры, специально разработанные для применения в деформационных швах, гарантированно работающие при многократном сжатии, растяжении и сдвиге шва, и это их основное отличие. Применение качественных противопожарных барьеров для огнезащиты деформационных швов подразумевает возможность контроля состояния самого противопожарного барьера на протяжении всего срока эксплуатации.

Противопожарные барьеры для деформационных швов представляют собой комплекс материалов и мероприятий, которые препятствуют проникновению открытого огня, лучистой энергии и продуктов горения через деформационные швы, и включают в себя:

- противопожарный барьер (не только негорючий материал, но технологически сложную конструкцию);
- материал для фиксации к строительным конструкциям;
- материалы для изготовления узлов и стыков;
- технологию установки;
- методы испытаний для подтверждения характеристик противопожарных барьеров для деформационных швов.

Таким образом, на основании исследования технологий огнезащиты деформационных швов [14-19] и контролем при монтаже и эксплуатации на реальных строительных объектах авторами определены следующие основные требования к деформационным (механическим) и огнезащитным свойствам конструкций (изделий), обеспечивающих комплексные эксплуатационные характеристики.

Предлагается, что конструкции (изделия), предназначенные для огнезащиты деформационного шва, должны обеспечивать:

- стабильную собственную механическую прочность на растяжение не менее 40 % (после испытания конструкция (изделие) не должна иметь механических повреждений и деформации наполнителя);

- стабильную собственную механическую прочность на сжатие не менее 50 % (после испытания конструкция (изделие) не должна иметь механических повреждений и деформации наполнителя);

- стабильную деформационную (механическую) прочность на сдвиг не менее 20 % (после испытания конструкция (изделие) не должна иметь механических повреждений и деформации наполнителя);

- сохранение упругих свойств при заявленном изготовителем максимальном воздействии при растяжении-сжатии и отдельно на сдвиг на изделие не менее 100 циклов (после испытания конструкция (изделие) не должно иметь механических повреждений и деформацию наполнителя);

- предел огнестойкости изделия, испытанного при не менее 20 % расширении от проектной ширины деформационного шва, при горизонтальной ориентации монтажа, которая обеспечивает испытание в наиболее неблагоприятных воздействиях при пожаре;

- возможность ежегодного осмотра на целостность противопожарного барьера на предмет отсутствия щелей и равномерного распределения минеральной ваты в шве.

В зависимости от назначения огнестойкого заполнения в вертикальный или горизонтальный шов, противопожарные барьеры должны выпускаться с различными параметрами и характеризоваться, в том числе глубиной заделки изделия в деформационном шве.

Авторами продолжают исследования по изучению зависимости пределов огнестойкости для противопожарных барьеров от диаметра (объема) минераловатного наполнителя, плотности его заполнения в объеме (прямая зависимость) и деформационных качеств изделия от плотности этого наполнителя (обратная). Одно из основных требований при производстве огнестойких заполнителей деформационных швов – соблюдение оптимального баланса между перечисленными параметрами.

Перечисленные параметры рекомендуются представлять в технической документации изготовителя конструкции (изделия) противопожарного барьера для деформационного шва. Все конструкции (изделия), параметры которых не соответствуют требованиям, обозначенным выше, следует относить к изделиям для защиты не деформационных швов, т.е. линейных или строительных.

При применении других наполнителей для противопожарного барьера, рекомендуется соблюдать вышеуказанные требования, используя материал, обеспечивающий деформационные характеристики, как при сжатии шва, так и при его растяжении и сдвиге, в течение всего срока предполагаемой эксплуатации. Особое внимание следует уделять технологии сопряжения конструкций (изделий) противопожарных барьеров при их монтаже в деформационные швы по всей

длине, гарантированно не допускающее появления технологических зазоров и пустот.

Заключение

В условиях открытой экономики и либерализации внешней торговли иностранная конкуренция играет роль фактора, стимулирующего создание более совершенных методов по защите зданий и сооружений от пожара. На текущий момент на рынке строительных материалов России представлено крайне мало отечественных производителей, большинство огнезащитных заполнений (заделок) европейского производства.

В настоящее время российские потребители огнезащитной продукции все больше внимания начинают уделять ее качеству, а не цене, что стимулирует отечественных производителей огнезащиты заниматься новыми разработками.

Литература

1. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям ликвидации последствий стихийных бедствий // Статистика пожаров за 2016 г. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2016_god.
2. Осипов И.А., Зыбина О.А. Повышение предела огнестойкости деформационных швов строительных конструкций с помощью интумесцентной герметизирующей композиции // Инженерно-строительный журнал. 2014. №8 (52). С. 20-24.
3. СП 13.13130.2009 Атомные станции. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1).
4. Еремина Т.Ю., Гравит М.В., Дмитриева Ю.Н. Конструктивные средства огнезащиты. Анализ европейских нормативных документов // Архитектура и строительство России. 2012. № 9. С. 30-36.
5. EN 1996-1-2008 Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design (consolidated version).
6. Гравит М.В. Огнестойкость строительных конструкций в европейских и российских стандартах // Стандарты и качество. 2014. № 2 (919). С. 36-37.
7. Korsun V., Vatin N., Franchi A., Korsun A., Crespi P., Mashtaler S. The Strength and Strain of High-strength Concrete Elements with Confinement and Steel Fiber Reinforcement Including the Condition of Fire // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 138-145.
8. Radinko Kostić, Nikolay Vatin, Vera Murgul, Innovative Technologies in Development of Construction Industry // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 138-145.
9. Гордеев Н.А., Годунова Г.Н. Обеспечение огнестойкости проемов для прокладки кабельных изделий в противопожарных преградах при использовании терморасширяющейся противопожарной пены и огнестойкой монтажной пены // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 4. С. 37-40.
10. Голиков А.Д., Черкасов Е.Ю., Григорьев Д.М. Прогнозирование предела огнестойкости стен зданий с температурными швами, заполненными огнестойкой пеной // Пожаровзрывобезопасность. 2013. № 8. С. 48-52.
11. Плетнев В.И., Нгуиен С.Т. Экспериментальное исследование деформационных швов различной ширины в перемычках зданий сложной макроструктуры // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 1. С. 55-57.
12. Saknite T., Serdjuks D., Goremikins V., Pakrastins L., Vatin N.I. Fire design of arch-type timber roof Applied // In-zhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2016. Vol. 37, No. 4 (64). Pp. 26-39.
13. Xiao Y., Zheng Y., Wang X., Chen Z., Xu Z. Preparation of a chitosan-based flame-retardant synergist and its application in flame-retardant polypropylene // Journal of Applied Polymer Science. 2014. Vol. 131(19). 40845.
14. McHugh, B. Filling the voids in firestopping - Promoting responsible firestop practices (2003) Construction Specifier, 56 (7), pp. 64-71.
15. Lee YW., Kim GY., Gucunski N., Choe GC., Yoon MH. Thermal strain behavior and strength degradation of ultra-high-strength-concrete. // Materials and structures. 2016. No. 49. Pp. 3411-3421.

16. Lazarevska M., Cvetkovska M., Knezevic M., Gavriloska A. T., Milanovic M., Murgul V., Vatin N. Neural network prognostic model for predicting the fire resistance of eccentrically loaded rc columns// Applied mechanics and materials. 2014. No. 627. Pp. 276-282.
17. Chaimahawan P., Pimanmas A. Seismic retrofit of substandard beam-column joint by planar joint expansion. Materials and structures. 2009. No. 42. Pp. 443-459.
18. Franco A., Royer-Carfagini. Contact stresses in adhesive joints due to differential thermal expansion with the ad-herends. International Journal of Solids and Structures. 2016. No. 87. Pp. 26-38.
19. LukaszZdanowicz., Kisiel P., Kwiecień A. Stress redistribution in concrete floor on ground due to application of polymer flexible joint to fill expansion joint. Procedia Engineering. 2015. No. 108. Pp.467-474.

References

1. Ministerstvo Rossiyskoy Federatsii po delam grazhdanskoy oborony, chrezvychaynym situatsiyami likvi-datsii posledstviy stikhiynykh bedstviy [Elektronnyy resurs] // Statistika pozharov za 2016 g. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2016_god
2. Osipov I.A., Zybina O.A. Povysheniye predela ognestoykosti deformatsionnykh shvov stroitelnykh kon-struktsiy s pomoshchyu intumestsentnoy germetiziruyushchey kompozitsii // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2014. №8(52) . S. 20-24.
3. SP 13.13130.2009 Atomnyye stantsii. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti (s Izmeneniyem N 1)
4. Yeremina T.Yu., Gravit M.V., Dmitriyeva Yu.N. Konstruktivnyye sredstva ognezashchity. Analiz yevropeyskikh normativnykh dokumentov // Arkhitektura i stroitelstvo Rossii. 2012. №9. S. 30-36.
5. YeN 1996-1-2008 Eurocode 6 - Design of masonry structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design (consolidated version)
6. Gravit M.V. Ognestoykost stroitelnykh konstruktsiy v yevropeyskikh i rossiyskikh standartakh // Standarty i kachestvo. 2014. № 2 (919). S. 36-37.
7. Korsun V., Vatin N., Franchi A., Korsun A., Crespi P., Mashtaler S. The Strength and Strain of High-strength Con-crete Elements with Confinement and Steel Fiber Reinforcement Including the Condi
8. RadinkoKostić, Nikolay Vatin, Vera Murgul, Innovative Technologies in Development of Construc-tion Industry //Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725-726. Pp. 138-145.
9. Gordeyev N.A., Godunova G.N. Obespecheniye ognestoykosti proyemov dlya prokladki kabelnykh izdeliy v protivopozharnykh pregradakh pri ispolzovanii termorasshiryayushcheysya protivopozharnoy peny i ognestoykoy montazhnoy peny // Pozharovzryvbezopasnost. 2017. T. 26. № 4. S. 37-40.
10. Golikov A.D., Cherkasov Ye.Yu., Grigoryev D.M. Prognozirovaniye predela ognestoykosti sten zdaniy s tem-peraturnymi shvami, zapolnennymi ognestoykoy penoy // Pozharovzryvbezopasnost. 2013. №8. S. 48-52.
11. Pletnev V.I., Nguiyen S.T. Eksperimentalnoye issledovaniye deformatsionnykh shvov razlichnoy shiriny v peremychkakh zdaniy slozhnoy makrostruktury // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2011. №1. S. 55-57
12. Saknite T., Serdjus D., Goremikins V., Pakrastins L., Vatin N.I. Fire design of arch-type timber roof Applied // In-zhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2016. Vol. 37, No. 4 (64). Pp. 26-39.
13. Xiao Y., Zheng Y., Wang X., Chen Z., Xu Z. Preparation of a chitosan-based flame-retardant syn-ergist and its ap-plication in flame-retardant polypropylene//Journal of Applied Polymer Science. 2014. Vol. 131(19). 40845.
14. McHugh, B. Filling the voids in firestopping - Promoting responsible firestop practices (2003) Construction Speci-fier, 56 (7), pp. 64-71.
15. Lee YW., Kim GY., Gucunski N., Choe GC., Yoon MH. Thermal strain behavior and strength deg-radation of ultra-high-strength-concrete. // Materials and structures. 2016. No. 49. Pp. 3411-3421.
16. Lazarevska M., Cvetkovska M., Knezevic M., Gavriloska A. T., Milanovic M., Murgul V., Vatin N. Neural network prognostic model for predicting the fire resistance of eccentrically loaded rc columns// Ap-pplied mechanics and materials. 2014. No. 627. Pp. 276-282.
17. Chaimahawan P., Pimanmas A. Seismic retrofit of substandard beam-column joint by planar joint expansion. Materials and structures. 2009. No. 42. Pp. 443-459.
18. Franco A., Royer-Carfagini. Contact stresses in adhesive joints due to differential thermal expan-sion with the ad-herends. International Journal of Solids and Structures. 2016. No. 87. Pp. 26-38.
19. LukaszZdanowicz., Kisiel P., Kwiecień A. Stress redistribution in concrete floor on ground due to application of polymer flexible joint to fill expansion joint. Procedia Engineering. 2015. No. 108. Pp.467-474.

УДК 614.84

ekaterinagolovina@yandex.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
И ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ
УГЛЕВОДОРОДНОГО ГОРЕНИЯ**

**THE EXPERIMENTAL DEPENDENCE OF THERMOANALYTICAL
CHARACTERISTICS OBTAINED BY THERMAL ANALYSIS AND
FIRE-RESISTANCE RATING FOR TEMPERATURE CONDITIONS
OF HYDROCARBON COMBUSTION**

*Головина Е.В.,
Беззапонная О.В., кандидат технических наук, доцент,
Акулов А.Ю., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Golovina E.V., Bezzaponnaya O.V., Akulov A.U.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье обосновываются экспериментальные зависимости термоаналитических характеристик огнезащитных составов (далее – ОЗС) интумесцентного типа, полученных методом термического анализа, и огнезащитной эффективности для углеводородного температурного режима. С помощью математических методов обосновываются статистически значимые термоаналитические параметры, характеризующиеся тесной корреляционной связью с временным параметром огнезащитной эффективности изучаемых огнезащитных составов. Для определения количественной связи между огнезащитной эффективностью ОЗС интумесцентного типа в условиях углеводородного температурного режима и термоаналитическими характеристиками данных составов, была построена множественная линейная регрессионная модель.

Ключевые слова: огнезащитный состав интумесцентного типа, термический анализ, огнезащитная эффективность, корреляционно-регрессионный анализ, углеводородный температурный режим.

The article substantiates the experimental dependences of the thermoanalytic characteristics of flame retardants of intumescent type, obtained by thermal analysis, and fire retardant efficiency for hydrocarbon temperature regime. With the help of mathematical methods, statistically significant thermoanalytic parameters characterized by a close correlation with the time parameter of the flame retardant efficiency of the studied flame retardants are justified. A multiple linear regression model was constructed to determine the quantitative relationship between the fire-retardant efficiency of an intumescent-type flame retardants under hydrocarbon temperature conditions and the thermal analytical characteristics of these compositions.

Keywords: intumescent type flame retardant, thermal analysis, flame retardant efficiency, correlation and regression analysis, hydrocarbon temperature regime.

В результате исследования огнезащитных материалов интумесцентного типа методами термического анализа [1-

4] и методом оценки огнезащитной эффективности [5-6], можно сделать вывод, что составы, характеризующиеся боль-

шей термостойкостью, с позиции метода СТА, также показали большую огнезащитную эффективность при огневых испытаниях в условиях углеводородного температурного режима. Отсюда возникло предположение о возможной зависимости между термоаналитическими параметрами, характеризующими термостойкость огнезащитной композиции, и временными показателями, характеризующими огнезащитную эффективность исследуемых составов.

Для определения термоаналитических характеристик, оказывающих наи-

большее влияние на огнезащитную эффективность исследуемых интумесцентных композиций был применен корреляционно-регрессионный анализ.

По результатам параллельных испытаний были рассчитаны средние значения термоаналитических характеристик, полученных методом синхронного термического анализа, для установления их влияния на значения времени достижения критической температуры стандартным образцом стальной конструкции (таблица 1).

Таблица 1

Средние значения термоаналитических характеристик ОЗС различной химической природы, полученных методом СТА

№ ОЗС	$\tau_{кр}$, мин	Δm_{600} , %	$ЗО^{1100}$, %	$T_{ДТГ}$, °С	$v_{ДТГ}$, %/мин	$\sum Q$, Дж/г	Δc_p , Дж/г К (600-900 °С)	q , мВт/мг/мин (400-600 °С)
1	71	46,41	40,51	1050,40	1,16	11217,8	4,2	3,03
2	67	46,25	38,44	1049,70	1,45	11115,4	4,8	3,00
3	79	41,51	50,33	1061,84	1,24	2860,7	4,6	2,52
4	76	42,18	50,33	1066,16	1,15	2894,2	4,8	2,67
5	76	42,38	48,05	1076,92	1,49	2487,4	3,4	2,37
6	52	52,24	31,67	869,42	2,87	4574,8	2,3	1,20
7	67	46,55	41,22	1036,92	0,49	3620,6	4,2	2,47
8	59	46,92	38,09	1039,74	0,62	3612,5	4,0	2,58
9	54	48,87	36,12	1025,98	0,07	3007,7	2,5	0,98
10	19	59,66	30,51	746,94	0,60	4782,2	0,6	3,39
11	14	56,00	22,02	741,82	0,52	4315,9	0,4	3,27
12	12	55,52	22,33	744,40	0,52	5943,9	1,6	3,22
13	15	60,17	29,13	746,60	0,66	5748,8	1,7	2,94

Примечание: $\tau_{кр}$ – время достижения стальной конструкцией 500 °С, Δm_{600} – потеря массы при температуре 600 °С, $ЗО^{1100}$ – зольный остаток при температуре 1100 °С, $T_{ДТГ}$ – максимальная температура потери массы ДТГ пика в интервале температур 700-1100 °С; $v_{ДТГ}$ – скорость потери массы ДТГ пика в интервале температур 700-1100 °С, $\sum Q$ – тепловой эффект; Δc_p – изменение удельной изобарной теплоемкости в интервале температур 600-900 °С, q – скорость тепловыделения в интервале температур 400-600 °С

Для наглядности с помощью программы Microsoft Office Excel были построены диаграммы рассеивания (разброса) [7] с отображением коэффициента достоверности аппроксимации (R^2), который показывает, насколько точно теоретическое распределение описывает реальное распределение (рисунок 1).

В соответствии с данными рисунка 1 коэффициент достоверности аппрокси-

мации (R^2) достаточно высок для следующих параметров: потеря массы при температуре 600 °С, зольный остаток при температуре 1100 °С, температура максимума ДТГ пика и изменение удельной теплоемкости ($0,83 \leq R^2 \leq 0,94$), что свидетельствует о близости расчетной линии тренда с экспериментальными данными. В случае с показателями скорости потери массы (горения пенококса), суммарного

теплового эффекта и скорости тепловыделения значение $R^2 \leq 0,14$, следовательно, теоретическое распределение на линии тренда не соответствует реальному

распределению данных, и эти параметры не могут быть использованы для прогноза.

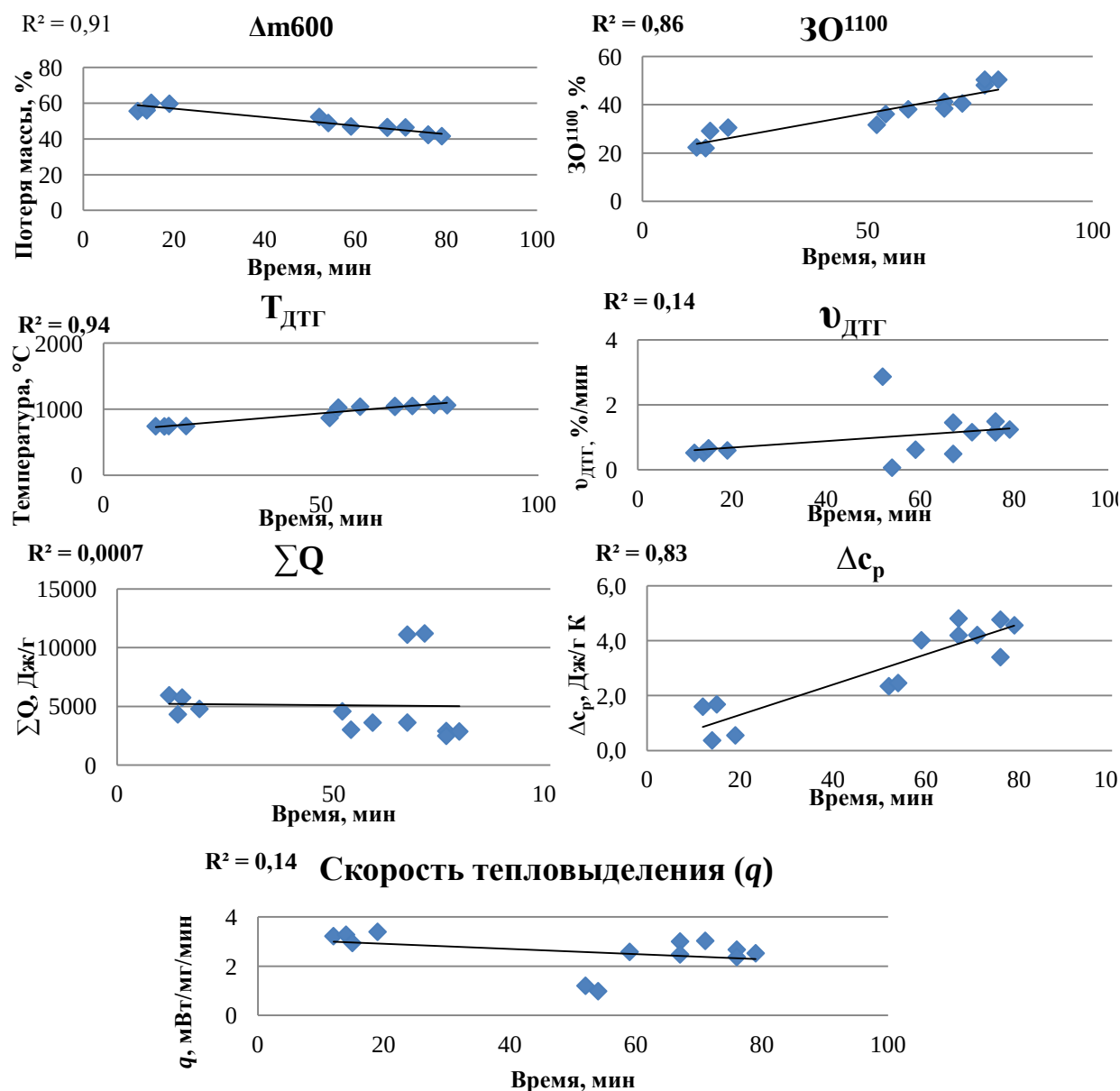


Рисунок 1. Диаграммы разброса значений анализируемых параметров в зависимости от времени достижения критической температуры металлической конструкции

Для определения силы корреляционной связи между вышеуказанными термоаналитическими характеристиками и временем достижения критической

температуры металлической конструкцией был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона по формуле:

$$r_{xy} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где x – независимая переменная, выступающая в качестве фактора, y – зависимая переменная, являющаяся результатом, $\bar{x}$ – среднее значение фактора, $\bar{y}$ – среднее значение результата.

Результаты получившихся коэффициентов для рассматриваемых параметров представлены в таблице 2.

Таблица 2
Коэффициент корреляции Пирсона (r_{xy})

r_{xy} для Δm_{600}	r_{xy} для $ЗО^{1100}$	r_{xy} для $T_{ДТГ}$	r_{xy} для $v_{ДТГ}$	r_{xy} для $\sum Q$	r_{xy} для Δc_p (600-900 °C)	r_{xy} для q (400-600 °C)
-0,95	0,92	0,97	0,37	-0,03	0,91	-0,37

Для оценки статистической значимости корреляционной связи были определены значения t-критерия по формуле:

$$t_{расч} = \frac{r_{xy} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}}, \quad (2)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3
Результаты оценки статистической значимости коэффициента корреляции Пирсона

Коэффициент корреляции Пирсона (r_{xy})	$t_{расч}$	$t_{табл}$	Вывод
r_{xy} для Δm_{600}	-7,85	2,20	Условие $ t_{расч} > t_{табл}$ выполняется, следовательно полученные коэффициенты не являются случайными
r_{xy} для $ЗО^{1100}$	5,95		
r_{xy} для $T_{ДТГ}$	9,55		
r_{xy} для Δc_p (600-900 °C)	5,36		Условие $ t_{расч} > t_{табл}$ не выполняется, следовательно полученные коэффициенты не являются статистически значимыми
r_{xy} для $v_{ДТГ}$	0,97		
r_{xy} для $\sum Q$	-0,06		
r_{xy} для q (400-600 °C)	-0,98		

Примечание: $t_{расч}$ – расчетное значение t-критерия, $t_{табл}$ – табличное значение t-критерия.

Значение коэффициента корреляции Пирсона для термоаналитических характеристик потери массы при 600 °C, зольный остаток при температуре 1100 °C, температура максимума ДТГ-пика и изменение удельной теплоемкости соответствует высокой тесноте корреляционной связи анализируемых параметров и значения времени достижения критической температуры стальной конструкцией.

Для исключения взаимосвязи между отобранными показателями, были рассчитаны коэффициенты Пирсона для пар анализируемых параметров. В соответствии с полученными данными значение потери массы при 600 °C следует исключить из анализируемых показателей, поскольку значение коэффициента корреляции Пирсона для данного параметра

соответствует сильной корреляционной связи с параметрами зольный остаток при 1100 °C ($r_{xy} = -0,89$) и температурой максимума ДТГ-пика ($r_{xy} = -0,95$).

Таким образом, для построения регрессионной модели с целью определения количественной связи между огнезащитной эффективностью огнезащитных составов интумесцентного типа в условиях углеводородного температурного режима и термоаналитическими характеристиками данных составов, исследуемых методом термического анализа, предлагается использовать в качестве независимых факторов (x) зольный остаток при 1100 °C, температуру ДТГ-пика в интервале температур 700-1100 °C и изменение удельной теплоемкости в интервале температур 600-900 °C, в качестве зависимой величины (y) – время достижения крити-

ческой температуры стальной конструкцией или другими словами огнезащитная эффективность терморасширяющегося огнезащитного состава в условиях углеводородного температурного режима. Условие обеспечения качества модели, чтобы $n > 3 \times k$, где n – количество наблю-

дений, k – количество факторов соблюдается ($13 > 3 \times 3 = 9$) [9].

Для построения линейной модели множественной регрессии был применен инструмент «Регрессия» пакета «Анализ данных» в MS Excel. Полученное уравнение регрессии для анализируемых параметров имеет следующий вид:

$$\tau_{кр} = 0,8x_1 + 0,1x_2 + 1,8x_3 - 87,4 \quad R^2 = 0,96 \quad (3)$$

где $\tau_{кр}$ – время достижения критической температуры стальной конструкцией, x_1 – зольный остаток при температуре 1100 °С ($3O^{1100}$), x_2 – температура максимума ДТГ-пика в интервале температур 700-1100 °С ($T_{ДТГ}$), x_3 – изменение

удельной теплоемкости в интервале температур 600-900 °С ($\Delta c_p(600-900 \text{ °С})$).

Для оценки значимости уравнения регрессии был рассчитан F-критерий Фишера:

$$F = \frac{R^2(n-k-1)}{(1-R^2)k} \quad (4)$$

где n – число наблюдений, k – число независимых переменных, R^2 – коэффициент множественной детерминации.

Критерий Фишера $F_{расч} = 73,3$. По таблице распределения Фишера критическое значение F-критерия равно 3,84 при числе независимых факторов, равном 4 и 13 проведенных параллельных испытаний и при уровне значимости 0,05. Условие $F_{расч} \geq F_{кр}$ выполняется, следовательно,

но, можно сделать вывод о существенности статистической связи между y и x . Таким образом, уравнение регрессии является статистически значимым.

Графически результаты экспериментальных и расчетных значений огнезащитной эффективности терморасширяющегося огнезащитного состава в условиях углеводородного температурного режима представлены на рисунке 2.

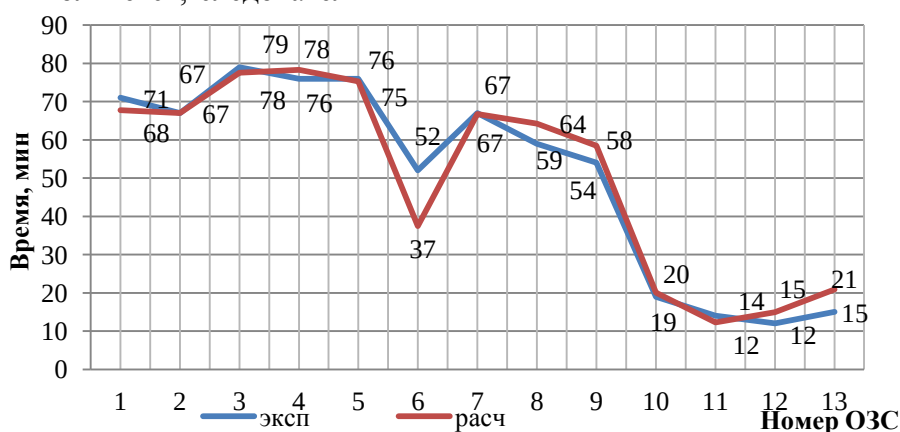


Рисунок 2. Результаты экспериментальных ($\tau_{эксп}$) и расчетных ($\tau_{расч}$) данных огнезащитной эффективности

Для подтверждения объективности применения предлагаемого метода дополнительно была определена огнезащитная эффективность для терморасширяющегося состава на основе силиконового связующего, не участвующего в вы-

шеуказанных расчетах посредством применения полученного уравнения множественной линейной регрессии. Термограмма анализируемого состава представлена на рисунке 3.

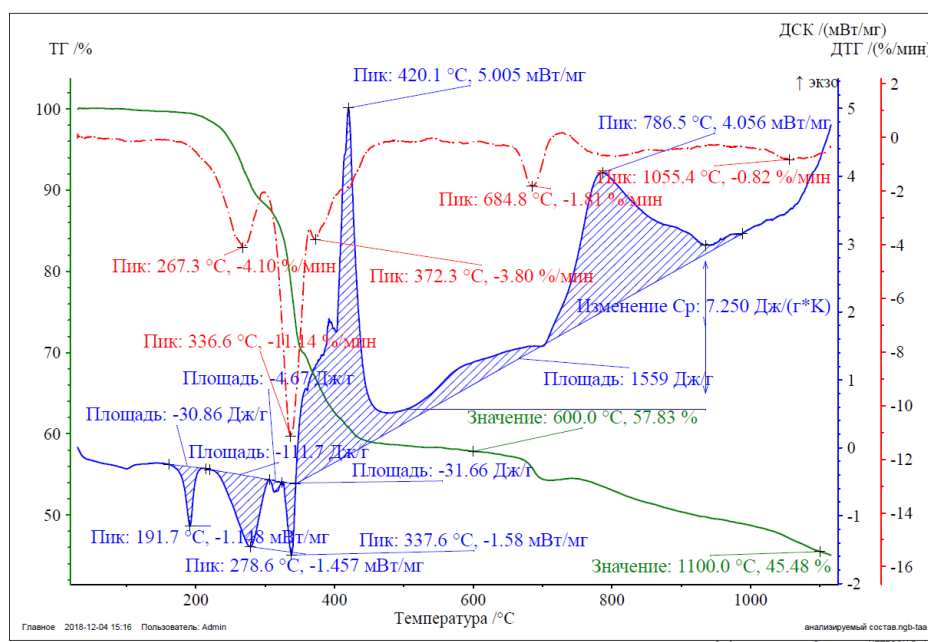


Рисунок 3. Термограмма огнезащитного состава на силиконовой основе (среда испытания – воздух, скорость нагрева 20 °C/мин)

Результаты исследования огнезащитного состава методом СТА, расчетные и экспериментальные значения огнезащитной эффективности анализируемо-

го состава в условиях углеводородного температурного режима представлены в таблице 4.

Таблица 4
Результат применения уравнения множественной линейной регрессии

ЗО ¹¹⁰⁰ , %	T _{ДТГ} , °C	Δс _р (600-900 °C)	τ _{расч} , мин	τ _{эсп} , мин
45,48	1055,4	7,25	78	75

Сравнение расчетных и экспериментальных данных указывает на их удовлетворительное совпадение (относительная погрешность прогноза времени достижения критической температуры 3,8 %), что дает основание использовать

полученное уравнение множественной линейной регрессии для расчетной оценки огнезащитной эффективности огнезащитных составов интумесцентного типа при отсутствии экспериментальных данных этих величин.

Литература

1. Беззапонная О.В., Головина Е.В., Мансуров Т.Х., Акулов А.Ю. Применение метода термического анализа для комплексного исследования и совершенствования вспучивающихся огнезащитных составов // Техносферная безопасность. – 2017. – № 2(15). – С. 3-7.
2. Беззапонная О.В., Головина Е.В., Мансуров Т.Х. Особенности проведения испытаний огнезащитных материалов интумесцентного типа методом термического анализа в условиях углеводородного пожара // Техносферная безопасность. – 2017. – № 3(16). – С. 44-49.
3. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V. Effect of mineral fillers on the heat resistance and combustibility of an intumescent fireproofing formulation on silicon base // Russian journal of Applied chemistry. – 2018. – Vol. 91. – No. 1. – Pp. 96-100.
4. Головина Е.В., Беззапонная О.В. Использование метода термического анализа для комплексного исследования и модернизации огнезащитных составов // Материалы Школы молодых ученых и специалистов МЧС России. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – 2017. – С. 36-39.

5. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 08.11.2017).

6. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 05.02.2018)

7. Фёрстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Фёрстер, Б. Рёнд. М.: Финансы и статистика, 1983. – 304 с.

8. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

9. Поттосина С.А. Экономико-математические модели и методы / С.А. Поттосина, В.А. Журавлев. Мн.: БГУИР, 2003. — 94 с.

References

1. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V., Mansurov T.Kh., Akulov A.Yu. Primeneniye metoda termicheskogo analiza dlya kompleksnogo issledovaniya i sovershenstvovaniya vspuchivayushchikhsya ognezashchitnykh sostavov // Tekhnosfernaya bezopasnost. – 2017. – № 2(15). – S. 3-7.

2. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V., Mansurov T.Kh. Osobennosti provedeniya ispytaniy ognezashchitnykh materialov intumescentsnogo tipa metodom termicheskogo analiza v usloviyakh uglevodorodnogo pozhara // Tekhnosfernaya bezopasnost. – 2017. – № 3(16). – S. 44-49.

3. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V. Effect of mineral fillers on the heat resistance and combustibility of an intumescent fireproofing formulation on silicon base // Russian journal of Applied chemistry. – 2018. – Vol. 91. – No. 1. – Pp. 96-100.

4. Golovina E.V., Bezzaponnaya O.V. Ispolzovaniye metoda termicheskogo analiza dlya kompleksnogo issledovaniya i modernizatsii ognezashchitnykh sostavov // Materialy Shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov MChS Rossii. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MChS Rossii. – 2017. – S. 36-39.

5. GOST R EN 1363-2-2014 Konstruktsii stroitelnyye. Ispytaniya na ognestoykost. Chast 2. Alternativnyye i dopolnitelnyye metody. Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «KonsultantPlyus». (data obrashcheniya: 08.11.2017).

6. GOST R 53295-2009 Sredstva ognezashchity dlya stalnykh konstruktsiy. Obshchiye trebovaniya. Metod opredeleniya ognezashchitnoy effektivnosti. Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «KonsultantPlyus». (data obrashcheniya: 05.02.2018)

7. Ferster E. Metody korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza / E. Ferster, B. Rents. M.: Finansy i statistika. 1983. – 304 s.

8. Kobzar A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov / A.I. Kobzar. M.: Fizmatlit. 2006. – 816 s.

9. Pottosina S.A. Ekonomiko-matematicheskiye modeli i metody / S.A. Pottosina, V.A. Zhuravlev. Mn.: BGUIR. 2003. — 94 s.

УДК 614:84

ekaterinagolovina@yandex.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СОСТАВОВ
ИНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПА ПРИ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЯХ
В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГОРЕНИЯ**

**STUDY OF FIRE RETARDANT PROPERTIES OF INTUMESCENT
COMPOSITIONS DURING FIRE TESTS IN HYDROCARBON COMBUSTION**

*Головина Е.В.,
Беззапонная О.В., кандидат технических наук, доцент,
Акулов А.Ю., кандидат технических наук, доцент,
Мансуров Т.Х.,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Golovina E.V., Bezzaponnaya O.V., Akulov A.Yu., Mansurov T.H.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье приведено обоснование проведения огневых испытаний огнезащитных составов (далее – ОЗС), применяемых на объектах нефтегазовой отрасли, методом оценки огнезащитной эффективности в условиях углеводородного температурного режима. Приведены результаты исследования огнезащитных составов интумесцентного типа разной химической природы методом оценки огнезащитной эффективности применительно к условиям углеводородного температурного режима. Проведен анализ полученных результатов для исследуемых огнезащитных материалов на основе силиконового связующего, на основе эпоксидных смол, акриловой и водной дисперсий.

Ключевые слова: углеводородный температурный режим, огнезащитная эффективность, огнезащитный состав интумесцентного типа, объекты нефтегазовой отрасли.

The article presents the explanation for fire tests of flame retardants used at the objects of the oil and gas industry by the method of assessing the flame retardant efficiency under hydrocarbon temperature conditions. The results of the study of flame retardants of intumescent type of different chemical nature by the method of assessing the fire retardant efficiency in relation to the conditions of hydrocarbon temperature regime are presented. The analysis of the results obtained for the studied flame retardant materials: silicone, epoxy resins, acrylic and water dispersions.

Keywords: hydrocarbon temperature regime, fire-retardant efficiency, fire-retardant of intumescent type, oil and gas industry facilities.

Введение

Применяемые в Российской Федерации нормативные документы предполагают проведение испытаний на огнезащитную эффективность огнезащитных составов в условиях стандартного пожара. Для объектов нефтегазовой отрасли должны применяться специальные огнезащитные составы, способные выдерживать условия углеводородного горения. В

настоящее время немного составов, способных выдержать условия углеводородного режима пожара. Средства огнезащиты, которые подтвердили свою эффективность в условиях стандартного пожара, не могут обеспечить такие же характеристики в условиях углеводородного пожара. Следовательно, применение огнезащитных составов на объектах нефтегазовой отрасли предполагает их испыта-

ние в условиях углеводородного температурного режима, характеризующегося высокой температурой и скоростью распространения пламени [1]. Как указано в ГОСТ 1363-2-2014 [2] при необходимости может быть создан другой температурный режим, учитывающий реальные условия пожара, и отличающийся от стандартного режима. ГОСТ 1363-2-2014 устанавливает альтернативные и дополнительные методы испытания конструкций на огнестойкость, учитывающие реальные условия пожара.

В соответствии с ГОСТ 1363-2-2014 [2] и ГОСТ 53295-2009 [3] были проведены испытания на огнезащитную эффективность в условиях углеводородного температурного режима (рисунок 1). Для исследования вспучивающиеся огнезащитные составы наносились на стальные колонны двутаврового сечения (применялась грунтовка по металлу «ГФ-021») высотой образца 1700 ± 10 мм, с приведенной толщиной металла 5,8 см и толщиной покрытия $10,0 \pm 0,3$ мм. Сушка покрытия при температуре окружающей среды ($22-24$ °C) в течение 21 суток.

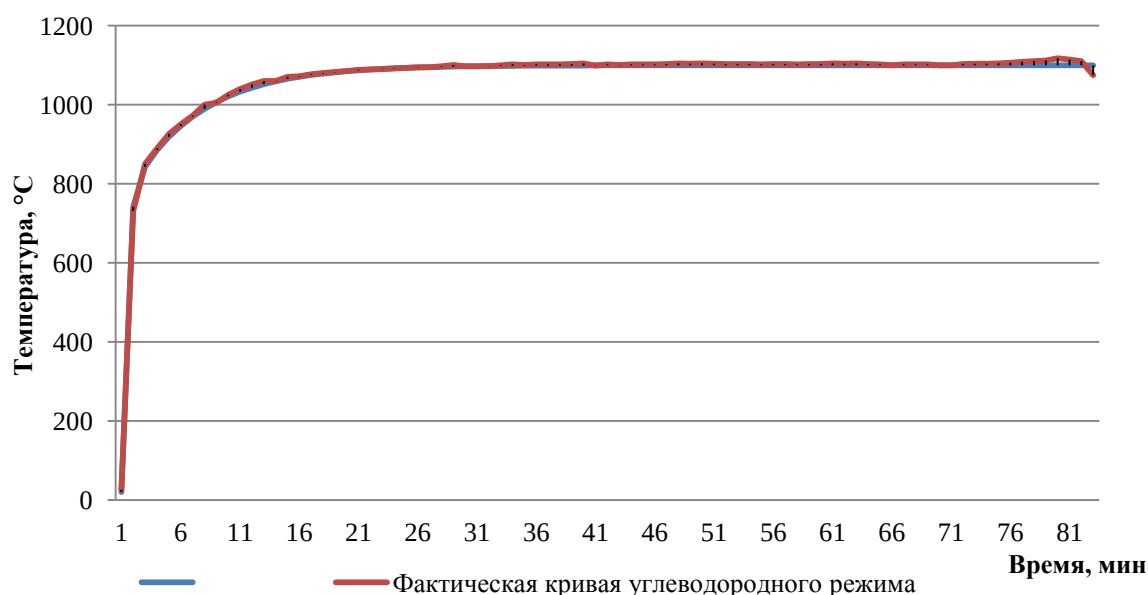


Рисунок 1. Кривые углеводородного температурного режима по ГОСТ 1363-2-2014 и фактическая кривая испытаний

Исследование огнезащитной эффективности проводилось для огнезащитных составов интумесцентного типа на основе силиконового связующего, на основе эпоксидных смол, акриловой и водной дисперсии. Во время проведения испытаний помимо времени наступления предельного состояния образца фиксировались изменение температуры в печи, поведение огнезащитного состава инту-

месцентного типа (вспучивание, обугливание, отслоение), изменение температуры металла опытного образца.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты проведенных огневых испытаний приведены в таблице 1. Графически полученные результаты отражены на рисунках 2-4.

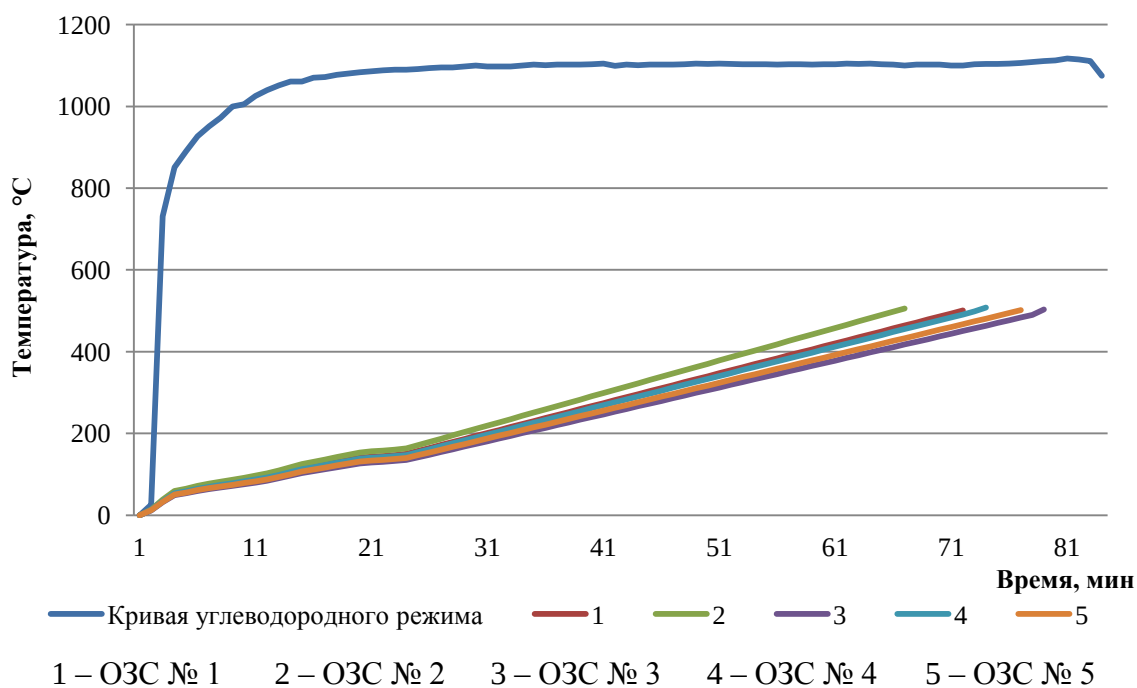


Рисунок 2. Результаты испытаний ОЗС на силиконовой основе в условиях углеводородного температурного режима

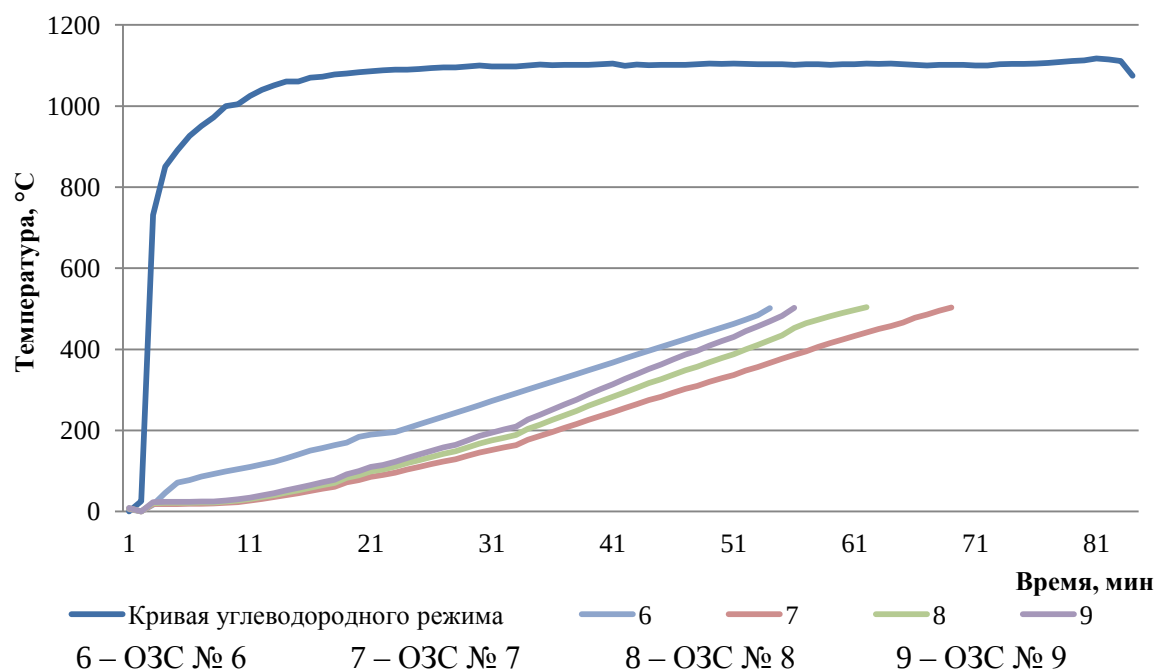


Рисунок 3. Результаты испытаний ОЗС на основе эпоксидных смол в условиях углеводородного температурного режима

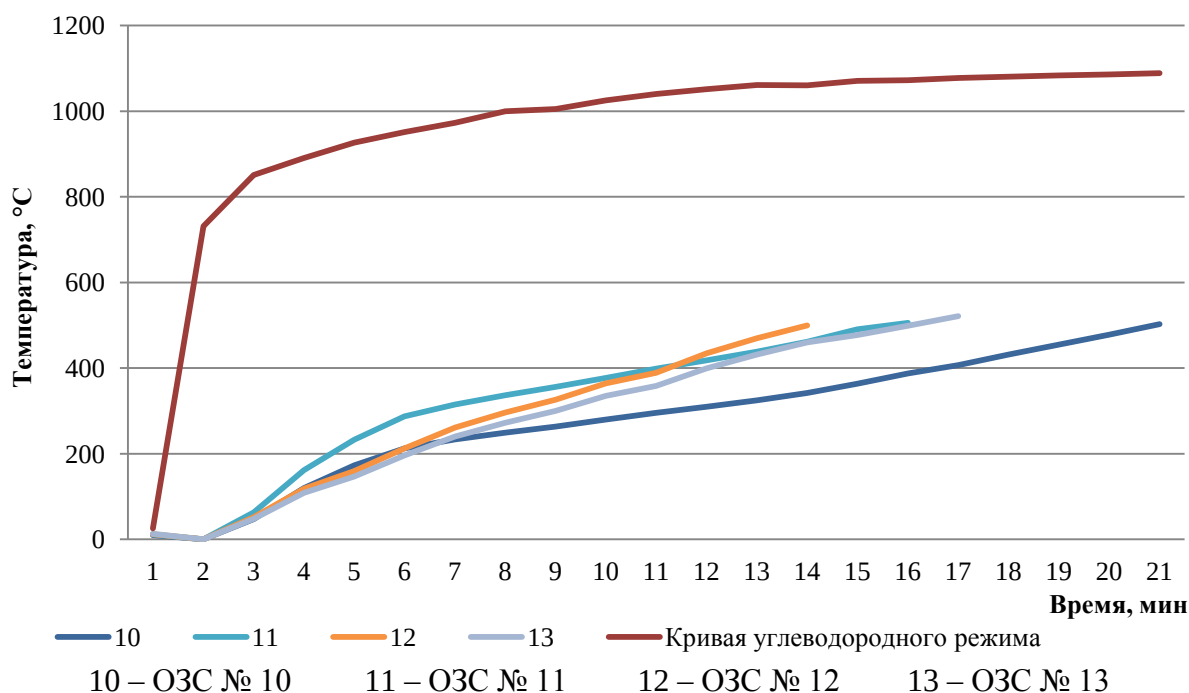


Рисунок 4. Результаты испытаний ОЗС на основе акриловой и водной дисперсии в условиях углеводородного температурного режима

Таблица 1
Результаты огневых испытаний ОЗС интумесцентного типа
разной химической природы

	ОЗС на силиконовой основе					ОЗС на эпоксидной основе				ОЗС на акриловой основе		ОЗС на водной основе	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$T_{кр}$, мин	71	67	79	76	76	52	67	59	54	19	14	12	15

Примечание: $T_{кр}$ – время достижения критической температуры (500 °C) стальной конструкцией (в минутах).

В результате проведенных испытаний установлено, что наименьшее время достижения критической температуры образца наблюдается у композиции на основе водной дисперсии. Наибольшее

время $T_{кр}$ показали составы на силиконовой основе и на основе эпоксидных смол.

В ходе испытаний была проведена оценка изменений, происходящих с покрытиями, которые отражены на рисунке 5 и в таблице 2.



Рисунок 5. Внешний вид ОЗС интумесцентного типа после огневых испытаний в условиях углеводородного температурного режима

Таблица 2

Изменения, происходящие с покрытиями, во время огневых испытаний в условиях углеводородного температурного режима

Образец	Время начала горения	Время окончания горения	Толщина вспученного слоя	Наличие дефектов вспученного покрытия
ОЗС № 1	6 мин	53 мин	20,1 см	Неоднородность вспучивания
ОЗС № 2	8 мин	55 мин	19,8 см	
ОЗС № 3	8 мин	55 мин	21,1 см	
ОЗС № 4	8 мин	56 мин	22,5 см	
ОЗС № 5	7 мин	54 мин	21,8 см	
ОЗС № 6	5 мин	39 мин	14,6 см	Обугливание
ОЗС № 7	7 мин	47 мин	16,2 см	
ОЗС № 8	5 мин	40 мин	14,1 см	
ОЗС № 9	7 мин	42 мин	15,2 см	
ОЗС № 10	3 мин	14 мин	12,5 см	Растрескивание
ОЗС № 11	2 мин	10 мин	12,1 см	
ОЗС № 12	2 мин	9 мин	11,9 см	Сильное отслоение
ОЗС № 13	2 мин	10 мин	12,4 см	

Примечание: время начала и окончания горения отсчитывалось от начала испытания.

Выводы

Установлено, что покрытия на основе силиконового и эпоксидного связующего характеризуются незначительным количеством дефектов теплоизолирующего пенококсового слоя, благодаря чему данные составы продемонстрировали высокие временные показатели огнезащитной эффективности в условиях углеводородного горения. В результате огневых испытаний огнезащитных вспучивающихся материалов на основе акриловой и водной дисперсии была зафиксирована утрата целостности вспученного покрытия – растрескивания, неудовлетворительная адгезия пенококсов, в связи с чем, время достижения критической температуры стальной конструкцией составило 19 и 12 минут соответственно, что свидетельствует о том, что данные составы малоэффективны при их применении на

объектах нефтегазовой отрасли, для которых характерна опасность возникновения углеводородного горения.

В результате исследования огнезащитных материалов интумесцентного типа методами термического анализа [4-8] и методом оценки огнезащитной эффективности, можно сделать вывод, что составы, характеризующиеся большей термостойкостью, с позиции методов СТА, также показали большую огнезащитную эффективность при огневых испытаниях в условиях углеводородного температурного режима. Отсюда вытекает предположение о возможной зависимости между термоаналитическими параметрами, характеризующими термостойкость огнезащитной композиции, и временными показателями, характеризующими огнезащитную эффективность исследуемых составов.

Литература

1. Цой А.А. Испытание огнезащитных материалов в условиях углеводородного температурного режима / А.А. Цой, Ф.В. Демехин // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2015. № 4. С. 20-24.
2. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 08.11.2017).

3. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 05.02.2018).

4. Беззапонная О.В., Головина Е.В., Мансуров Т.Х. Особенности проведения испытаний огнезащитных материалов интумесцентного типа методом термического анализа в условиях углеводородного пожара // Техносферная безопасность. 2017. № 3 (16). С. 57-62.

5. Беззапонная О.В., Головина Е.В., Мансуров Т.Х., Акулов А.Ю. Применение метода термического анализа для комплексного исследования и совершенствования вспучивающихся огнезащитных составов // Техносферная безопасность. 2017. № 2 (15). С. 3-7.

6. Беззапонная О.В., Головина Е.В. Оценка влияния минеральных наполнителей на термостойкость и горючесть огнезащитного состава интумесцентного типа на силиконовой основе // Журнал прикладной химии. 2018. Т. 91. № 1. С. 104-109.

7. Беззапонная О.В. Головина Е.В., Акулов А.Ю., Калач А.В., Шарапов С.В., Калач Е.В. Пути совершенствования огнезащитных терморасширяющихся составов для использования на объектах нефтегазового комплекса // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2017. Т. 26. № 12. С. 14-24. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.14-24.

8. Головина Е.В., Беззапонная О.В., Мансуров Т.Х. Критерии оценки термостойкости огнезащитных составов интумесцентного типа для объектов нефтегазового комплекса // Техносферная безопасность. 2018. № 3 (20). С. 33-38.

References

1. Coj A.A. Ispytanie ognезashchitnyh materialov v usloviyah uglevodorodnogo temperaturnogo rezhima // A.A. Coj, F.V. Demekhin // Nauchno-analiticheskij zhurnal Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii. – 2015. – № 4. – S. 20-24.

2. GOST R EN 1363-2-2014 Konstrukcii stroitel'nye. Ispytaniya na ognestojkost'. CHast' 2. Al'ternativnye i dopolnitel'nye metody. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus». (data obrashcheniya: 08.11.2017).

3. GOST R 53295-2009 Sredstva ognезashchity dlya stal'nyh konstrukcij. Obshchie trebovaniya. Metod opredeleniya ognезashchitnoj ehffektivnosti. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus». (data obrashcheniya: 05.02.2018)

4. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V., Mansurov T.H. Osobennosti provedeniya ispytanij ognезashchitnyh materialov intumescentnogo tipa metodom termicheskogo analiza v usloviyah uglevodorodnogo pozhara // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2017. – № 3 (16). – S. 57-62.

5. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V., Mansurov T.H., Akulov A.YU. Primenenie metoda termicheskogo analiza dlya kompleksnogo issledovaniya i sovershenstvovaniya vspuchivayushchihsya ognезashchitnyh sostavov // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2017. – № 2 (15). – S. 3-7.

6. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V. Ocenka vliyaniya mineral'nyh napolnitelej na termostojkost' i goryuchest' ognезashchitnogo sostava intumescentnogo tipa na silikonovoj osnove // Zhurnal prikladnoj himii. – 2018. – Т. 91. – № 1. – S. 104-109.

7. Bezzaponnaya O.V. Golovina E.V., Akulov A.YU., Kalach A.V., SHarapov S.V., Kalach E.V. Puti sovershenstvovaniya ognезashchitnyh termorasshiryayushchihsya sostavov dlya ispol'zovaniya na ob'ektah neftegazovogo kompleksa // Pozharovzryvobezopasnost' / Fire and Explosion Safety. – 2017. – Т. 26. – № 12. – S. 14-24. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.14-24.

8. Golovina E.V., Bezzaponnaya O.V., Mansurov T.H. Kriterii ocenki termostojkosti ognезashchitnyh sostavov intumescentnogo tipa dlya ob'ektov neftegazovogo kompleksa // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018. – № 3 (20). – S. 33-38.

УДК 614.84

v.k.ekb@yandex.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PROMRISK
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АВАРИЙ НА АЗС****APPLICATION SOFTWARE PROMRISK
IN MODELING ACCIDENTS AT THE GAS STATION**

*Кокорин В.В., кандидат технических наук, доцент,
Субачев С.В., кандидат технических наук, доцент,
Мельниченко Ю.В., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Хафизов Ф.Ш., доктор технических наук, профессор,
Хафизов И.Ф., доктор технических наук, доцент,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет, Уфа*

*Kokorin V.V., Subachev S.V., Melnichenko Yu.V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg
Khafizov F.Sh., Khafizov I.F.,
Ufa State Petroleum Technoljgical University, Ufa*

В статье представлено программное обеспечение PromRisk, разработанное на основании методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. В программе возможно моделирование различных аварийных ситуаций на наземных и подземных резервуарах, трубопроводах, топливораздаточных колонках, гибких соединениях от заправщика. Для демонстрации работы программного обеспечения PromRisk рассмотрен случай разгерметизации емкости автоцистерны с дальнейшим воспламенением паров бензина на территории АЗС. Приведен сравнительный анализ результатов работы программного обеспечения и методики, представленной в ГОСТ Р 12.3.047-2012.

Ключевые слова: автозаправочная станция, пожар пролива, программное обеспечение, тепловое излучение, моделирование аварии.

The article presents the software PromRisk, developed on the basis of methods for determining the calculated values of fire risk at production facilities. The program can simulate various emergency situations on the ground and underground tanks, pipelines, fuel dispensers, flexible connections from the tanker. To demonstrate the operation of the PromRisk software, the case of depressurization of the tank truck capacity with further ignition of gasoline vapors at the gas station is considered. The comparative analysis of results of work of the software and the technique presented in GOST R 12.3.047-2012 is resulted.

Keywords: gas station, fire strait, software, thermal radiation, accident simulation.

Автозаправочные станции (далее – АЗС) являются важнейшим звеном системы нефтепродуктообеспечения страны. На сегодняшний день они предназначены не только для заправки автотранспортной техники топливом, но дополнительно осуществляют: продажу смазочных мате-

риалов, специальных жидкостей, запасных частей, техническое обслуживание и мойку автомобилей.

Несмотря на достижения в области обеспечения необходимого уровня пожарной безопасности не исключены возгорания на таких объектах. Согласно ста-

статистическим данным (рисунок 1), причинами пожаров и загораний на АЗС являются: неисправность электрооборудования, освещения, нарушение правил ре-

монтных работ и техники безопасности, нагретые детали автомобилей, искры и т.д. [1].

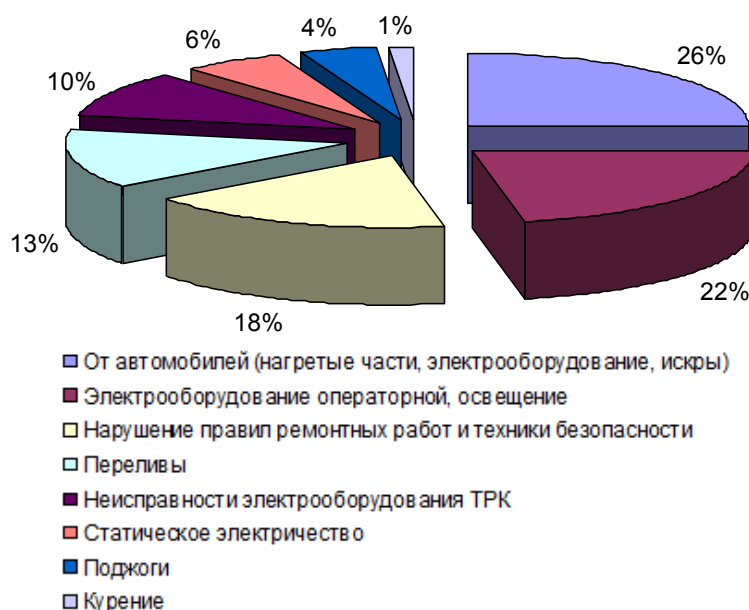


Рисунок 1. Основные причины возникновения пожаров и загораний на АЗС

Пожары на АЗС нередко сопровождаются взрывами технологического оборудования, что не только затрудняет процесс тушения и значительно увеличивает время локализации, но и приводит к значительному материальному ущербу. Практика показывает, что даже незначительное воспламенение за несколько минут способно перерасти в крупную аварию, к которой участники тушения пожара могут быть просто не готовы. В связи с этим требуется постоянно совершенствовать и поддерживать на высоком уровне действия пожарно-спасательных подразделений. Для этого необходимо два условия: определить возможные сценарии возникновения и развития аварийных ситуаций на АЗС и проработать алгоритм действий участников ликвидации аварий.

Если второе отрабатывается на практике, то возможные аварийные ситуации могут быть смоделированы только с использованием компьютерных программ. Так, к примеру, программное обеспечение (далее – ПО) PromRisk, разработанное на основании методики определения расчетных величин пожарного

риска на производственных объектах [2, 3], позволяет моделировать такие ситуации. Актуальность разработки данного ПО обусловлена необходимостью реализации положений Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [4]. В программе возможно моделирование различных аварийных ситуаций на наземных и подземных резервуарах, трубопроводах, топливораздаточных колонках, гибких соединениях от заправщика. Программа позволяет учитывать различные категории людей (работников объекта, население), аварийные ситуации для каждого типа оборудования, строить дерево событий, выполнять расчеты потенциального, индивидуального и социального пожарных рисков и др.

Порядок работы с ПО заключается в следующем:

1. Создание модели объекта.
2. Автоматическое построение логического дерева событий для каждого сценария развития аварии (разгерметизация, разрушение оборудования и т.д.).
3. Выполнение расчетов опасных

факторов пожара для каждого сценария развития аварии.

4. Моделирование опасных факторов пожара на модели объекта.

5. Формирование отчета.

Для демонстрации работы данного ПО рассмотрим случай разгерметизации емкости автоцистерны с дальнейшим воспламенением паров бензина на терри-

тории АЗС «Газпромнефть-Урал», расположенной по адресу: г. Екатеринбург улица Блюхера, 1. Исходные данные: объем емкости автоцистерны – 6 м³, топливо – бензин марки АИ-92, площадь пролива – 900 м², температура воздуха +42 °С. Основные этапы работы ПО PromRisk представлены на рисунках 2 и 3.

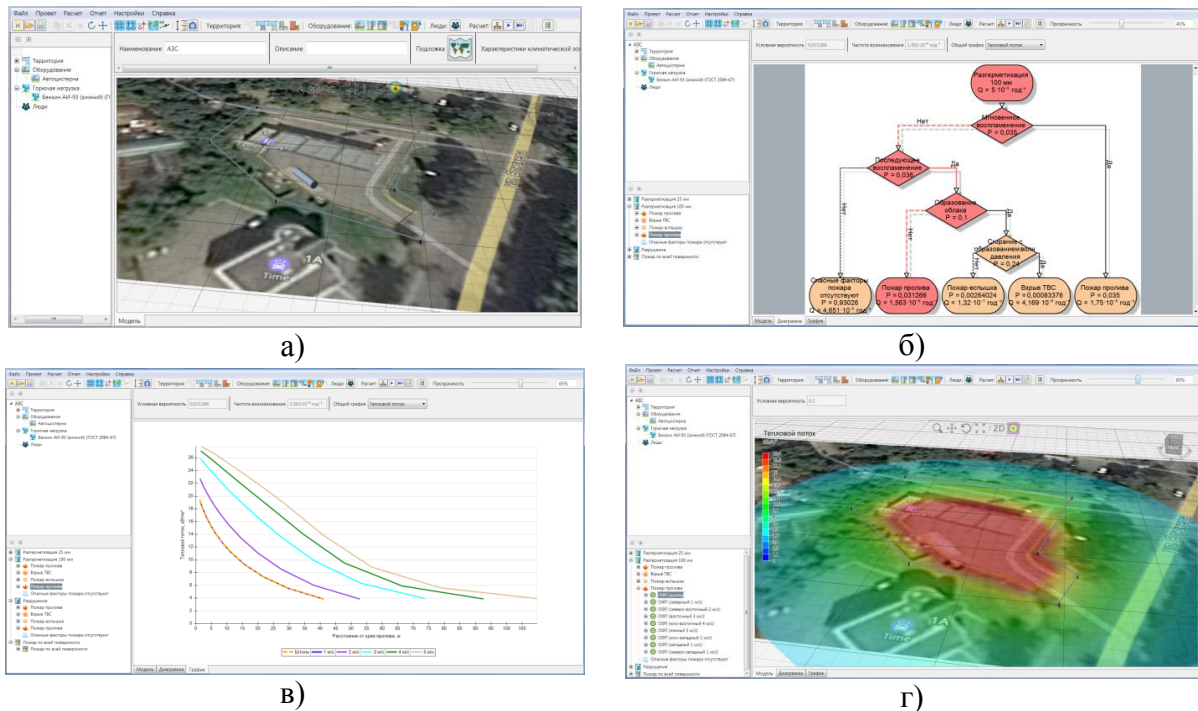


Рисунок 2. Программное обеспечение PromRisk:
а) создание модели объекта; б) построение дерева событий при разгерметизации автоцистерны; в) график теплового потока при различной силе ветра; г) моделирование теплового потока при пожаре пролива бензина

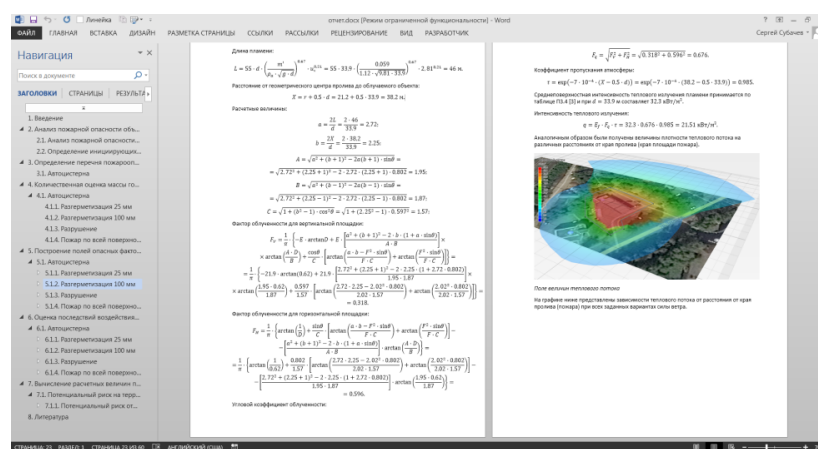


Рисунок 3. Отчет по результатам моделирования в PromRisk

Чтобы оценить достоверность результатов работы представленного ПО,

проведем количественную оценку воздействия опасного фактора пожара, а именно прогнозирование размеров полей поражения тепловым излучением пожара пролива при истечении бензина марки АИ-92 на территории АЗС, по методике ГОСТ Р 12.3.047-2012 [5], и сравним полученные результаты.

Для проведения расчета принимаем исходные данные, используемые в ПО PromRisk. Расстояние от границы очага пожара до облучаемого объекта принимаем 30 м. Согласно методике интенсивность теплового излучения при пожаре пролива легковоспламеняющейся и го-

рючей жидкости определяется по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (1)$$

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

Предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения для различных степеней поражения человека и повреждения материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения

Характер повреждений элементов зданий и воздействия на человека	Интенсивность излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20-30 сек Ожог 1-й степени через 15-20 сек Ожог 2-й степени через 30-40 сек Воспламенение хлопка волокна через 15 мин	7,0
Непереносимая боль через 3-5 сек Ожог 1-й степени через 6-8 сек Ожог 2-й степени через 12-16 сек	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин.	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганной поверхности; воспламенение фанеры	17,0

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени принимается по таблице 2 и зависит от

удельной массовой скорости выгорания вещества и диаметра пролива.

Таблица 2

Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени

Топливо	Интенсивность излучения, кВт/м ²					$m',$ кг/(м ² ·с)
	диаметр пролива, м					
	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	
СПГ	220	180	150	130	120	0,08

СУГ (пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,1
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04

Угловой коэффициент облученности определяется по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (2)$$

где F_V , F_H – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок, соответственно, определяемые для площадок, расположенных в 90° секторе в направлении наклона пламени.

$$F_V = \frac{1}{\pi} \left\{ -E \cdot \arctg D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} + \frac{\cos \theta}{C} \right) \cdot \right. \\ \left. \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \right\}, \quad (4)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left\{ \arctg \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot (b+1 + a \cdot b \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\}, \quad (5)$$

Расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта определяется по формуле:

$$X = r + 0,5 \cdot d, \quad (6)$$

где r – расстояние от границы очага пожара до объекта, м; d – эффективный диаметр пролива, м.

При подстановке исходных значений в формулы установлено, что результат вычисления интенсивности теплового излучения при пожаре пролива бензина марки АИ-92 в точке, расположенной на расстоянии 30 м от границы очага пожа-

ра, составит 5,482 кВт/м², что соответствует значению, полученному при использовании ПО PromRisk (рисунок 2в).

$$\tau = \exp \left[-7 \cdot 10^{-4} (X - 0,5 \cdot d) \right], \quad (3)$$

где X – расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м; d – эффективный диаметр пролива, м.

Факторы облученности определяются по формулам:

ра, составит 5,482 кВт/м², что соответствует значению, полученному при использовании ПО PromRisk (рисунок 2в).

Можно сделать вывод, что представленное программное обеспечение PromRisk позволяет снизить временные затраты на разработку и анализ сценариев развития аварийных ситуаций, спрогнозировать и оценить обстановку при их возникновении не только на АЗС, но и на других объектах с обращением горючих жидкостей.

Литература

1. Оперативная информация // Сайт МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/operationalpage> (дата обращения: 06.11.2018).
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404, с изм.).
3. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко и др. – М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.
4. Федеральный закон №123. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Принят Государственной Думой 4 июля 2008 года.
5. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М.: Стандартинформ, 2014.

References

1. Operativnaya informacziya // Sajt MChS Rossii. URL:<http://www.mchs.gov.ru/operationalpage> (data obrashheniya: 06.11.2018).
2. Metodika opredeleniya raschetnyx velichin pozhnogo riska na proizvodstvennyx ob"ektax (utv. prikazom MChS Rossii ot 10.07.2009 g. № 404, s izm.).
3. Posobie po opredeleniyu raschetnyx velichin pozhnogo riska dlya proizvodstvennyx ob"ektov / D.M. Gordienko i dr. – M.: VNIPO, 2012. – 242 s.
4. Federal'nyj zakon №123–FZ. Tehnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti. Prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 4 iyulya 2008 goda.
5. GOST R 12.3.047-2012. SSBT. Pozhnaya bezopasnost` tehnologicheskix proczessov. Obshhie trebovaniya. Metody kontrolya. – M.: Standartinform, 2014.

_УДК 614.84

otdel_1_3@mail.ru

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ В ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ
ПОСЕЛЕНИЯХ ПО ВИДАМ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ**

**COMPARATIVE EVALUATION OF BASIC INDICATORS
OF THE SITUATION WITH FIRES IN URBAN AND RURAL
SETTLEMENTS THE TYPES OF OBJECTS OF PROTECTION**

*Харин В.В.,**Бобринев Е.В., кандидат биологических наук,**Кондашов А.А., кандидат физико-математических наук,**Удавцова Е.Ю., кандидат технических наук,**Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский
институт противопожарной обороны МЧС России, Балашиха**V.V. Kharin, Bobrinev E. V., Kondashov A. A., Udavtsova E. Yu.,**All-Russian Research Institute for Fire Protection
of EMERCOM of Russia, Balashikha*

Изучены значения показателей обстановки с пожарами, произошедшими в Российской Федерации в 2016-2017 гг. Приведены расчеты среднего количества погибших и травмированных людей на 1 пожаре отдельно для городских и сельских поселений по видам объектов пожара в Российской Федерации за 2016, 2017 гг. Проведена сравнительная оценка основных показателей обстановки с пожарами по видам объектов пожаров (жилые здания, объекты хозяйственной деятельности, объекты рекреационного назначения) в городских и сельских поселениях. Показано, что риск погибнуть при пожарах в сельских поселениях в 1,5 раза больше, чем в городских, при этом на объектах хозяйственной деятельности эта пропорция меняется на противоположную – риск погибнуть при пожарах в сельских поселениях в 1,7 раза меньше, чем в городских, максимальное превышение среднего количества погибших людей на 1 пожаре в сельских поселениях (в 2,3 раза) зафиксировано на рекреационных объектах. Среднее количество погибших людей на 1 пожаре в сельских поселениях в жилых зданиях в 8,9 раз больше, чем на объектах хозяйственной деятельности. Рассмотрены проблемы пожарной безопасности в городских и сельских поселениях, требующие решения.

Ключевые слова: пожарная безопасность, пожарный риск, гибель, травматизм, городские поселения, сельские поселения, жилые здания, объекты хозяйственной деятельности, объекты рекреационного назначения.

Studied the indicators of the situation with the fires in the Russian Federation in 2016-2017 the calculations of the average number of dead and injured people on 1 fire separately for urban and rural settlements of kinds of objects of a fire in the Russian Federation for 2016, 2017 a comparative assessment of fires on the types of objects (residential buildings, objects of economic activity, objects of recreational appointment) in urban and rural settlements. It is shown that the risk of dying in fires in rural settlements is 1.5 times more than in urban ones, while at the objects of economic activity this proportion changes to the opposite - the risk of dying in fires in rural settlements is 1.7 times less than in urban ones, the maximum excess of the average number of dead

people per 1 fire in rural settlements (2.3 times) is recorded in recreational facilities. The average number of people killed in one fire in rural settlements in residential buildings is 8.9 times more than in the objects of economic activity. The problems of fire safety in urban and rural settlements, requiring solutions.

Key words: fire safety, fire risk, death, injuries, urban settlements, rural settlements, residential buildings, objects of economic activity, recreational facilities.

В исследовании пожарной опасности страны, региона, поселения, как правило, пользуются репрезентативными статистическими массивами данных, в отличие от оценки пожарных рисков объектов, когда отсутствует необходимая представительная статистика и приходится использовать комплекс других методов и теорий (теории прочности, надёжности, методы имитационного моделирования и др.) [1]. Таким способом в работах [2-3] оценивается опасность объектов защиты (зданий, сооружений, промышленных объектов и т. д.). Научным итогом развития данного направления стали нормативные документы [4-7].

Однако возможен и другой путь оценки пожарного риска. Необходимо оценить два показателя: вероятность наступления пожара и вероятность того, что действие поражающих факторов пожара приведет к поражению человека (гибель или травма), и перемножить их значения для объектов одинакового функционального назначения и класса [1, 8].

Основным исходным показателем для проведения расчетов по оценке пожарного риска является частота возникновения пожара в течение года в расчете на 1 объект или на 1 человека (работающего, учащегося, посетителя и т.д.). Такие работы проведены по многим обще-

ственным учреждениям различного назначения и промышленным объектам [9]. Одним из основных пожарных рисков считают риск для человека погибнуть при пожаре [8]. При этом многие исследователи указывают на различия в пожарных рисках в городских и сельских поселениях и о необходимости их отдельного анализа [10-14].

В настоящем исследовании проведена сравнительная оценка основных показателей обстановки с пожарами на объектах различного назначения в городских и сельских поселениях Российской Федерации. Все объекты условно были разделены на 3 группы: жилого назначения, хозяйственной деятельности и рекреационные. Для сравнительной оценки проведены расчеты по двум показателям: «среднее количество погибших людей на 1 пожаре» и «травмированных людей на 1 пожаре» [15]. В таблице 1 приведены значения показателей обстановки с пожарами, произошедшими в Российской Федерации в 2016-2017 гг. по объектам пожара. Обращает на себя внимание превышение гибели людей при пожарах в сельских поселениях по сравнению с городскими (на 8%), несмотря на большее количество пожаров в городских поселениях (на 24%) по сравнению с сельскими.

Таблица 1
Значения показателей обстановки с пожарами, произошедшими в Российской Федерации в 2016-2017 гг., по объектам пожара

Объект пожара	Количество пожаров, ед.				Количество погибших людей, чел.				Количество травмированных людей, чел.			
	2016 г.		2017 г.		2016 г.		2017 г.		2016 г.		2017 г.	
	город	село	город	село	город	село	город	село	город	село	город	село
Жилые здания	53766	43047	51440	41561	3843	4139	3438	3773	4985	2209	4881	2108

Объект пожара	Количество пожаров, ед.				Количество погибших людей, чел.				Количество травмированных людей, чел.			
	2016 г.		2017 г.		2016 г.		2017 г.		2016 г.		2017 г.	
	город	село	город	село	город	село	город	село	город	село	город	село
Хозяйственные объекты	10633	7089	10093	6703	225	85	149	60	459	166	402	163
Рекреационные объекты	18235	6705	16875	6172	254	203	208	188	1280	806	1049	752
Суммарные данные	82634	56841	78408	54436	4322	4427	3795	4021	6724	3181	6332	3023

В таблице 2 приведены относительные показатели пожарного риска в расчете на 1 пожар.

Таблица 2
Результаты расчета показателей пожарных рисков по видам объектов пожара в Российской Федерации за 2016, 2017 гг.

Объект пожара	Процент от общего числа пожаров, %				Среднее количество погибших людей на 1 пожаре, чел./пож.				Среднее количество травмированных людей на 1 пожаре, чел./пож.			
	2016 г.		2017 г.		2016 г.		2017 г.		2016 г.		2017 г.	
	город	село	город	село	город	село	город	село	город	село	город	село
Жилые здания	65,06	65,61	75,73	76,35	00,072	00,096	00,067	00,091	00,093	00,051	00,0949	00,0507
Хозяйственные объекты	12,87	12,87	12,47	12,31	00,021	00,012	00,015	00,009	00,043	00,023	00,0398	00,0243
Рекреационные объекты	22,07	21,52	11,80	11,34	00,014	00,030	00,012	00,031	00,070	00,120	00,0622	00,1218
Суммарные данные	10	10	10	10	00,052	00,078	00,048	00,074	00,081	00,056	00,0808	00,0555

В среднем на 1 пожар количества пострадавших (сумма погибших и травмированных) в городских и сельских поселениях практически не отличаются (рисунок 1).

Однако риск погибнуть при пожарах в сельских поселениях в 1,5 раза больше, чем в городских (рисунок 1), при этом на объектах хозяйственной деятельности эта пропорция меняется на противоположную – риск погибнуть при пожарах в сельских поселениях в 1,7 раза меньше, чем в городских (рисунок 2), максимальное превышение среднего количества погибших людей на 1 пожаре зафиксировано на рекреационных объектах (в 2,3 раза). Следует также отметить, что среднее количество погибших людей на 1 пожаре в сельских поселениях в жи-

лых зданиях в 8,9 раз больше, чем на объектах хозяйственной деятельности (в городских поселениях это соотношение также высоко – 3,84). Несколько иная картина наблюдается по показателю «среднее количество травмированных людей на 1 пожаре». Уровень травматизма в городских поселениях выше, чем в сельских в 1,45 раза (рисунок 1). Только на рекреационных объектах в сельских поселениях среднее количество травмированных людей на 1 пожаре больше (в 1,8 раза), чем в городских (рисунок 3). Следует также отметить, что среднее количество травмированных людей на 1 пожаре в сельских поселениях в жилых зданиях в 2,14 раза больше, чем на объектах хозяйственной деятельности (в город-

ских поселениях это соотношение практически не отличается – 2,26).

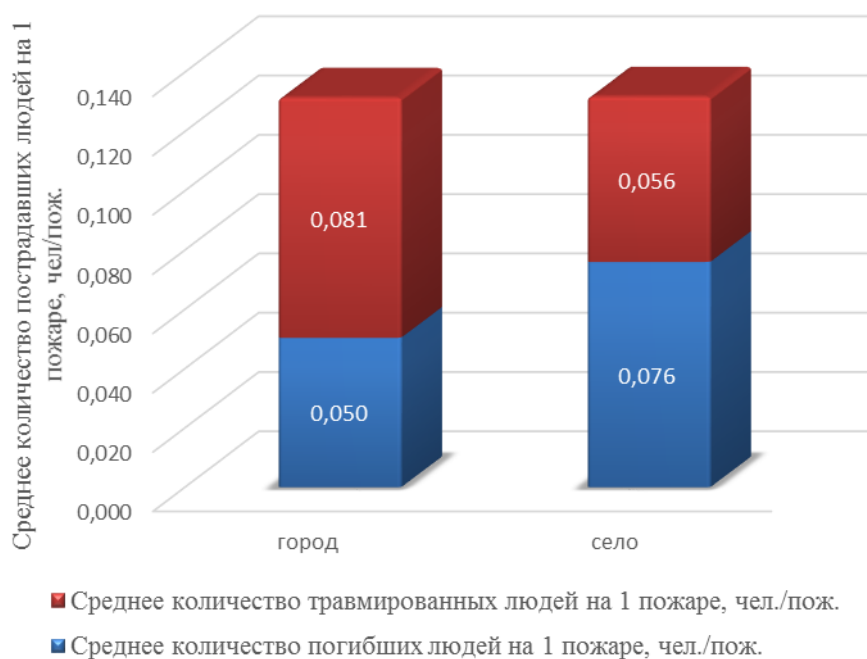


Рисунок 1. Распределение среднего количества пострадавших людей в городских и сельских поселениях

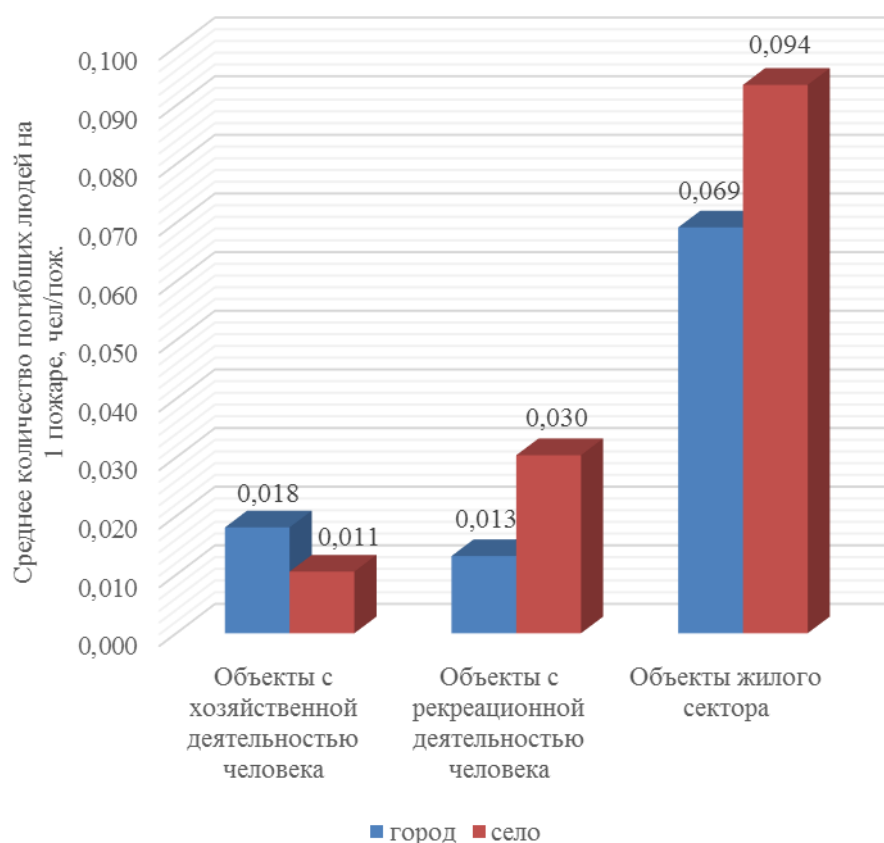


Рисунок 2. Среднее количество погибших людей на 1 пожаре в городских и сельских поселениях

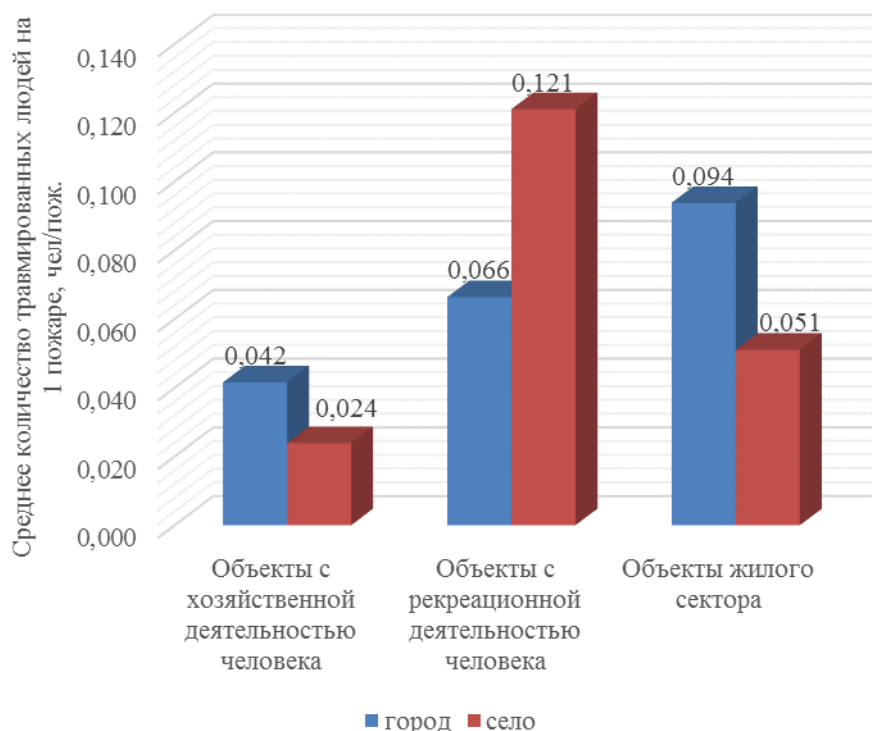


Рисунок 3. Среднее количество травмированных людей на 1 пожаре в городских и сельских поселениях

Таким образом, расчеты показали, что наибольшему риску погибнуть подвергаются люди в жилом секторе, причем в сельских поселениях риск гибели выше, а риск травмирования ниже, чем в городских. Риск погибнуть на объектах рекреационного назначения в несколько раз ниже, чем в жилом секторе. В сельских поселениях на таких объектах риск гибели и травмирования выше, чем в городских, причем риск получить травму на объектах рекреационного назначения в сельских поселениях выше, чем в жилом секторе. Наиболее безопасными и в го-

родских и сельских поселениях являются объекты хозяйственной деятельности. В них риски гибели и травмирования минимальны. Причем в сельских поселениях эти риски меньше, чем в городских.

Полученные оценки рисков гибели и травмирования людей при пожарах на объектах различного функционального назначения по фактическим (статистическим) данным позволяют получить оценку пожарных рисков другим способом и сравнить полученные результаты с аналогичными, рассчитанными по теоретическим моделям [8].

Литература

1. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о локальных и интегральных рисках // Вестник Академии ГПС МЧС России. 2007. № 6. С. 93-96.
2. Порошин А.А., Шишков М.В. Построение структурно-параметрического описания элементов системы обеспечения пожарной безопасности // Системы обеспечения пожарной безопасности объектов: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 1992. С. 9-15.
3. Определение максимально допустимого расстояния между пожарным депо и объектом предполагаемого пожара при стохастической постановке задачи / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, А.А. Кондашов, Ю.А. Матюшин // Пожарная безопасность. 2007. № 2. С. 103-121.
4. Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. Москва, 2006 (Согласовано Управлением государственного пожарного надзора (УГПН) МЧС России (письмо от 03.02.2006 г. № 19/2/318). Утверждено ФГУ ВНИИПО МЧС России 17 марта 2006 г.).

5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Утверждена приказом МЧС России от 30.06.2009 г. № 382.

6. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Утверждена приказом МЧС России от 10.07.2009. № 404.

7. СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения», утвержден и введен в действие приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 181, зарегистрирован Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

8. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование / под ред. Н.Н. Брушлинского, Ю.Н. Шебеко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2007. 370 с.

9. Гордиенко Д.М., Карпов А.В., Кириллов Д.С., Косачев А.А., Левченко Е.В., Шебеко Ю.Н. Данные о частотах возникновения пожаров и пожароопасных ситуаций в общественных зданиях различного назначения и на производственных объектах // Пожарная безопасность. 2009. № 2. С. 42-46.

10. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А., Попков С.Ю., Соколов С.В. Пожары в городах и сельской местности России // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. 2008. № 2. С. 30-35.

11. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А., Попков С.Ю. и др. Анализ обстановки с пожарами в городах и сельской местности субъектов Российской Федерации // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2008. № 3. С. 92-99.

12. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А., Попков С.Ю., Иванова О.В. Комплексный показатель пожарной опасности в сельской местности России // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. №2. С. 48-53.

13. Попков С.Ю. Методика оценки пожарных рисков в городах и сельской местности России // Технологии техносферной безопасности. 2011. Вып 5 (39). С. 4. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

14. Соколов С.В., Белов В.А., Белов Р.А. Анализ территориальных пожарных рисков в городах и сельских населенных пунктах Ярославской области // Проблемы анализа риска. 2011. Т. 8. № 3. С. 42-49.

15. Статистика пожаров за 2017 год. URL: <https://sites.google.com/site/statistikapozaro/home/rezultaty-rascetov/operativnye-dannye-po-pozaram>. (дата обращения: 16.04.2018 г.).

References

1. Brushlinskii, N. N., Klepko E. A. To the question of local and global risks // Vestnik of the Academy of state fire service of EMERCOM of Russia. 2007. No. 6. P. 93-96.

2. Poroshin A. A., Shishkov, M. V., Construction of structural-parametric description of the elements of the system of maintenance of fire security System maintenance of fire safety of objects: Sat. scientific. Tr. - M.: VNIPO, 1992. - S. 9 - 15.

5. Determination of the maximum allowable distance between the fire station and the object of the alleged fire in the stochastic formulation of the problem / Matyushin A. B., Poroshin A. A., Kondashov A, Matyushin Yu A. // Fire safety. - 2007. - No. 2. -Pp. 103 -121.

4. Guidance on fire risk assessment for industrial enterprises. Moscow, 2006. (Agreed by the Office of state fire supervision (ugpn) EMERCOM of Russia (letter dated 03.02.2006 № 19/2/318). Approved by the FGU VNIPO of EMERCOM of Russia March 17, 2006).

5. The method of determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of different classes of functional fire hazard. Approved by the order of EMERCOM of Russia from 30.06.2009 № 382.

6. The method of determining the calculated values of fire risk at production facilities. It is approved by the order of EMERCOM of Russia of 10.07.2009. No. 404.

7. SP 11.13130.2009 " locations of fire protection units. Procedure and method of determination", approved and put into effect by the order of EMERCOM of Russia dated March 25, 2009 № 181, registered by the Federal Agency for technical regulation and Metrology.

8. Fire risk. Dynamics, management, and forecasting / edited by Brushlinsky, N. N., Shebeko Yu. N. M.: VNIPO of EMERCOM of Russia, 2007. - 370 p.

9. Gordienko D. M., Karpov A. V., Kirillov D. S., Kosachev A. A., Levchenko E. V., Shebeko Yu. N. Data on the frequency of occurrence of fires and fire risks in public buildings and industrial facilities // Fire safety, 2009, № 2. P. 42-46.

10. Brushlinsky N. N., Klepko E. A., Popkov S. Yu., Sokolov S. V. fires In cities and rural areas of Russia // Fires and emergencies: prevention and liquidation, 2008, № 2. P. 30-35.

11. Brushlinsky N. N., Klepko E. A., Popkov S. Yu. et al. Analysis of the situation with fires in cities and rural areas of the Russian Federation // Fires and emergencies: prevention, elimination. — 2008. — No. 3. - P. 92-99.

12. Brushlinskii, N. N., Sokolov S. V., Klepko E. A., Popkov S. Y., Ivanova O. V. the Complex index of fire danger in rural areas of Russia // Fires and emergencies: prevention, elimination. 2016. - No. 2. - P. 48-53.
13. Popkov S. Y. Methods of assessment of fire risks in cities and rural areas of Russia // Internet journal "technologies of technospheric safety". 2011. - 4 p. Issue № 5 (39). (<http://ipb.mos.ru/ttb>).
14. Sokolov S. V., Belov V. A., Belov R. A. Analysis of territorial fire risks in cities and rural settlements of Yaroslavl region // problems of risk analysis. 2011. Vol. 8. No. 3. P. 42-49.5.
15. Fire statistics for the year 2017. [Electronic resource]: <https://sites.google.com/site/statistikapozaro/home/rezultaty-rascetov/operativnye-dannye-po-pozaram>. (date of access: 16.04.2018).

УДК 343.98

elfimovpv@mail.ru

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРЕСТУПНЫМ
НАРУШЕНИЯМ ПРАВИЛ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ****TOPICAL ISSUES OF COUNTERACTION TO CRIMINAL
VIOLATIONS OF FIRE SAFETY REGULATIONS**

*Елфимов П.В., доктор медицинских наук,
член-корреспондент Академии
медико-технических наук,
заслуженный врач Российской Федерации,
Виноградова О.П., кандидат юридических наук,
Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург,
Ефимов И.А., кандидат юридических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Токарев Д.С., кандидат юридических наук, доцент,
Главное управление МВД России
по Свердловской области, Екатеринбург*

*Elfimov P.V., Vinogradova O.P.,
The Ural law institute of the Ministry
of Internal Affairs of Russia, Yekaterinburg,
Efimov I. A., The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Tokarev D.S., Head department of ministry
of Internal Affairs of the Sverdlovsk region, Yekaterinburg*

Статья посвящена весьма актуальной теме, поскольку современные статистические данные свидетельствуют о том, что в России сохраняется тревожно высокий уровень пожарной опасности. Это выражается в большом числе пожаров и обусловленных ими огромных людских и материальных потерях. Относительные показатели (число пожаров в расчете на численность населения) в 3,5 раза превышают аналогичные показатели в других развитых странах, а показатели гибели людей в России в результате пожаров превосходят соответствующие данные в этих странах в несколько раз. Тяжесть последствий пожаров превышает последствия всех природных и техногенных катастроф, а также иных чрезвычайных ситуаций в России, вместе взятых, что и свидетельствует об актуальности комплексного научного исследования проблемы противодействия преступным нарушениям правил пожарной безопасности в рамках единой системы.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, противодействие, возгорание, общественная опасность, замыкание.

The article is devoted to a very topical subject, since modern statistics indicate that Russia is still an alarmingly high level of fire danger. This is reflected in the large number of fires and resulting tremendous human and material losses. Relative indicators (number of fires per population) was 3.5 times higher than in other developed countries, and rates of deaths in Russia as a result of fires exceed the corresponding data to these countries several times. Weight of consequences of fires

exceeds consequence of all natural and technogenic catastrophes, and also another emergencies, in Russia, together taken, what testifies to actuality of complex scientific research of problem of counteraction to criminal violations of fire safety rules within the framework of the single system.

Keywords: fire, fire safety, counteraction, ignition, public danger, shorting

Пожары являются одной из главных опасностей человечества, ежегодно приводя в негодность и уничтожая огромную массу объектов промышленного и сельскохозяйственного назначения, объектов культурно-массового назначения, а также влекут человеческие жертвы. В течение последних лет ситуация, связанная с пожарами, свидетельствует о низкой эффективности проводимых мер по противодействию преступным нарушениям правил пожарной безопасности. Пожары являются неизбежным спутником человеческой цивилизации, принося неизмеримый ущерб обществу и живой природе [1].

Актуальность проблемы выражается и в том, что по количеству человеческих жертв пожары уступают лишь дорожно-транспортным происшествиям и убийствам. Материальные потери от пожаров более чем в два раза превышают сумму ущерба, причиненного по всем ежегодно расследованным уголовным делам. Анализ судебной и следственной практики свидетельствует, что уничтожение имущества посредством пожара совершается во много раз интенсивнее, чем каким-либо другим способом, например, умышленным взрывом. Общественная опасность преступлений этого вида усугубляется тем, что в результате поджога ущерб может существенно превышать то количество ценностей, на уничтожение которых был направлен умысел преступника. Пожары, возникающие вследствие поджогов, часто распространяются на обширные территории и принимают характер стихийных бедствий [2].

В новых общественно-политических условиях, характеризующихся социальной напряженностью и кризисными явлениями в экономике, поджоги объектов хранения материальных ценностей, транспорта, предприятий и производственных зон, различных учреждений и государственных организаций (помещений правоохранительных и других органов) могут привести к дестабилизации функционирования хозяйственных структур, нарушениям деятельности предприятий и учреждений, а в последующем нарушить нормальное жизнеобеспечение населения. Несмотря на статистические данные, определяющие общее снижение количественных показателей в данной сфере, все же причиненный пожарами ущерб невосполним: за 6 месяцев 2018 года на территории Свердловской области зарегистрировано 1 768 пожаров (что в сравнении с аналогичным периодом прошлого года меньше на 103 случая или 5,5 %). При пожарах погибли 155 человек (снижение на 11 человек или 6,6 % в сравнении с АППГ), в том числе 12 детей (за аналогичный период прошлого года погибли 5 детей). 163 жителя Свердловской области получили травмы различной степени тяжести (снижение на 5 человек или 3,0 %). Материальный ущерб от пожаров и их последствий составил 156,60 млн руб. (снижение на 42,5 %); 75,2 % (от общего количества пожаров) произошло в жилом секторе (1330 пожаров). Из них: 64,1 % (от общего количества пожаров в жилом секторе) произошло в жилых домах (853 пожара); 12,0 % в банях (159 пожаров); 12,6 % в садовых домах (168 пожаров); 6,6 % в надворных постройках (88

пожаров); 3,2 % в гаражах (42 пожара); 1,5 % на прочих объектах жилого сектора (20 пожаров); 34,2 % (от общего количества пожаров) произошло от нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования (605 пожаров); 20,2 % – от неосторожного обращения с огнем (358 пожаров); 17,3 % - нарушения правил устройства и эксплуатации печного отопления (306 пожаров). В отчете подчеркивается рост количества пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации печного отопления (увеличение на 19,1 %, за 2017 г. – 257, за 6 мес. 2018 г. – 306) [3].

Несмотря на указанный в законе комплекс мер по обеспечению противопожарной безопасности, все чаще наблюдаются многочисленные случаи неконтролируемого возгорания объектов вследствие преступного нарушения правил пожарной безопасности, несоблюдение которых нередко приводит к причинению тяжкого вреда здоровью или гибели людей. Хотя в большинстве случаев деятельность субъектов анализируемых преступлений не имеет умысла на причинение смерти либо вреда здоровью людей, однако нарушение возложенных на них обязанностей по соблюдению правил обращения с легковоспламеняющимися объектами, благоприятствует неконтролируемому возгоранию, что очевидно, повышает общественную опасность указанного преступления.

По действующему законодательству под охраной уголовного закона находятся лишь отдельные аспекты пожарной безопасности. Пожарная безопасность как непосредственный объект преступления, предусмотренного ст. 219 УК РФ, – это общественные отношения, обеспечивающие состояние защищенности жизни и здоровья людей, имущественных отношений и окружающей среды от угроз, проистекающих в ходе процесса

неконтролируемого горения и связанных с ним химических реакций вне специально предназначенных для этого мест, возникающих в результате совершения умышленного или неосторожного деяния, запрещенного уголовным законом (нарушения требований пожарной безопасности) [4].

Очевидна необходимость изменения и отношения населения к проблеме пожарной безопасности. Издавна пожары на Руси являлись беспощадным злом, с которым безуспешно пытались бороться власти и население городов и сел. Пожары ежегодно уносили тысячи жизней, причиняли огромный материальный ущерб государству. Человечество, научившись использовать огонь для обеспечения своей жизнедеятельности, получило в то же время источник опасности, который в любой момент может вырваться из-под контроля. В древних летописях содержатся описания грандиозных пожаров, уничтожавших целые города. По наблюдениям историков, вплоть до XV в. в России пожар в городе только тогда считался большим, когда сгорало несколько тысяч дворов [5].

Общественная опасность пожаров определяется гибелью людей, причинением им телесных повреждений, уничтожением государственного, общественного и личного имущества, лесов и других природных объектов. Пожары, явившиеся следствием умышленных действий или преступно-небрежного обращения людей с огнем, могут возникнуть в разных местах человеческой деятельности и по самым различным мотивам и причинам. Известно, что одним пожаром могут быть уничтожены результаты труда десятков, а то и сотен тысяч людей или культурные ценности, не поддающиеся восстановлению. Чего стоит только Великий Лондонский пожар 1666 года, из-за которого город был впоследствии перестроен [6].

За год пожарами уничтожается или значительно повреждается жилая площадь, эквивалентная городу с численностью населения 300 тысяч человек. Особую тревогу вызывает состояние пожарной безопасности жилого сектора, объектов производственного назначения, значительное число зарегистрированных там крупных пожаров.

Несмотря на то, что в структуре общей преступности такие преступления, как поджоги, занимают незначительное место, в последнее время обозначилась тенденция к ускоренному росту их численности. Неблагоприятная динамика может сохраниться и в будущем, поскольку наряду с традиционными причинами получает все большее распространение жесткая конкуренция между предпринимателями, которая вызывает нездоровое, а порой и преступное соперничество – с вытекающими из него негативными последствиями, в том числе поджогами объектов хранения товарно-материальных ценностей, торговых и производственных помещений с целью запугивания и вымогательства. Выделяя поджог как наиболее опасный способ уничтожения и повреждения имущества, законодатель учитывал его распространенность и относительную легкость совершения. Особая опасность поджога состоит в том, что виновный, вызвав к действию разрушительные силы огня, в дальнейшем, как правило, утрачивают возможность управлять ими. Он сознает, что поджог направлен на уничтожение имущества, принадлежащего государству, общественной организации или отдельному лицу, желает или сознательно допускает наступление последствий в виде причинения материального ущерба путем уничтожения имущества. [7].

Значительная общественная опасность представляет неосторожное уничтожение или повреждение государственного, общественного или

личного имущества граждан в результате небрежного обращения с огнем. Как правило, это происходит из-за неосторожного обращения с открытым огнем или в результате нарушения правил эксплуатации электронагревательных приборов, двигателей внутреннего сгорания и тому подобных источников повышенной пожароопасности. Небрежное обращение с огнем может выразиться в любом несоблюдении лицами правил пожарной безопасности: разведение костров, оставление незатухнувшего огня, курение в запрещенных местах и т.п., если в результате возник пожар, которым были уничтожены или повреждены имущество или лесные массивы.

Согласно ст. 1 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. «О пожарной безопасности», пожар – это неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства [8]. Избирая поджог как способ сокрытия преступления, субъект рассчитывает на разрушающее действие огня, которое обычно дает больше гарантий, чем другие средства уничтожения доказательств. Специфика поджога такова, что он может использоваться не только как способ совершения преступлений, но и как способ сокрытия других преступлений, что, несомненно, увеличивает степень его общественной опасности. Как правило, преступник заинтересован скрыть следы совершенного преступления с той целью, чтобы не быть разоблаченным и избежать уголовной ответственности.

Преступные нарушения правил пожарной безопасности и поджоги имеют схожие криминалистические характеристики, различаясь формой вины и способом совершения преступного деяния. Нарушения правил пожарной безопасности носит неосторожное, небрежное обращение с огнем, игнорирование пожарных инструкций и рекомендаций, которые проявляются, как

правило, в виде посредственного отношения к ним. Преднамеренные действия, направленные на воспламенение, являются умышленным уничтожением или повреждением чужого имущества, как правило, в виде акта волевого поведения лица. Предметом преступного посягательства при поджоге являются, как правило, автомобили, мотоциклы, автобусы, грузовая и специальная техника, жилые дома, дачи, садовые домики, надворные постройки, коммерческие комплексы и предприятия. В подобных случаях имеет место корреляция между предметом посягательства и личностью преступника. К примеру, поджог автомобилей и гаражей обычно совершают мужчины по мотивам мести, причинения материального ущерба с целью вымогательства, получения страховых выплат. Лица женского пола гораздо реже посягают на рассматриваемые предметы, совершая, как правило, поджог предметов одежды, мебели, надворных построек, дач.

Предметом преступного посягательства при пожаре вследствие преступных нарушений правил пожарной безопасности обычно выступают управленческие и производственные здания и прилегающие к ним постройки. [9].

Все причины пожаров можно разделить на общие, которые вызваны деятельностью человека, и непосредственные, связанные с техническими причинами. Общие причины пожара включают совокупность действий лиц и всех происходящих перед возгоранием факторов и условий, которые оказываются в причинной связи с ним. Любая из общих причин может включать в себя и непосредственные технические причины возникновения пожара, т.е. характеристики конкретных источников воспламенения, к которым относятся: непогашенная сигарета, открытое пламя, искрение, электрические дуги, образующиеся при производстве

электросварочных работ, неправильное использование электрообогревательных приборов, короткое замыкание и т.д. Следует особо отметить особенности изъятия электротехнических устройств и проводников при проведении осмотра места происшествия, связанных с пожаром. Электропроводка, находящаяся в зоне горения, как правило, имеет оплавления. Но следует различать оплавления, происшедшие в результате воздействия на проводник температуры пожара, от оплавлений, происшедших вследствие короткого замыкания. Характер и форма оплавлений проводников при действии токов короткого замыкания могут быть самыми разнообразными: шаровые, овальные, каплеобразные, с гладкой вытянутой или неровной поверхностью. Общим признаком оплавлений от тока короткого замыкания, как правило, является их локальность, т.е. данные оплавления образуются на концах проводов в месте пересечения их, а также в местах нарушения изоляции проводника. Кроме этого, данные оплавления имеют четко выраженные границы. Иногда проводники оплавляются от воздействия высокой температуры пожара. Такие оплавления по внешнему виду можно отличить от оплавлений, образующихся в результате короткого замыкания. Они обычно больших размеров, распределены на значительной площади и не имеют четко выраженных границ и форм. Если на проводниках, находящихся в зоне очага пожара, обнаружены следы короткого замыкания, их необходимо изъять на участке от места короткого замыкания до сохранившейся изоляции в сторону источника питания (распределительного щита). Если изоляция проводника не сохранилась, необходимо изъять отрезок проводника со следами короткого замыкания. При этом следует делать пометки на схеме, чтобы впоследствии можно было представить, с какого участка изъят данный проводник. Часто на

металлических кожухах электрических щитов, бронекабеля и других частях электрооборудования имеются капли расплавленного металла или прожоги, образующиеся в результате короткого замыкания.

Требованиями к проводникам и электрооборудованию, изымаемым в качестве вещественных доказательств, являются следующие:

- проводники с места пожара изымаются в качестве вещественных доказательств в том случае, если в результате осмотра помещения установлена пространственно-временная связь между аварийным режимом в электросети и очагом пожара;

- в качестве вещественных доказательств для исследования должны быть изъяты алюминиевые провода или открыто проложенные провода с медными жилами любого сечения, имеющие оплавления;

- длина проводников должна быть по возможности наименьшей. Минимальная длина проводника, имеющего локальное оплавление должна быть не менее 5 см;

- следует особое внимание обращать на состояние ножей рубильника и контактов выключателей и пускателей, на которых может остаться копоть. По степени закопчения можно судить, в каком состоянии находился данный аппарат. По положению деталей аппаратов управления можно судить, работали или нет электропотребители, для управления которыми предназначены данные аппараты;

- электрооборудование желательно изымать вместе с питающими их проводниками;

- изъятие вещественных доказательств следует проводить аккуратно, избегая механических воздействий на участки, подлежащие исследованию. При этом, надо сразу их маркировать, отмечая место их нахождения на плане объекта и на схеме его электрической сети;

- упаковка вещественных доказательств должна исключать их повреждение при транспортировке.

Ввиду того, что при преступных нарушениях правил пожарной безопасности большую роль играет роль человеческого фактора, причины пожаров являются, как правило, общими. Пожар, инициированный действиями/бездействием людей по несоблюдению предписаний нормативных актов, может возникнуть по причине: нарушения правил монтажа и использования систем электроснабжения и других электрических установок; нарушение правил использования технических устройств; нарушение монтажа средств обогрева и освещения жилых домов, зданий и сооружений; нарушение процесса производства, использования и условий складирования легковоспламеняющихся и взрывоопасных предметов; неправильной или неисправной работе противопожарной сигнализации и средств защиты от возгорания; нарушений при прокладке тепловых сетей (неправильная укладка каминов и печей дровяного типа); невыполнения правил ведения огневых, взрывных и иных пожароопасных видов работ, неосторожного обращения с огнем и др. [10].

Место и обстановка возгорания связана с причиной происхождения пожара и личностью преступника. Поэтому при расследовании пожаров и поджогов, связанных с преступным нарушением правил пожарной безопасности, нужно выяснить причинную связь. Иногда мотив не встречается в ситуациях, например, когда поджоги совершаются лицами, страдающими психическими заболеваниями.

В следственной практике довольно часто встречаются случаи, когда поджог совершает материально-ответственное лицо, для того чтобы скрыть недостачу либо пропажу материальных ценностей.

Например, факт совершения Календеровым Л.А. поджога <адрес> с целью умышленного причинения смерти ФИО2 и ФИО1, с особой жестокостью, общеопасным способом, с целью скрыть другое преступление; который стал причиной пожара, повлекшего уничтожение имущества ФИО3, с причинением значительного ущерба потерпевшей, также нашел подтверждение в выводах эксперта, изложенных в заключении №, из которых следует, что в <адрес> имелось два очага пожара, расположенных в комнате зала у кресла и в прихожей в месте расположения электрической плиты. Причиной возникновения пожара явилось возгорание горючих материалов жилого дома от постороннего источника зажигания (спичка, зажигалка, факел и т.п.), занесенного из вне, с использованием как вспомогательных горючих материалов, собранных на месте поджога, так и путем специального создания условий для возникновения пожара от причин, имитирующих неосторожное нарушение правил пожарной безопасности [11].

Вывод о наличии поджога можно сделать в тех случаях, когда потерпевшие или свидетели поясняют, что возгорание произошло в результате поджога; имеется информация об угрозе совершения поджога; потерпевшие или свидетели информируют о подозрительном поведении каких-либо лиц, в результате которого можно сделать вывод об их подготовке к поджогу; итоги осмотра места происшествия или опросы лиц дают понять то, что огонь возник одновременно в разных местах, находящихся на значительном расстоянии; на объекте пожара найдены различные предметы, средства либо следы, которые, как правило, встречаются при совершении поджогов; на месте пожара найден труп с признаками неестественной смерти от самого пожара; имеется информация о том, что до возгорания из здания, в

котором он произошел, были заранее вывезены и сохранены в защищенном месте материальные ценности. Произошло иное преступление, например, такое как грабеж, разбой, изнасилование, убийство [12].

При преступных нарушениях правил пожарной безопасности причины пожаров являются, как правило, общими. Пожар, вызванный действиями/бездействием людей по несоблюдению предписаний нормативных актов, может возникнуть по причине: нарушения правил установки и эксплуатации систем электроснабжения и прочих электроустановок; нарушения правил эксплуатации технологического оборудования; нарушения установки систем отопления, осветительных систем; нарушения технологии изготовления, пользования и хранения легковоспламеняющихся и взрывоопасных материалов; нарушения в системе противопожарной защиты; несоблюдение правил выполнения огневых, взрывных и иных пожароопасных видов работ, неосторожного обращения с огнем и др. [13].

Выбор поджога в качестве способа сокрытия преступления обусловлен: его пригодностью для достижения цели, реальностью осуществления, высокой степенью уничтожения. Для успешного противодействия преступным нарушениям правил пожарной безопасности большое значение имеет знание сотрудниками уполномоченных органов специфических обстоятельств, характеризующих данный вид преступлений. Такими обстоятельствами в частности, являются мотивы совершения поджогов, способы и ухищрения, к которым прибегают поджигатели. Чрезвычайно часто огонь разрастается и становится разрушительной силой из-за человеческого невежества. Если люди не понимают опасности пожара или начинают паниковать при возгорании,

они не только рискуют собственной жизнью, но и своим иррациональным поведением навлекают беду на других. По мнению многих следователей, многократно подтвержденных статистическими выкладками: и жертвами пожара становятся представители самой старшей и самой младшей возрастных групп. Статистические данные за первое полугодие 2018 г. подтверждают, что при пожарах погибли: пенсионеров 50 человек (32,3 % от общего количества); детей школьного возраста 3 человека (1,9 %); детей до 6 лет 9 человек (5,8 %).

Деятельность правоохранительных органов по противодействию поджогам и преступным нарушениям правил пожарной безопасности является сложной и трудоемкой, требует работы высококвалифицированных профессионалов с хорошей теоретической и практической подготовкой, солидным опытом работы.

Все же следует подчеркнуть, что проблема противодействия преступным

нарушениям правил пожарной безопасности остается на сегодняшний день довольно актуальной. Взаимодействие государственной противопожарной службы с оперативными подразделениями, а также с органами следствия и дознания позволит эффективнее противодействовать преступным действиям, связанным с пожарами и нарушениями правил пожарной безопасности.

Таким образом, следует отметить, что, как и в прошлом, так и в настоящее время пожары являются таким же мощным фактором, негативно влияющим на экономику страны, как и преступность, что связано с большими затратами по восстановлению уничтоженных материальных ценностей. Причем, если после раскрытия преступления часть ущерба можно возместить, то урон от пожаров возместить невозможно.

Литература

1. Серебrenников В.Г. Пожарная безопасность в Российской Федерации // Вестник МВД России № 5. М., 1999.
2. Дорохова О.В., Сметанкина Г.И., Войтенко О.В. Особенности, возникающие при производстве дознания по пожарам // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1 (45).
3. Официальный сайт МЧС Свердловской области. Отчет «Обстановка с пожарами и их последствиями в Свердловской области за первые 6 месяцев 2018 г.: Статистические сведения о чрезвычайных ситуациях, пожарах и их последствиях в Свердловской области». URL: <https://66.mchs.gov.ru/folder/5963069> (дата обращения: 20.07.2018 г.).
4. Евдокимов А.А. Нарушение специальных правил безопасности в уголовном праве России: автореф. дисс. ... канд. юрид. наук. М., 2013.
5. Чирко В.Е., Прытков Г.А., Родэ Ю.А. Из истории профессиональной пожарной охраны в России // Вестник МВД России. 1999. № 3–4.
6. Виноградова О.П. Историко-культурная и культурологическая экспертизы: особенности назначения и проведения // Актуальные проблемы борьбы с преступлениями и иными правонарушениями. 2015. № 13-1.
7. Жидкова Е.В., Синеокая А.В. О некоторых вопросах взаимодействия следователя с экспертом-экономистом // III криминалистические чтения. Хабаровск, 2015.
8. О пожарной безопасности: федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69 (действ. ред.) // Российская газета. 1995. № 3.
9. Возгрин И.А. Научные основы криминалистической методики расследования преступлений. СПб: Изд-во СПбЮИ МВД РФ, 2014.
10. Яблоков Н.П. Криминалистика. М.: Юрайт, 2015.
11. Приговор Трусовского районного суда г. Астрахани от 5 марта 2015 г. URL: <https://rospravosudie.com/court-trusovskij-rajonnyj-sud-g-astraxani-astraxanskaya-oblast-s/act-504738081>.
12. Неустроева А.В., Веснина С.Н. Допрос потерпевшего как форма установления мотива и цели преступления // Правовое и криминалистическое обеспечение управления органами расследования

преступлений: материалы Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х частях. Хабаровск, 2011.

13. Руководство для следователя и дознавателя по расследованию отдельных видов преступлений / под ред. Н.Е. Муженской, Г.В. Костылевой. М.: Проспект, 2013.

References

1. Serebrennikov V.G. Pozharnaya bezopasnost' v Rossijskoj Federacii// Vestnik MVD Rossii № 5. М., 1999.
2. Dorohova O.V., Smetankina G.I., Vojtenok O.V. Osobennosti, vznikayushchie pri proizvodstve doznaniya po pozham // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 1 (45).
3. Oficial'nyj sajt MCHS Sverdlovskoj oblasti. Otchet «Obstanovka s pozhamami i ih posledstviyami v Sverdlovskoj oblasti za pervye 6 mesyacev 2018 g.: Statisticheskie svedeniya o chrezvychajnyh situacijah, pozharah i ih posledstviyah v Sverdlovskoj oblasti». [EHlektronnyj resurs] // URL: <https://66.mchs.gov.ru/folder/5963069> (data obrashcheniya 20.07.2018 g.).
4. Evdokimov A.A. Narushenie special'nyh pravil bezopasnosti v ugovnom prave Rossii: Avtoref. diss...kand. yurid. nauk. М., 2013.
5. CHirko V.E., Prytkov G.A., Rodeh YU.A. Iz istorii professional'noj pozharnoj ohrany v Rossii// Vestnik MVD Rossii № 3 – 4. М., 1999.
6. Vinogradova O.P. Istoriko-kul'turnaya i kul'turologicheskaya ehkspertizy: osobennosti naznacheniya i provedeniya//Aktual'nye problemy bor'by s prestupleniyami i inymi pravonarusheniyami. 2015. № 13-1.
7. ZHidkova E.V., Sineokaya A.V. O nekotoryh voprosah vzaimodejstviya sledovatelya s ehkspertom-ehkonomistom// V sbornike: III kriminalisticheskie chteniya, Habarovsk 2015.
8. O pozharnoj bezopasnosti: Federal'nyj zakon ot 21 dekabrya 1994 g. № 69-FZ (dejstv. red.) // Rossijskaya gazeta. - 1995. - № 3.
9. Vozgrin I.A. Nauchnye osnovy kriminalisticheskoy metodiki rassledovaniya prestuplenij kurs lekcij / I.A. Vozgrin. - SPb: Izd-vo SPbYUI MVD RF, 2014.
10. YAblokov N.P. Kriminalistika: uchebnik / N.P. YAblokov. 2-e izd. - М.: YUrajt, 2015.
11. Prigovor Trusovskogo rajonnogo suda g. Astrahani ot 5 marta 2015 g. [EHlektronnyj resurs]: URL: <https://rospravosudie.com/court-trusovskij-rajonnyj-sud-g-astraxani-astraxanskaya-oblast-s/act-504738081>.
12. Neustroeva A.V., Vesnina S.N. Dopros poterpevshego kak forma ustanovleniya motiva i celi prestupleniya//V sbornike: Pravovoe i kriminalisticheskoe obespechenie upravleniya organami rassledovaniya prestuplenij Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 3-h chastyah. Habarovsk, 2011.
13. Rukovodstvo dlya sledovatelya i doznatelya po rassledovaniyu otidel'nyh vidov prestuplenij: uchebnoe posobie / pod red. N.E. Muzhenkoj, G.V. Kostylevoj. - М.: Prospekt, 2013.

УДК 614.846

sawina@mail.ru

**О ПРОЕКТЕ КОНЦЕПЦИИ
КОМПЛЕКСНОГО ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИИ ПАРКА
ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ УСЛОВИЯМ**

**THE DRAFT CONCEPT OF COMPLEX INCREASE OF ADAPTATION OF
PARK OF FIRE TRUCKS TO LOW –TEMPERATURE CONDITIONS**

*Савин М.А., кандидат технических наук, доцент
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Теряев В.В.,*

*Главное управление МЧС России по Свердловской области, Екатеринбург,
Ложкин В.Н., доктор технических наук, профессор,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург*

*Savin M.A., The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Teryaev V.V., Central Administrative Board of the Ministry
of Emergency Situations of Russia in Sverdlovsk region, Yekaterinburg,
Lozhkin V.N., St. Petersburg university of
the Public fire service of Emercom of Russia, St. Petersburg*

Подведены итоги реализации основных положений «Концепции совершенствования пожарных автомобилей и их технической эксплуатации в системе Государственной противопожарной службы МЧС России» 2002 года.

Приведена характеристика наличия и состояния парка пожарных автомобилей Российской Федерации.

Сформулирован проект «Концепции комплексного повышения адаптации парка пожарных автомобилей к низкотемпературным условиям» для увеличения эффективности тушения пожаров.

Обоснованы приоритетные направления разработки, производства, эксплуатации и модернизации пожарных автомобилей для Севера.

Ключевые слова: низкотемпературные условия, парк пожарных автомобилей, климатическое исполнение, модернизация.

The paper sums up the implementation results of "The concept of improvement of fire trucks and their technical operation in the system of the Public fire service of Emergency Ministry of Russia" of 2002, approved by the order No. 624. of Emergency Ministry of Russia of 12/31/2002.

It also gives characteristic of existence and operating conditions of fire trucks park of Russia.

The author gives the priority directions of development, production, operation and modernization of fire trucks for the northern regions with low temperatures.

Keywords: low temperature environments, park of fire trucks, climate performance, modernization.

К холодной климатической зоне относятся 80 % территории России, на которой постоянно проживает до чет-

верти населения и где находятся богатейшие природные ресурсы, составляющие экспортный потенциал госу-

дарства [1]. Здесь же находится значительная часть оборонного потенциала страны. Все перечисленное требует обеспечения должного уровня пожарной безопасности населения, объектов экономики и инфраструктуры, а также территорий.

В то же время отечественная пожарная статистика стабильно показывает превышение числа жертв и величины убытков от пожаров в осенне-зимний период года по сравнению с весенне-летним по России в целом и в регионах с холодным климатом [1]. Одной из причин ухудшения эффективности оперативных подразделений зимой является низкая приспособленность парка ПА климатического исполнения У к низкотемпературным условиям эксплуатации, снижение надежности изделий, увеличение количества неисправностей уже при минус 20...30⁰С. Поэтому вопросы повышения адаптации парка ПА исполнения У к осенне-зимнему периоду актуальны. На фоне возраста и климатического исполнения У парка ПА, хронического недофинансирования это обуславливает необходимость разработки научно обоснованных подходов и методологии, созданных на объективных представлениях о теплофизических процессах ПА и включающих ряд концептуальных утверждений и принципов, обеспечивающих повышение приспособленности парка ПА к низким температурам.

Итоги реализации основных положений «Концепции совершенствования пожарных автомобилей и их технической эксплуатации в системе Государственной противопожарной службы МЧС России» 2002 года

Приказом МЧС России от 31.12.2002 г. № 624 [2] была утверждена «Концепция совершенствования пожарных автомобилей и их технической эксплуатации в системе Государственной противопожарной службы МЧС Рос-

сии». Согласно Концепции всего на вооружении подразделений ГПС МЧС России находились 17619 единицы основных и специальных пожарных автомобилей. При этом пожарные автоцистерны являются наиболее многочисленным видом ПА и их количество составляло свыше 76 % от общей численности всех типов и видов ПА.

На момент утверждения Концепции более 55 % находящихся в эксплуатации ПА выработали установленный ресурс, морально устарели и подлежали замене [3].

Отмечалось также [3, 4], что в большей части (60 %) имеющегося парка ПА подразделений ФПС МЧС России техническое обслуживание № 2 (ТО-2) и ремонт проводились непосредственно пожарных частях силами закрепленных водителей. Очевидно, что подразделения противопожарной службы не обеспечены в должной мере необходимым технологическим оборудованием, оснасткой, аппаратурой для диагностирования, технического обслуживания и ремонта ПА с дизельными двигателями, многоконтурными пневматическими тормозными системами и т.п.

Согласно Плану основных мероприятий по реализации Концепции к 2005 г. ВНИИПО, Департаменту МТОиВ МЧС совместно с предприятиями-производителями ПА предписывалось организовать разработку и производство ПА, ориентированных для эксплуатации в холодных климатических районах.

Проведенный мониторинг региональных структур ГПС показал [3, 4], что остро востребованными, особенно в северных регионах страны, являются тяжелые АЦ на полноприводных шасси с вместимостью цистерны 5,0-10,0 м³ (следует отметить, что базовые шасси северного исполнения отечественной промышленностью не выпускаются. Концепция таких ПА отсутствует). Поэтому в рамках реализа-

ции Концепции для работы в сложных климатических условиях Северо-западного, Уральского, Сибирского и Дальневосточного ФО были сконструированы и выпускаются пожарные автоцистерны с элементами северного исполнения (для работы при температурах окружающей среды до минус 45 °С) а также исполнения ОХЛ (для работы до минус 60 °С). Так, на предприятиях УСПТК – это АЦ-6,0-40(5557) и АЦ-6,0-40(4320), на ПГК «FIRE GROUP» - АЦ-6,0-40(4320), а также пожарно-спасательный автомобиль модель ПСА-6,0-40(IVECO AMT 6339)40BP и АЦ-С-8,0-70(IVECO AMT 6339) 48BP – на Варгашином заводе ППСО. Однако такая техника выпускается небольшими партиями и, таким образом, проблемы приспособленности парка ПА к низкотемпературным условиям не решает.

Кроме того, по результатам исследований было организовано производство дыхательных аппаратов и боевой одежды для применения при температурах до минус 50 °С. Ими были полностью перевооружены все оперативные подразделения ФПС [3]. Это обстоятельство является весьма важным с точки зрения эмергентности ПА и личного состава его расчета в заданных условиях оперативного использования.

Следует также отметить, что в Концепции вопрос об адаптации отечественных пожарных насосов к низкотемпературным условиям не ставился. Между тем, согласно статистике отказов, вся линейка современных отечественных спецагрегатов к зимним условиям функционирования приспособлена недостаточно [3, 4].

Кроме того, с подписанием приказа МЧС России от 18.09.2012 г. № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС России» [5] по новому решились некоторые вопросы эксплуатации ПА. Речь идет о передаче сторонним специализированным организациям ряда сервисных функ-

ций. В настоящее время, к примеру, в пожарных гарнизонах крупных городов на условиях аутсорсинга проводятся до 100 % ремонтов и порядка 50...60 % технических обслуживаний (ТО-2) парка ПА.

Таким образом, за истекший период основные положения «Концепции совершенствования пожарных автомобилей и их технической эксплуатации в системе Государственной противопожарной службы МЧС России» [2] в части проектирования и освоения производством ПА ориентированных для эксплуатации в холодных климатических районах – выполнены. Однако это не повлияло радикальным образом на повышение приспособленности к низким температурам парка ПА исполнения У северных пожарно-спасательных гарнизонов.

Следовательно проблема адаптации к низким температурам парка ПА исполнения У для возрастания показателей их эффективности, снижения пожарных рисков и материальных потерь в осенне-зимний период года не решена и остается актуальной.

В то же время исходя из существующей практики разработки и производства ПА с элементами «северного» исполнения на базовых шасси исполнения У очевидно, что ресурс низкотемпературной модернизации у моделей парка ПА далеко не исчерпан.

Характеристика наличия и состояния парка пожарных автомобилей

По состоянию на 31.12.2002 года на вооружении подразделений ГПС МЧС России находилось 17 619 единицы основных и специальных ПА исполнения У [2].

В отношении количества ПА, состоящих на вооружении других видов пожарной охраны согласно Федеральному закону № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» – муниципальной, ведомственной и частной, статистические данные отсутствуют. Однако экс-

траполяция данных по Свердловской области на страну в целом позволяет сделать следующие ориентировочные выводы. Так на 01.02.2013 года в подразделениях ГУ МЧС России по Свердловской области находились 509 основных и специальных ПА. В тот же период в штатах пожарных частей подведомственных Департаменту общественной безопасности Правительства Свердловской области имелись 282 основных и специальных ПА. Следовательно, в регионе имеет место следующее соотношение 1,8 : 1 числа ПА.

Отсюда можно сделать вывод о том, что в России помимо 17619 штатных единиц основных и специальных ПА подразделений ГПС МЧС России также находились порядка 9 800 ПА субъектовой пожарной охраны. Кроме того, сюда еще следует присовокупить определенное количество спецтехники ведомственной и частной пожарной охраны. Таким образом, в подразделениях противопожарной службы страны имеется примерно 30 000 единиц основных и специальных ПА. Из них [6] до 40 %, т.е. ~ 12 000 единиц ПА, находятся на вооружении подразделений холодных климатических районов.

Что же касается состояния функционирующего парка ПА исполнения У, то налицо тенденция его старения. Так, если в 2000 г. доля ПА, срок службы которых превышает нормативный, составляла 59 % [4], к 2005 г. она выросла до 70 %. Динамика старения парка ПА при существующих темпах ежегодных поступлений новой техники в гарнизоны ГПС составляла 2...3 % в год. По обоснованным прогнозам МЧС России [4], при существующем объеме финансирования к 2010 году 88 % парка основных и 98 % специальных ПА, содержащихся за счет федерального бюджета, должны были израсходовать нормативный ресурс.

Действительно, проведенный С.А. Шкуновым анализ технического состояния ПА за 2016 год показал [7],

что более 68 % всех ПА эксплуатируется со сроком службы более 10 лет. Если рассматривать парк основных ПА, то эта величина составляет 64 %. Этот процент был бы значительно выше, если бы не был в два раза сокращен резерв парка основных ПА, что дополнительно влияет на техническую готовность парка ПА и его надежность.

Таким образом, значительная доля находящихся в эксплуатации ПА выработали установленный ресурс, морально устарели и подлежат замене.

Очевидно, что интенсивное старение парка при незначительных поступлениях на вооружение новых ПА отрицательно сказывается на оперативных возможностях подразделений: снижаются надежность и технические параметры спецтехники, увеличиваются объемы и стоимость ремонтных воздействий и т.д. [3].

Действительно, «Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [8] предусматривается корректировка нормативов технической службы, адекватной условиям их оперативного использования (нормативы трудоемкости технического обслуживания и ремонта, расхода запасных частей, норм расхода топлива и других эксплуатационных материалов).

Однако эта корректировка не распространяется на ресурс ПА (срок службы до отказа), эксплуатирующихся в климатических районах ХЛ и ОХЛ. В результате из-за экстремальных условий эксплуатации срок службы таких ПА не превышает 6...7 лет вместо нормативных десяти [9].

В такой ситуации поддержание оперативных возможностей, надежности и ресурса парка ПА исполнения У, находящихся на вооружении оперативных подразделений холодных климатических районов страны, становится одной из актуальных задач пожарной охраны.

В результате анализа публикаций и современной практики оперативного применения ПА установлено, что традиционные подходы по нивелированию негативного воздействия низких температур на ПА сводятся в основном к применению ряда мер эксплуатационного порядка. К ним относятся обеспечение положительных температур воздуха в депо [5], применение стандартного теплоизолирующего комплекса двигателей; маловязких масел; подогрев воды в пожарном насосе ее дросселированием; тушение способом подвоза горячей воды [6] и т.п.

Таким образом, существующие традиционные подходы объективно ориентированы в основном на показатели, обеспечивающие функционирование ПА с минимальными затратами ресурсов. Это достигается также посредством поддержания технической готовности парка ПА исполнения У (проведение ТО и ремонтов) в пределах параметров, заложенных при их проектировании, обеспеченных при производстве и поддерживаемых при эксплуатации. Очевидно, однако, что такие подходы не могут привести к существенному прогрессу в повышении приспособленности ПА и эффективности оперативно-служебной деятельности подразделений в осенне-зимний период года. Другими словами, указанные меры относительно малоэффективны.

Предлагаемый подход основан на том, что проблема повышения адаптации ПА к низкотемпературным условиям может быть решена по двум стратегическим направлениям:

- конструктивными мерами (в проектных замыслах перспективных образцов мобильных пожарных машин для Севера);
- а также, частично, для действующего достаточно изношенного парка ПА – оперативными и доступными техническими решениями в рамках их модернизации (как это имеет место в практике пожарных гарнизонов Западной Европы). В условиях стремительно стареющего парка ПА и хронического бюджетного

недофинансирования второй путь особенно актуален.

Следовательно, проблема становится комплексной, требует взаимосвязанного междисциплинарного подхода к ее решению и подразумевает повышение адаптации ПА к низкотемпературным условиям за счет реализации имеющих инновационную направленность научно-технических, технологических и организационно-управленческих решений при проектировании северных ПА и модернизации действующего парка.

О сути проекта «Концепции комплексного повышения адаптации парка пожарных автомобилей к низкотемпературным условиям»

Основной целью предлагаемого проекта «Концепции комплексного повышения адаптации парка пожарных автомобилей к низкотемпературным условиям» является повышение эффективности функционирования парка ПА исполнения У в осенне-зимний период года.

Концепция призвана определить пути решения следующих основных задач:

- исходя из природно-климатических особенностей регионов и по результатам ранее проведенных исследований разработать обоснованные перечни технических решений, которые целесообразно осуществить в процессе модернизации ПА разных марок и производителей, а также организационных мероприятий в ходе последующего их применения по предназначению;
- провести модернизацию парка ПА, согласно разработанным перечням технических решений на базе предприятий-изготовителей, либо в условиях и силами личного состава оперативных подразделений;
- создать научно-технический задел для разработки перспективных образцов ПА для Севера. В частности выбрать основные направления, объ-

екты и сформулировать задачи исследований, результаты которых обеспечили бы конструкторов исходными данными для создания ПА адекватных суровым условиям оперативного использования. Проведение комплексных исследований ПА в очень холодных, холодных и умеренно-холодных климатических районах страны. На базе этих работ активизировать подготовку научных кадров с систематическим проведением целевых семинаров-совещаний и конференций с обсуждением результатов теоретических и эксплуатационных испытаний опытных образцов ПА различного исполнения.

Проект «Концепции комплексного повышения адаптации парка ПА к низкотемпературным условиям» предусматривает следующее:

а) повышение адаптации ПА должно осуществляться системно как единый процесс, согласованный на всех этапах жизненного цикла ПА и объектов инфраструктуры пожарной охраны;

б) повышение адаптации ПА должно быть ориентировано на высокие показатели социально-экономической эффективности и оперативно-служебной деятельности подразделений противопожарной службы, а также надёжности изделий в заданном диапазоне условий эксплуатации;

в) Концепция учитывает объективную экономическую ситуацию в стране и основывается на положениях следующих документов: Федерального закона «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ; Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 11.07.2008 года № 123-ФЗ; «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» [10]; Указа Президента РФ от 01.01.2018 г. № 2 «Об утверждении Основ государственной политики РФ в области пожарной безопасности на период до 2030 года» [11]; а также других нормативных доку-

ментов, регламентирующих процессы функционирования ПА;

г) методологической основой исследований по повышению адаптивности ПА к низким температурам являются положения методов системного анализа [12], теплового баланса [13] и эксергетического анализа термодинамических систем [14], теоретических основ адаптации транспортных средств [15, 16];

д) в условиях нестабильности и неопределённости изменений как в стране в целом, так и в органах и подразделениях ФПС МЧС России, большого числа неконтролируемых факторов, трудно формализуемых целей и ограничений, изменения структуры и возможностей гарнизонов в процессе принятия решений и активности их элементов указанный подход является приемлемым и возможным.

В предлагаемом проекте Концепции весьма целесообразно учесть результаты научно-исследовательских работ, проводимых пожарно-техническими научно-исследовательскими учреждениями и образовательными заведениями МЧС России, соответствующего практического опыта подразделений, а также исследований авторов.

Приоритетные направления развития, разработки, производства, эксплуатации и модернизации пожарных автомобилей для Севера

Приоритетными направлениями развития, разработки, производства, эксплуатации и модернизации пожарных автомобилей для Севера являются:

- развитие и совершенствование нормативной правовой базы, регламентирующей процессы разработки, постановки на производство и испытаний указанных ПА в реальных условиях;

- организация взаимодействия всех участников системы производства и эксплуатации ПА в вопросах совер-

шенствования процессов разработки, производства, испытаний и эксплуатации ПА, предусмотренных Типажом и другими нормативными документами;

- обеспечение повышения технического уровня выпускаемых и находящихся в эксплуатации в северных регионах образцов ПА за счет проведения их модернизации;

- проектирование и освоение производством средними сериями, в рамках Гособоронзаказа, вновь выпускаемых образцов на основе достигнутого научно-технического задела и возможностей промышленности, отвечающих требованиям северных гарнизонов;

- конструктивно-компоновочные технические решения, обеспечивающие необходимый уровень приспособленности к низким температурам (ПА с элементами северного исполнения для работы до минус 45 °С, ниже минус 45 °С – ПА в северном исполнении [17]);

- выявление закономерностей адаптивности ПА различных марок и производителей к понижению температуры окружающей среды по некоторым важнейшим выходным параметрам; разработке научно-обоснованных критериев оценки приспособленности ПА разных марок и моделей к эксплуатации по комплексу свойств; установлении закономерностей влияния низкотемпературных условий эксплуатации на комплексный показатель приспособленности ПА; разработке методологических принципов и методик практического использования результатов исследований и т.д.;

- установление степени адаптации ПА разных моделей и производителей (в т.ч. инофирм) к реальным условиям применения посредством организации регулярных пробегов по маршруту: Мурманск – Санкт-Петербург – Москва – Екатеринбург – Новосибирск – Иркутск – Хабаровск – Владивосток (это при том, что средние радиусы выездов ПА в РФ составляют 6-10 км [1]) в январе-феврале с последующим ана-

лизом результатов. В ходе пробегов в центрах регионов предусмотреть обязательное проведение практических показов новых перспективных пожарно-спасательных технологий и оборудования, их тактико-технических возможностей в низкотемпературных условиях.

В самом деле, традиции автомобильной истории Отечества известны. Протяженные маршруты автопробегов СССР 30-х годов в летнее время, в том числе с участием автомобилей произведенных в других странах, позволили собрать богатейшие фактические данные и обширный исследовательский материал. Предлагаемое мероприятие весьма зрелищно, перспективно в научном и практическом планах и может стать российской комбинацией ралли «Дакар» и выставки INTERSCHUTZ.

Также предлагается следующая мера организационного плана. Для совершенствования навыков индивидуального профессионального мастерства в зимних условиях полагаем целесообразным организацию и проведение Всероссийских чемпионатов водителей пожарных автомобилей в составе расчета, по типу известного «Танкового биатлона» (возможно в качестве компетенции Всероссийского конкурса рабочих профессий WorldSkills Russia, т.е. один раз в два года). В перечень тестов помимо теории и упражнений на мастерство фигурного вождения в сложных дорожных условиях включать непременно забор и подачу воды из открытого водоемистика с заполнением мерной емкости на время и т.п. Естественно, состязания следует начинать с первенств оперативных подразделений и отрядов, а затем предусмотреть организацию соревнований, прежде всего, в 29 регионах с холодным климатом и т.д.

Основное внимание в эксплуатации ПА должно быть акцентировано:

- на организацию и развитие системы проведения модернизации ПА, в том числе с использованием

производственных мощностей предприятий-изготовителей ПА и других машиностроительных предприятий страны;

- создание банка данных по эксплуатационным отказам ПА разных марок и производителей в разрезе агрегатов и функциональных систем при низких температурах окружающей среды.

Таким образом, многоплановая проблема снижения величин пожарных рисков и материальных потерь в осенне-зимний период не решена и является актуальной. Она может быть смягчена посредством формирования социально-востребованной научной базы для создания нового поколения

пожарных автомобилей (программа *max*) и модернизации действующего парка (программа *min*), максимально приспособленных к суровым условиям оперативного использования.

Таковы основные положения проекта «Концепции комплексного повышения адаптации парка пожарных автомобилей к низкотемпературным условиям». В современных экономических реалиях практическая реализация даже минимального варианта Концепции с привлечением для этого весьма незначительных материальных вложений обеспечит смягчение последствий от пожаров и ЧС в осенне-зимний период.

Литература

1. Исаков Х.И., Ложкин В.Н., Савин М.А.. Эффективная эксплуатация основных пожарных автомобилей при низких температурах: монография. Екатеринбург, 2010. 354 с.
2. Концепция совершенствования автомобилей и их технической эксплуатации в системе ГПС МЧС России: приказ МЧС России от 31.12.2002 г. № 624.
3. Пивоваров В.В. Совершенствование парка пожарных автомобилей России. М.: ВНИИПО, 2006. 194 с.
4. Яковенко Ю.Ф. Россия: пожарная охрана на рубеже веков. Тверь: Сивер, 2004. 208 с.
5. Об организации материально-технического обеспечения системы МЧС России: приказ МЧС России от 18.09.2012 г. № 555.
6. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. М.: Стройиздат, 1988. 352 с.
7. Шкунов С. А. Информационно-аналитическая поддержка управления переоснащением парка пожарных автомобилей / автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2018. 24 с.
8. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1988. 78 с.
9. Амортизация. Износ. Нормы амортизационных отчислений. М.: ПРИОР, 2001 128 с.
10. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года / Утверждена распоряжением Правительства РФ 17.11.2008 г. № 1662-р (в ред. распоряжения Правительства РФ от 08.08.2009 г. № 1121-р).
11. Об утверждении Основ государственной политики РФ в области пожарной безопасности на период до 2030 года: указ Президента РФ от 01.01.2018 г. № 2.
12. Антонов А.В. Системный анализ. М.: Высшая школа, 2004. 454 с.
13. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981. 416 с.
14. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. М.: Энергоатомиздат, 1988. 288 с.
15. Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чарков С.Т. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации. М.: Транспорт, 1989. 128 с.
16. Захаров Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей / автореф. дис. ... докт. техн. наук. Тюмень, 2000. 42 с.
17. Алешков М.В. От концепции создания до разработки основного пожарного автомобиля северного исполнения // Пожарная безопасность. 2012. № 3. С. 131-135.

References

1. Ishakov H.I, Lozhkin V.N, Savin M.A. Effektivnaya ekspluataziya osnovnih pozharnih avtomobilei pri nizkih temperaturah: monografiya. Ekaterinburg: UrI GPS MCHS Rossia, 2010. 354 s. [in Russian].
2. Konceptia sovershenstvovaniya pozharnih avtomobiley i ih tekhnicheskaya ekspluatazia v sisteme GPS MCHS Rossii. Prikaz MCHS Rossii ot 31.12.2002 g. № 624. [in Russian].

3. Pivovarov V.V. Sovershenstvovanie parka pozharnih avtomobilei Rossii. M. VNIPO, 2006. 194 s. [in Russian].
4. Jakovenko, U.F. Rossia: pogharnaja ohrana na rubeje vekov. Tver: Siver, 2004. 208 s. [in Russian].
5. Ob organizazii materialno-tekhnicheskogo obespechenia sistemi Ministerstva Rossijskoi Federazii po delam grazhdanskoj oboroni, chrezvichajnim situacijam i likvidazii posledstvij stikhijskikh bedstvij. Prikaz MCHS Rossii ot 18.09.2012 g. № 555. [in Russian].
6. Jakovenko U.F. Sovremennije pogharnie avtomobili M.: Stroizdat, 1988. 352 s. [in Russian].
7. Shkunov S.A. Informazionno-analiticheskaja podderzhka upravlenija pereosnashcheniem parka pozharnih avtomobilei. M.: 2018. 24 s. [in Russian].
8. Polozhenie o tekhnicheskom obsluzhivanii i remonte podvizhnogo sostava avtomobilnogo transporta. - M.: Transport, 1988. 78 s. [in Russian].
9. Amortizacija. Iznos. Normi amortizatsionnih otchislenij. M.: PRIOR, 2001. 128 s. [in Russian].
10. Koncepzija dolgosrochnogo socialno-ekonomicheskogo rasvitiya Rossijskoj Federazii na period do 2020 goda / Utverdzena rasporjaganiem Pravitelstva RF 17.11.2008 g. № 1662-r (v red. Rasporjagijenij Pravitelstva RF ot 08.08.2009 g. № 1121-r) [in Russian].
11. Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoi politiki Rossijskoi Federazii v oblasti pozharnoya besopasnosti na period do 2030 goda. Ukaz Prezidenta RF ot 01.01.2018 r. № 2. [in Russian].
12. Antonov A.V. Sistemnij analiz. Uchebnik dlya VUZov. M.: Vishaja shkola, 2004. 454 s. [in Russian].
13. Isachenko V.P., Osipova V.V., Sukomel A.S. Teploperedacha. M.: Energoizdat, 1981. 416 s. [in Russian].
14. Brodijnski V. M., Fratsher V., Mihalek K. Eksergeticheski metod i ego prilozhenija. M.: Energoatomisdat, 1988. 288 s. [in Russian].
15. Reznik L.G., Romalis G.M., Charkov C.T. Effektivnost ispolzovanija avtomobiley v razlichnih uslovijach ekspluatazii. M.: Transport, 1989. 128 s. [in Russian].
16. Zakharov N.S. Vliaynie sezonnih usloviy na prozessi izmenenija kachestva avtomobiley: avtoref. diss. dokt. tehn. nauk. Tyumen, 2000. 42 s. [in Russian].
17. Aleshkov M.V. Ot koncepzii sozdaniia do rasrabotki osnovnogo pozharnogo avtomobilia severnogo ispolneniia // Pozharnaia besopasnost 2012. № 3. S. 131-135. [in Russian].

УДК: 614.849

pavelpavel2415@mail.ru

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА НА ОСНОВЕ
ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ****TO THE QUESTION OF THE SELECTION OF DECISIONS WHILE EXERCISING
THE FIRE BASED ON THE STAGES OF DEVELOPMENT OF THE DECISION
SUPPORT SYSTEM**

*Данилов М.М., кандидат технических наук,
Данилова М.А., Еремин М.П., Захаревский В.Б., Королев П.С.,
Академия ГПС МЧС России, Москва
Danilov M.M., Danilova M.A., Eremin M.P., Zaharevsky V.B., Korolev P.S.,
Academy of State fire service of EMERCOM of Russia, Moscow*

В современно развивающейся структуре пожаротушения в параметрах оценки действий рассмотрен многогранный вариативный процесс тушения пожаров мобильными средствами от передвижной пожарной техники. Напоминается о проблеме повышения эффективности решений, принимаемых руководителями тушения пожара, раскрываются отдельные аспекты. В качестве одного из возможных путей решения проблемы предлагается система поддержки принятия решений при организации тушения пожара, представленная научными циклами применения разрабатываемой технологии на этапах пожаротушения, дается описание основных принципов построения и структура указанной системы. Показан вариант использования оперируемыми данными, полученными при использовании модели оценки параметров подачи огнетушащего вещества, в зависимости от тактических возможностей в режиме реального времени руководителем тушения пожара.

Ключевые слова: пожарная охрана, пожаротушение, пожарная безопасность, подача огнетушащих веществ, принятие решений на пожаре.

In a modernly developing firefighting structure, the multifaceted variational process of extinguishing fires by mobile means from mobile fire fighting equipment is considered in the parameters of action evaluation. It recalls the problems of increasing the effectiveness of decisions taken by fire extinguishing leaders, certain aspects are revealed. As one of the possible ways to solve the problem, a decision support system is proposed in the organization of fire extinguishing, presented by scientific cycles of application of the developed technology at the stages of firefighting, a description of the basic principles of construction and the structure of this system is given. The variant of the use of the operated data obtained using the model for estimating the parameters of the extinguishing agent supply is shown, depending on the tactical capabilities in real time by the fire extinguishing director.

Keywords: fire protection, fire extinguishing, fire safety, supply of fire extinguishing substances, decision-making on fire.

На этапах развития современной структуры пожаротушения при переходе к риск-ориентированной модели и в условиях оптимизации ориентированных задач, лучший итог выполненных действий приобретает задача тушения пожаров

мобильными средствами от передвижной пожарной техники. Сама задача состоит в анализе возникающих действий, когда присутствует несколько направлений (альтернатив) при этом, в определенном смысле, требуется формализовать эти

альтернативы. Процесс формализации альтернатив представляет собой достаточно сложный процесс, содержащий ряд этапов, при описании которых используется определенный конструктив. В качестве основного элемента представим субъект принятия решения – один руководитель тушения пожара (далее – РТП) или несколько специалистов (должностные лица штаба тушения пожара), проводящих анализ обстановки и выработку вариантов решения. Штаб тушения пожара определяет рациональное в данной ситуации решение – так называемое перспективное решение на пожаротушении, для достижения задач, решаемых МЧС при тушении пожаров. Такой целевой подход занимает в теории принятия ре-

шений центральное место. Так в структуре пожаротушения проведение анализа обстановки начинается с выявления основной цели.

Принятие решений в данной модели функционирования структуры пожаротушения является разносторонним, универсальным процессом, включающим в себя определенное количество стадий действий пожарных подразделений [1]. РТП как субъект принятия решения, анализирующий обстановку на выбор правильного решения при тушении пожара, принимает рационально правильное решение из определенного количества вариантов, комплексная модель деятельности РТП представлена на рисунке 1.

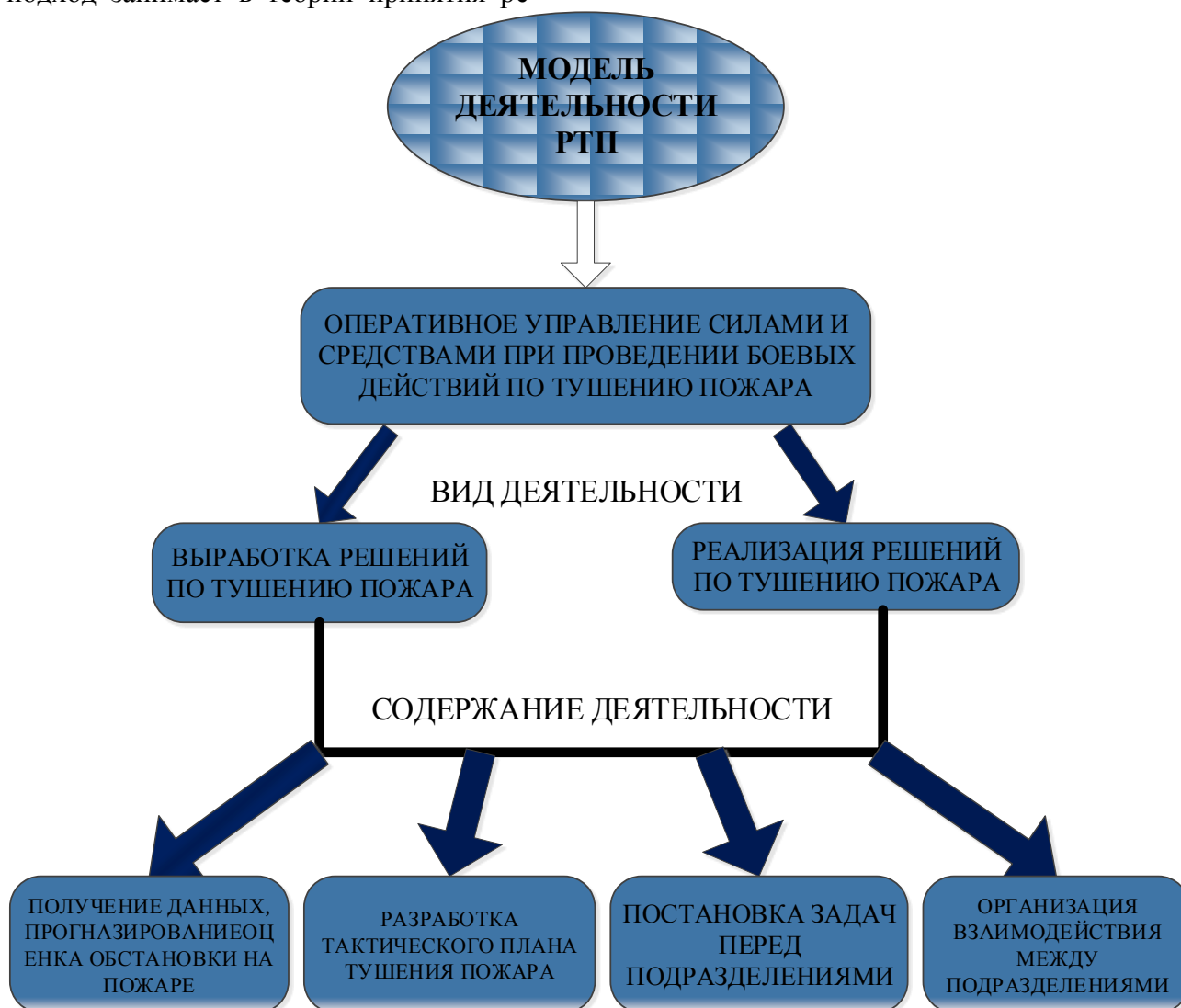


Рисунок 1. Модель деятельности РТП

Результат тушения пожара является основным в теории принятия управленческих решений. В целях управления подразделениями пожарной охраны при использовании алгоритмов и методик ведения боевых действий по тушению пожара оценка обстановки начинается с выявления скоррелированных факторов в быстро меняющейся обстановке для достижения результатов тушения пожаротушения.

В большой степени оказывают воздействие на процесс принятия решения граничные условия (ограничения) и применение разработанной системы поддержки принятия решений при тушении пожаров (далее – СППР). Таким образом, пожарные подразделения реализуют принимаемые решения РТП, проходя через структуру системы поддержки принятия решений [2]. Обобщенный критериальный поиск и выбор наилучших альтернатив на момент времени ведения боевых действий по тушению пожара (принимаемых решений при определенных ограничениях) является одной из основных задач подразделений МЧС России [3], в том числе к реализации устойчивых информационных связей между подразделениями, с учётом различных факторов развития пожара и оперативностью принятия управленческого решения. Оперативность принятия решения основана на комплексном анализе условий ведения боевых действий при организации тушения пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

При принятии оперативных решений цель системы, как правило, очевидна и достаточно четко сформулирована и остается только определить пути ее реализации, минимизируя время оценки целей конструктивного анализа и альтернативные варианты складывающейся обстановки на пожаре (в общем случае число таких вариантов множественно). Заметим, что в традиционных задачах исследования операций допустимое множество альтернатив обычно задается в явной или неявной форме. В современной теории принятия решений генерация таких альтернатив и выявление

множества допустимых являются важной составной частью.

В ситуациях, связанных с принятием перспективных решений на пожаре, разработка каждой альтернативы поведения системы пожаротушения является достаточно трудоемкой операцией. Поэтому довольно часто разрабатываются наиболее вероятные варианты [4], число которых, конечно, при этом каждой такой альтернативе обычно сопоставляется определенная последовательность, курс действий (тушение, защита, подготовка к пенин атаке и т.п.). Причем наиболее существенным является анализ таких альтернативных решений при оценке последствий их выбора [5]. Такой метод наиболее осуществим при совершенствовании организации тушения пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, совершенствовании уровня готовности подразделений пожарной охраны и профессиональной подготовки их личного состава, где необходимые для анализа альтернативы учитывают возможные изменения обстановки, достигаемые в различных условиях.

В результате выполнения таких этапов разрабатывается, так называемая, концептуальная модель поддержки принятия перспективного решения, которая отражает с необходимой полнотой систему-прототип в том или ином содержательном ее аспекте элементарных положений логики пожаротушения.

На основе концептуальной модели создается возможность формализованного описания ситуации и разработки модели функционирования механизма структуры принятия решений, формализованная последовательность действий, выполнение которых позволяет сформировать решение для управления подразделениями при проведении боевых действий.

При принятии решений при проведении боевых действий по тушению пожара цель, как правило, известна и четко сформулирована. Для получения оценки уровня достижения целей, поставлен-

ных перед системой, необходимо проводить анализ и конструировать альтернативы того, как поведет себя система в различных условиях обстановки складывающейся на пожаре. Модель анализа представлена на рисунке 2.

Базируясь на концептуальной модели имеется возможность формализованного описания ситуации и разработки математической модели функционирования структуры управления боевыми действиями по тушению пожара, однако,

для нахождения наилучшего из массива всевозможных решений в определенной оперативно тактической обстановке, необходимо разработать алгоритм – систему точных и понятных предписаний о содержании и последовательности выполнения конечного числа действий, выполнение которых позволяет выбрать решение из массива, по управлению подразделениями пожарной охраны.

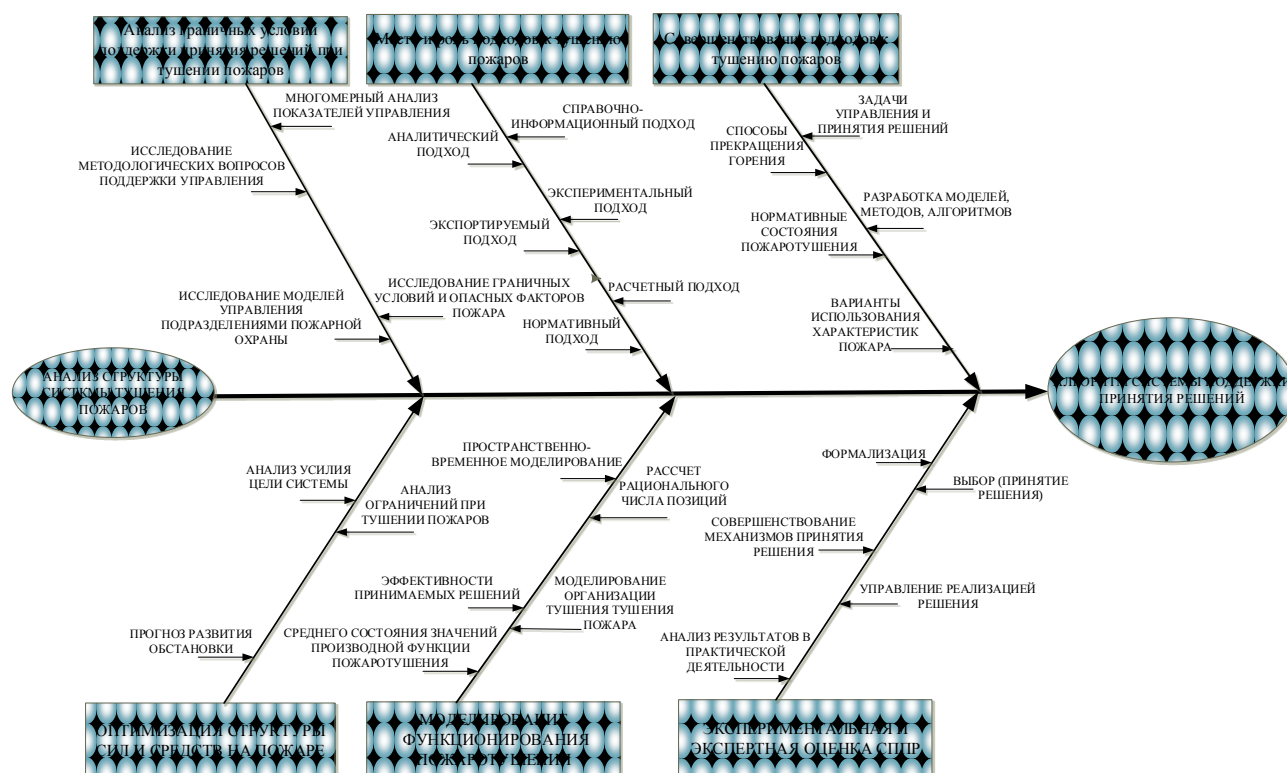


Рисунок 2. Структурно-логический анализ СППР

Исследование альтернатив боевых действий подразделений пожарной охраны производится по модели, учитывающей этапы принятия запланированных решений. Первый этап – постановка, определение цели в конкретных условиях складывающейся обстановки. Второй этап – многосторонний анализ ресурсов, взаимодействующих при реализации решения, а также условий использования этих ресурсов. В результате выполнения действий, предусмотренных данными этапами, разрабатывается система под-

держки принятия решений в мультиусловиях [6, 7].

На основе создания модели возможно формализованное описание и ее математическая разработка. Модель описывает с необходимой для принятия решения полнотой взаимодействия организационных структур пожаротушения, однако, для нахождения наилучшего в некотором смысле из массива всевозможных решений необходимо разрабатывать алгоритм - систему точных и понятных предписаний о содержании и последова-

тельности выполнения конечного числа действий, выполнение которых позволяет сформировать решение по управлению процессом тушения пожара.

Таким образом, математическое обоснование приводится к обобщенной модели принятия решения с целью рассмотрения на единой основе многочисленных задач выбора, установления связей при общей постановке задач принятия

решений, целесообразно использовать структурно-математический подход, позволяющий проводить математическую выборку структуры выбора в интуитивно приспособленным к восприятию виде. Данная постановка (математическая структура) предоставляет возможности задачи при принятии решений, в зависимости от того, каким образом заданы условия и элементы.

Диаметр насадка мм			
Пост. сопротивления $S_n, 10^{-6} \text{ с}^2/\text{м}^5$			
Расход воды		Q л/с	L м
Компактная часть струи			
Давление перед насадком м. в. ст.	20		
	30		
	40		
	50		
	60		
	70		
	80		

*Рисунок 3. Неподвижная, статическая часть
(часть приспособления, не требующего автоматизированного рабочего места,
для вычисления параметров насосно-рукавных систем в виде
информационно-аналитического сопровождения расчетных сценариев при
тушении пожаров на различных объектах, для применения пожарно-
спасательными гарнизонами в целях сокращения времени расчетных параметров*

50			38		32		28		25		19		13
0.013			0.04		0.079		0.135		0.21		0.63		2.89
39.0	21	22.4	20.5	16.0	20	12.2	20	9.7	14.5	5.4	13	2.7	13
47.5	29	27.4	27	19.4	26.5	15.0	26	11.8	19.5	6.4	16.5	3.2	16
55.0	33	31.7	32	22.5	30.5	17.2	30	13.6	22.5	7.4	20	3.7	18.5
61.4	37.5	35.4	35.5	25.0	34	19.3	33	15.3	25	8.2	22	4.1	20
67.3	40.5	38.2	38.0	27.6	37	21.1	35.5	16.7	27	9.0	23.5	4.5	21.5
72.6	42.5	41.9	39.5	29.7	37.5	22.8	37	18.1	27.5				
77.2	43.5	44.5	40										

Рисунок 4. Подвижная, динамическая часть

(часть приспособления, не требующего автоматизированного рабочего места, определяющая оптимальную характеристику по выбору насосно-рукавных систем для подачи огнетушащих веществ в зависимости от расхода и значений компактной части струи из пожарного ствола)

В настоящее время применительно к разрабатываемым сценариям ведения боевых действий, выполнив научно-практическое исследование при тушении пожаров на основе условий и факторов ведения боевых действий проведена детализация поддержки принятия решений при формировании расчетных сценариев. Фрагменты расчетных сценариев представлены частью интерфейса из приспособления не требующего автоматизированного рабочего места для определения параметров расчетных сценариев и отражены на рисунках 3, 4.

Данная система работает по следующему принципу: РТП задаются исходные параметры и интерактивно снимаются полученные результаты. Рассмотрим на примере одного расчетного сценария общий принцип СППР. Сценарий представляет собой динамическую, интерактивную систему, состоящую из неподвижной части (рис. 3) и подвижной, динамической части (рис. 4). При работе с данной частью СППР, руководитель тушения пожара задаёт исходные параметры: диаметр насадка (d , мм), давление перед насадком (P , м. в. ст.) При сопоставлении с проемом на статической части, ячейки с диаметром насадка (d ,

мм) на динамической части, РТП снимает следующие показатели: постоянную сопротивления насадка (S_n) и, в зависимости от давления перед насадком (P , м. в. ст.), расход воды (Q л/с), длину компактной части струи (L , м). Полученные параметры РТП может использовать при ведении боевых действий по тушению пожара, при работе со стволами с изменяемым расходом, для выбора позиций для ствольщиков.

Математическое обоснование данного расчетного сценария основывается на математическом аппарате гидравлики. Теоретической основой процесса истечения жидкости из пожарных стволов являются зависимости, полученные при изучении опорожнения резервуаров, а также резервуары исследования различных видов насадков (присоединенных к отверстию в стенке труб, длина которых составляет два-пять внутренних диаметров) на скорость истечения и расход жидкости [8].

$$v_H = \varphi_H \sqrt{2gH_H}, \quad (1)$$

$$q_H = \mu_H \omega_H \sqrt{2gH_H}, \quad (2)$$

$$\omega_C = \varepsilon_H \omega_H, \quad (3)$$

$$\mu_H = \varepsilon_H \varphi_H, \quad (4)$$

где v_H – скорость истечения из насадка, м/с; φ_H – коэффициент скорости насадка; H_H – напор на входе в насадок, м; q_H – расход жидкости из насадка пожарного ствола, м³/с; μ_H – коэффициент расхода насадка; ω_H – площадь конечного сечения насадка, м²; ω_c – площадь струи в сжатом сечении, м²; ε_H – коэффициент сжатия струи [9]:

$$S_H = \frac{1}{2g\mu_H^2\omega_H^2}, \quad (5)$$

где S_H – сопротивление насадка пожарного ствола c^2/m^5 .

$$H_H^{TP} = n_{M.L.} \cdot S_{M.L.} \cdot Q_{M.L.}^2 + \Delta h_{разв} + n_p \cdot S_p \cdot q_{ств}^2 + H_{ств} + Z_{ств}, \quad (6)$$

$$n_p = \frac{k \cdot L}{l_p}, \quad (7)$$

$$Q_{max} = \frac{\Delta H}{S_{M.L.} \cdot n_{M.L.}}, \quad (8)$$

$$\Delta H = H_H - (H_c + Z + 0.17Y), \quad (9)$$

где H_H^{TP} – требуемый напор на насосе пожарного автомобиля; $n_{M.L.}$ и n_p – число рукавов в магистральной и рабочей линии соответственно; $S_{M.L.}$ и S_p – сопротивление одного рукава магистральной или рабочей линии соответственно; $Q_{M.L.}^2$ – расход огнетушащего вещества по наиболее нагруженной магистральной линии пожарного автомобиля; $\Delta h_{разв}$ – потери напора на разветвлении; $H_{ств}$ – напор на пожарном стволе; расстояние от водосточника до места пожара; $Z_{ств}$ – перепад высот между позицией ствольщика и нулевой отметкой объекта пожара; k – коэффициент, учитывающий неровности местности для прокладки рукавных линий, $k=1,2$; l_p – длина одного пожарного рукава. Расчет с использованием калькулятора марки *CASIO fx-82ES PLUS* – 54 секунды, с помощью CS занимает 13 секунд, с помощью СППР 8 секунд. Сопоставление результатов моделирования представлено на рис.5.

Был проведен эксперимент, по итогам которого был сформирован сравнительный анализ времени принятия решения с помощью гидравлических формул по расчету насосно-рукавных систем, системы, определяющей управленческое решение CS (Control System), разработанной на кафедре пожарной тактики и службы Академии ГПС МЧС России, и системы поддержки принятия решения при тушении пожара. Аналитический расчет по идентичным параметрам производится по формулам (6, 7, 8, 9):

Одним из главных условий применения данной системы является интуитивно понятный интерфейс, который рассчитан на поддержку принятия решений РТП в кратчайшие сроки. Данная система является малогабаритной, что позволяет использовать её без затруднения в штабах пожаротушения или на основных пожарных автомобилях, не требуется автоматизированное рабочее место, для использования СППР, личный состав подразделений пожарной охраны, который будет использовать данную систему может научиться ей пользоваться, прочитав руководство по эксплуатации, так же разработанное в рамках научно-практического исследования СППР при тушении пожаров. Данную систему возможно использовать при обучении личного состава пожарной охраны в высших учебных заведениях, центрах подготовки, учебных заведениях среднего профессионального образования.

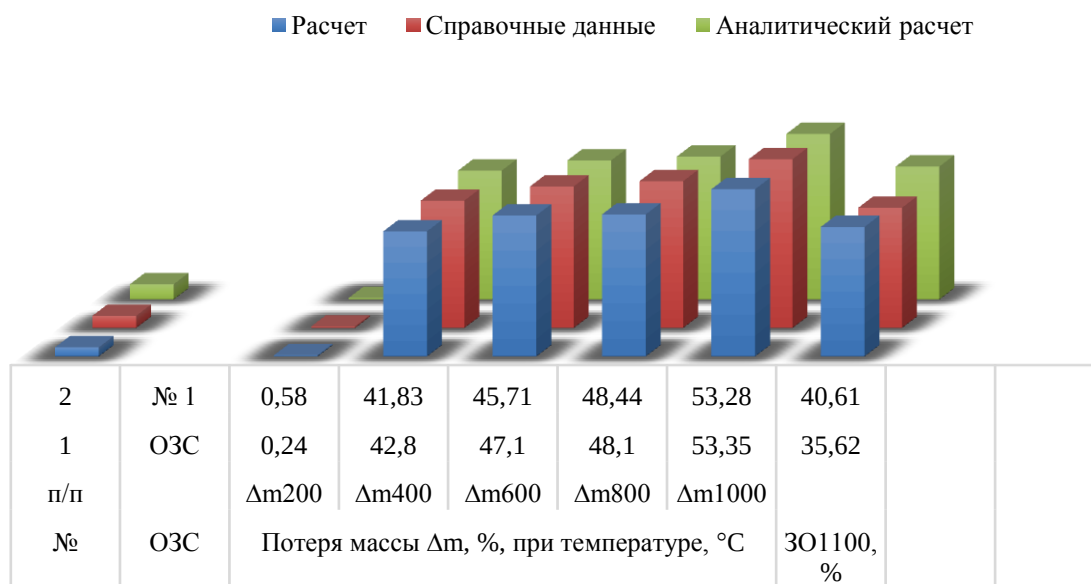


Рисунок 5. Сходимость результатов моделирования

Научное обеспечение применения информационных технологий на этапах жизненного цикла средств информатизации пожаротушения представляется тремя циклами: этапа создания средств информатизации, этапа внедрения разработанных средств и этапа практического использования. И анализируя содержание этапов, можно принять заключение, что существуют группы проблем, определяющих весь облик исследования системы пожаротушения.

Оперируя данными полученными при использовании модели оценки параметров подачи огнетушащего вещества в зависимости от тактических возможностей в режиме реального времени, РТП (или оперативный штаб пожаротушения для формирования вариантов выбора) принимает решения, эффективность которых напрямую влияет на процесс тушения пожара [10,11].

Литература

1. Терехнев В.В. Семенов А.В. Тараканов Д.В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. №10. С. 14-17.
2. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах / И.М. Тетерин, Н.Г. Топольский, В.М. Климовцов, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. 2008. №4 (20). 21 с.
3. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» (Зарегистрировано в Минюсте России 20.02.2018 № 50100).
4. Письмо МЧС России от 01.03.2013 № 43-956-18 «О Методических рекомендациях по составлению планов и карточек тушения пожаров», утвержденных 27.02.2013 № 2-4-87-1-18.
5. Методические рекомендации по изучению пожаров (утв. МЧС России 27.02.2013 № 2-4-87-2-18).
6. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В.В. Подиновский. М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2007. 64 с.
7. Разработка системы интеллектуальной поддержки принятия решений при чрезвычайных ситуациях на предварительной стадии / И.П. Евграфов // НТИ. сер. 1. Орг. и методика информ. Работы / ВИНТИ РАН. 2007. № 9. С. 7-12.
8. Практическая гидравлика в пожарном деле / Н.А. Тарасов-Агалаков. М., 1959. 188 с.

9. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости) / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев. М., Стройиздат, 1975.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Расчёт NRS / Данилов М.М., Денисов А.Н., Захаревский В.Б. // Дата поступления 02 августа 2016 г., дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 29 сентября 2016 г. № 2016661086.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Расчёт NRS(L) / Захаревский В.Б., Локтюхина А.А., Денисов А.Н. // Дата поступления 21 февраля 2017 г., Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 23 мая 2017 г. № 2017615760.

References

1. Terebnev V.V. Semenov A.V. Tarakanov D.V. Teoreticheskie osnovy` prinyatiya reshenij pri upravlenii silami i sredstvami na pozhare. // Pozharovzry`vobezopasnost` Izdatel'stvo: ООО Izdatel'stvo Pozhnauka. (moskva) №10 – S. 14-17.

2. Primenenie sistem podderzhki prinyatiya reshenij rukovoditelyami operativny`x podrazdelenij pri tushenii pozharov v krupny`x gorodax / Teterin I.M., Topol'skij N.G., Klimovczov V.M., Prus Yu.V. // Tekhnologii tehnosfernoj bezopasnosti. 2008. №4 (20). 21 s.

3. Prikaz MChS Rossii ot 16.10.2017 № 444 "Ob utverzhdenii Boevogo ustava podrazdelenij pozharnoj ohrany`, opredelyayushhego poryadok organizacii tusheniya pozharov i provedeniya avarijno-spasatel'ny`x rabot" (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 20.02.2018 № 50100).

4. Pis'mo MChS Rossii ot 01.03.2013 № 43-956-18 "O Metodicheskix rekomendaciyax po sostavleniyu planov i kartocek tusheniya pozharov", utverzhdenny`x 27.02.2013 № 2-4-87-1-18.

5. Metodicheskie rekomendacii po izucheniyu pozharov (utv. MChS Rossii 27.02.2013 № 2-4-87-2-18).

6. Vvedenie v teoriyu vazhnosti kriteriev v mnogokriterial'ny`x zadachax prinyatiya reshenij / Podinovskij V.V. // - M.: FIZMAT LIT, 2007. - 64 s.

7. Razrabotka sistemy` intellektual'noj podderzhki prinyatiya reshenij pri chrezvy`chajny`x situaciyax na predvaritel'noj stadii / Evgrafov I. P. // NTI. ser. 1. Org. i metodika inform. raboty` VINITI RAN.— 2007 № 9.— S. 7-12.

8. Prakticheskaya gidravlika v pozharnom dele / Tarasov-Agalakov N.A. // – M.: Izd-vo MKX RSFSR, 1959 – 188s.

9. Gidravlika i ae`rodinamika (Osnovy` mexaniki zhidkosti). / Al'tshul` A.D. Kiselev P.G. // Uchebnoe posobie dlya vuzov. Izd. 2-e, pererab. i dop. M., Strojizdat, 1975.

10. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM Raschyot NRS / Danilov M.M., Denisov A.N., Zaxarevskij V.B. // Data postupleniya 02 avgusta 2016 g., Data gosudarstvennoj registracii v Reestre programm dlya E`VM 29 sentyabrya 2016 g. № 2016661086.

11. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM Raschyot NRS(L) / Zaxarevskij V.B., Loktyuxina A.A., Denisov A.N. // Data postupleniya 21 fevralya 2017 g., Data gosudarstvennoj registracii v Reestre programm dlya E`VM 23 maya 2017 g. № 2017615760.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ ПОЖАРНОГО
ГИДРАНТА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КЛЮЧА
ПОЖАРНОЙ КОЛОНКИ**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF EXTRACTION OF WATER
FROM A FIRE HYDRANT THROUGH THE MODERNIZATION
OF THE CENTRAL FIRE KEY COLUMN**

*Харламов Р.И., Колбашов М.А., кандидат технических наук, доцент,
Топоров А.В., кандидат технических наук, доцент,
Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, Иваново*

*Kharlamov R. I., Kolbashov M.A., Toporov A.V.,
Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service
of of EMERCOM of Russia, Ivanovo*

Для решения проблем, возникающих при заборе воды из пожарного гидранта, авторским коллективом предлагается модернизировать цельнометаллический центральный ключ пожарной колонки в механизм, который посредством осевого смещения будет компенсировать недостающий диапазон сопряжения квадратной муфты и штока гидранта. При этом порядок работы и установки пожарной колонки на гидрант производится в соответствии с нормативно-технической документацией, но вероятность открытия клапанного механизма гидранта значительно увеличивается, поскольку отличительной особенностью предлагаемой конструкции центрального ключа колонки, является подпружиненное расположение квадратной муфты, что обеспечит ее эффективное сопряжение со штоком пожарного гидранта, независимо от его механического износа.

Ключевые слова: колонка пожарная, гидрант пожарный подземный, забор воды, тушение пожара, спасение людей.

In order to solve the problems arising from the water intake from the fire hydrant, the author's team proposes to upgrade the all-metal central key of the fire column into a mechanism that will compensate the missing range of coupling of the square coupling and the hydrant rod by means of axial displacement. At the same time, the order of operation and installation of the fire column on the hydrant is made in accordance with the regulatory and technical documentation, but the probability of opening the hydrant valve is significantly increased, since the distinctive feature of the proposed design of the central key of the fire column is the spring-loaded arrangement of the square coupling, which will ensure its effective coupling with the rod of the fire hydrant, regardless of its mechanical wear.

Keywords: fire column, fire hydrant, water intake, firefighting, rescue people.

Материальный ущерб от пожара зависит не только от эффективной деятельности пожарных подразделений, уровня подготовки личного состава и оснащённости техникой, но и от возможно-

сти организации бесперебойной подачи огнетушащих веществ. Обеспечение бесперебойной подачи огнетушащих веществ реализуется посредством забора воды из открытых водоисточников или из

городской водопроводной сети, находящихся в непосредственной близости от места пожара.

Данные по обстановке с пожарами, произошедшими в 2012-2016 гг. (табл. 1)

[2], показывают, что 70 % пожаров возникает в зданиях жилого назначения, в которых тушение пожаров осуществляется забором воды из пожарных гидрантов.

Таблица 1

Статистические данные о пожарах в Российской Федерации за 2012-2016 гг.

Наименование показателя	Число пожаров/ число погибших				
	2012	2013	2014	2015	2016
Всего за год, тыс. ед./чел.	169,5/12112	163,9/11752	154,5/10701	151,8/10238	146,9/9305
В зданиях жилого назначения, %	70,81/91,84	69,51/92,27	68,25/91,12	68,78/92,12	68,76/90,55
Число лесных пожаров, тыс. ед.	21,064	18,329	9,791	16,875	12,437
С/х угодья и прочие открытые территории, ед.	3128	3748	3543	3521	4078

Согласно [7], пожарный гидрант – это устройство для забора огнетушащего вещества из городской водопроводной сети с помощью колонки пожарной. Именно этот тип более всего распространен на территории России. Внешний вид гидранта в разрезе представлен на рисунке 1.

Пожарная колонка [8] – пожарное оборудование, предназначенное для открытия/закрытия клапанного механизма гидрантов и присоединения пожарных рукавов в целях забора воды из городских водопроводных сетей для нужд пожаротушения. Внешний вид пожарной колонки в разрезе представлен на рисунке 2.

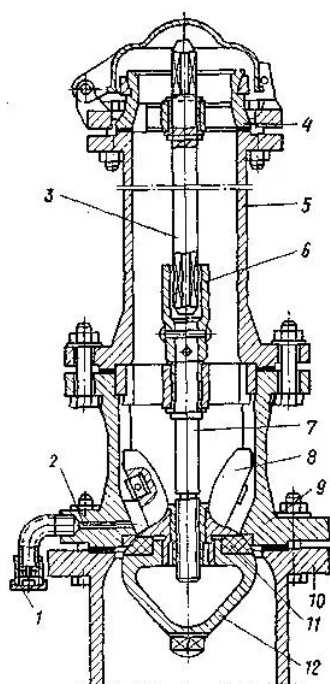


Рисунок 1. Пожарный гидрант подземный

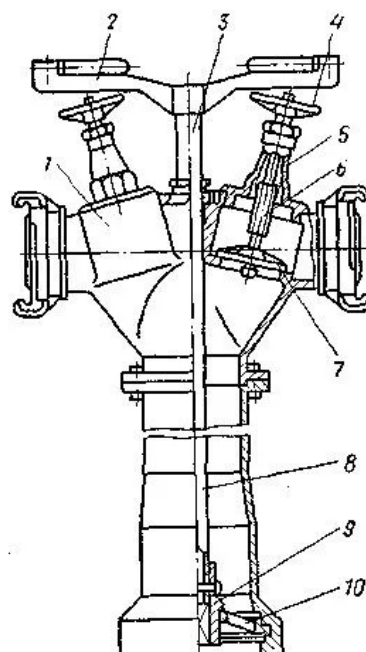


Рисунок 2. Пожарная колонка

Внутри колонки (рис. 1) расположен трубчатый шток 8 с муфтой 9, который предназначен для соединения с штоком 4 гидранта (рис. 2) при открывании/закрывании его клапанного механизма 12. Но в процессе эксплуатации штанга гидранта в результате интенсивного сопряжения с муфтой пожарной колонки подвергается механическому износу, что сопровождается ее выработкой и углублением в механизме гидранта. В резуль-

тате коррозии и механического износа муфта пожарной колонки не вступает в полноценное сопряжение со штангой гидранта, из чего следует отсутствие возможности открытия клапана гидранта с дальнейшим забором воды. На рисунке 3 показан результат износа оборудования в виде расстояния a – являющегося причиной отсутствия сопряжения элементов пожарной колонки и гидранта.

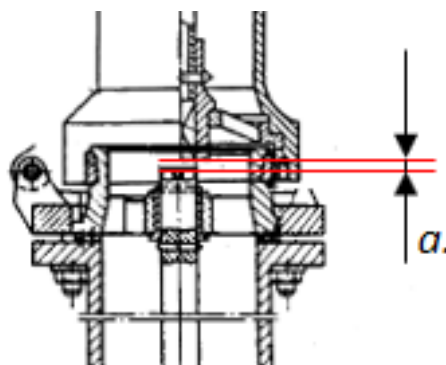


Рисунок 3. Схема сопряжения элементов пожарной колонки и гидранта

На сегодняшний день обслуживание гидрантов обеспечивается предприятием, на балансе которого они числятся. Как правило, это организации, специализирующиеся на ремонтных услугах водопроводных сетей, независимо от их принадлежности. Таким образом, обеспечивается выполнение требования [6], в котором указано, что на территориях городов и населенных пунктов должны быть источники наружного пожаротушения.

Методические указания и инструкции по содержанию и эксплуатации пожарных гидрантов разрабатываются на основании [7, 8, 9], также учитывается техническая документация, предоставляемая заводами-изготовителями.

Но несмотря на требования нормативных документов, как показывает практика, пожарные гидранты не всегда подвергаются качественному техническому обслуживанию, что в свою очередь сказывается на их работоспособности и способствует возникновению проблем, изложенных выше.

Отсутствие возможности организации бесперебойной подачи огнетуша-

щих веществ для нужд пожаротушения будет способствовать значительному материальному ущербу и человеческим жертвам.

Для решения этой проблемы, предлагается частичная модернизация элементов пожарной колонки, в результате чего любой пожарный гидрант возможно будет использовать при тушении пожаров с определенной успешной вероятностью открытия клапанного механизма.

В основе идеи предлагается модернизация центрального ключа пожарной колонки в механизм с возможностью осевого смещения, при условии сохранности вращательной функции, для обеспечения открывания клапанных механизмов пожарных гидрантов, независимо от выработки их ресурса и технических параметров.

Для того чтобы узнать, сможет ли механизм модернизированного пожарного ключа выдержать воздействующую на него нагрузку, необходимо рассчитать прочность сварного шва.

При нагружении скручивающим моментом, касательное напряжение в шве будет равно, МПа:

$$\tau = \frac{T}{0,5d \cdot (0,7k\pi \cdot d)} = \frac{2T}{0,7k\pi d^2} \leq |\tau|_{\text{ср.}}^I \quad (1)$$

где, T – крутящий момент, н/м;
 d – диаметр вала, мм; k – длина катета шва, мм; $|\tau|_{\text{ср.}}^I$ – допускаемое среднее напряжение, кг/см².

Допускаемое среднее напряжение для сварных швов при сварке встык:

$$|\tau|_{\text{ср.}}^I = 800 \text{ кг/см}^2 = 80 \text{ МПа}$$

Из этого следует:

$$\tau = \frac{2 \cdot 20}{0,7 \cdot 0,005 \cdot \pi \cdot 0,025} = 0,145 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}$$

Также необходимо рассчитать прочность шлицевого соединения на смятие, МПа:

$$\tau_{\text{см}} = \frac{2T}{d_c \cdot z \cdot h \cdot l \cdot \psi} \leq |\tau|_{\text{см.}} \quad (2)$$

где, d_c – средний диаметр шлицевого соединения, мм; z – количество шлицов; h – высота поверхности контакта шлицов, мм; ψ – коэффициент неравномерности нагрузки; $|\tau|_{\text{см.}}^I$ – допускаемое среднее напряжение, кг/см²; l – длина рабочего шлицевого соединения, мм; T – крутящий момент, н/м.

Для сталей без термической обработки предел прочности на смятие принимают:

$$|\tau|_{\text{см.}}^I = 60 \text{ МПа};$$

$$z=10;$$

$$h=3 \text{ мм};$$

$$l=20 \text{ мм};$$

$$\psi = 0,7 \div 0,8;$$

$$d_c = 16 \text{ мм};$$

$$\tau_{\text{см.}} = \frac{2 \cdot 20}{16 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 0,7} = 5,95 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа};$$

Анализ результатов прочностных расчетов говорит о том, что достигнут значительный запас по прочности относительно требований для всего механизма центрального ключа согласно [7, 8].

Компоновка элементов механизма (рис. 5) представляет собой установку металлической трубы 2 с цельнометаллическим шлицевым окончанием 3 на верхнюю часть торцевого ключа с рукоятками для вращения 1. Нижняя часть торцевого ключа представляет из себя металлическую втулку со шлицами внутри 3, соизмеренными со шлицами элемента 2, с целью дальнейшего сопряжения для передачи крутящего момента с возможно-

стью одновременного возвратно-поступательного движения вдоль оси центрального ключа. Пружина 5, расположенная внутри металлической трубы 4, обеспечивает постоянное упругое положение квадратного штока 7 с вылетом 4-5 см относительно основания пожарной колонки. При этом квадратный четырехгранный шток выполнен в виде сдвоенной компоновки на 22 и 24 мм для сопряжения с штоками гидрантов устаревшего и современного образца. Проставочная втулка 6 предназначена для обеспечения жесткости пружины в процессе эксплуатации.

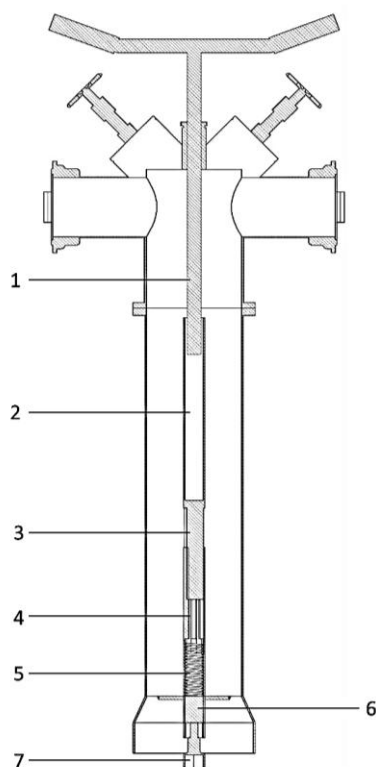


Рисунок 5. Схема компоновки механизма центрального ключа

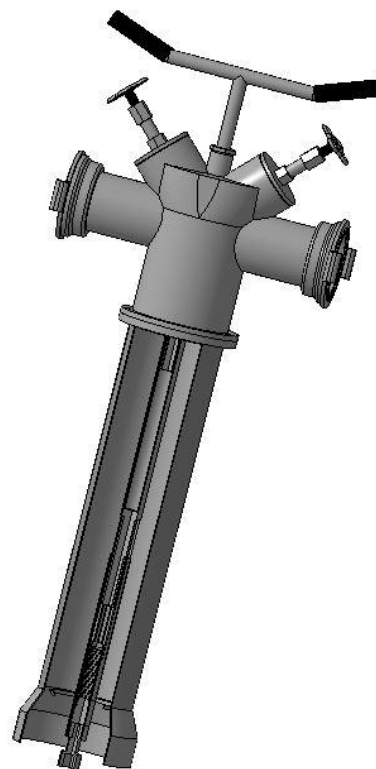


Рисунок 6. Трехмерная модель модернизированной пожарной колонки

На рис. 6 представлена трехмерная модель пожарной колонки с модернизированным центральным ключом.

Порядок работы и установки пожарной колонки на гидрант производится в соответствии с нормативно-технической документацией. При этом вероятность открытия клапана гидранта значительно увеличивается, поскольку отличительной особенностью предлагаемой конструкции центрального ключа пожарной колонки является подпружиненное расположение квадратной муфты, что обеспечит ее эффективное сопряжение с штоком пожарного гидранта, независимо от его механического износа. В случае если механизм пожарного гидранта исправен и его шток находится в работоспособном состоянии, то посредством пружины и шлицевого соединения квадратная муфта адаптируется под шток пожарного гидранта необходимым вылетом для полноценного контакта, тем самым позволяет беспрепятственно произвести установку пожарной колонки с дальнейшим открытием клапана гидранта.

Выводы

В работе представлены причины отсутствия возможности забора воды из пожарного гидранта с помощью пожарной колонки, проведен анализ причин износа элементов сопряжения данного оборудования, изучена нормативно-техническая база по содержанию и требованиям к оборудованию для забора воды из городской водопроводной сети. Предложено техническое решение по модернизации конструктивных элементов пожарной колонки.

Имеется положительное решение Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) о выдаче патента на полезную модель № 2018128964/05 (046584) «Колонка пожарная».

Предлагаемая конструкция центрального ключа пожарной колонки в значительной мере повысит вероятность эффективного использования пожарных гидрантов при заборе огнетушащих веществ для нужд пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ. Ма-

териальные затраты, необходимые на разработку колонки пожарной универсальной не соизмеримы с потенциальными человеческими жертвами и материальном ущербе от возможных пожаров. Колонка пожарная универсальная будет востребованной во всех пожарно-

спасательных подразделениях ФПС ГПС, осуществляющих свою деятельность непосредственно в сфере пожаротушения, в профилактической деятельности, а также в образовательных организациях высшего образования МЧС России.

Литература

1. Наумов А.В. Организация тушения пожаров и проведение аварийно-спасательных работ в зданиях повышенной этажности. Иваново, 2010.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2016 г. Статистика пожаров и их последствий. Статистический сборник. М., 2016. URL: <http://wiki-fire.org/GetFile.aspx?File=%2fСтатистические%сборники%2fsbornik2016.pdf> (дата обращения: 04.09.2017).
3. Карев Н.С., Пучков П.В. Коррозионные разрушения машин и механизмов // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», Иваново, 14 апреля 2016 г.
4. Ермакова К.Н., Кузнецова А.В., Киселев В.В. Анализ основных причин износа деталей пожарных автомобилей // Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов». Иваново, 2017. С. 80–84.
5. Крагельский И.В. Новые аспекты науки о трении и износе. Киев: Книга, 1973.
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон от 03.08.18 № 123 (ред. от 29.07.2017).
7. ГОСТ Р 53961-2011 Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт российской федерации. М., 2011. С. 13
8. ГОСТ Р 53250-2009 Техника пожарная. Колонка пожарная. Технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт российской федерации. М.: Стандартинформ, 2009. С. 13
9. СП 8.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности (с изменением №1) утвержденное и введенное в действие с 01.02.2011 Приказом МЧС России от 09.12.2010 № 640.

References

1. Naumov A.V. Organizaciya tusheniya pozharov i provedenie avarijno-spasatel'ny`x rabot v zdaniyax povыshennoj e`tazhnosti: uchebnoe posobie. Ivanovo: OONI IvI GPS MChS Rossii, 2010.
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost` v 2016 g. Statistika pozharov i ix posledstvij. Statisticheskij sbornik: M.: FGBU VNIPO MChS Rossii, 2016. URL: <http://wiki-fire.org/GetFile.aspx?File=%2fStatisticheskie%sborniki%2fsbornik2016.pdf> (data obrashheniya: 04.09.2017).
3. Karev N. S., Puchkov P. V. Korrozionny`e razrusheniya mashin i mexanizmov. Sbornik materialov VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nadezhnost` i dolgovechnost` mashin i mexanizmov», Ivanovo, 14 aprelya 2016 g.
4. Ermakova K. N., Kuzneczova A. V., Kiselev V. V. Analiz osnovny`x prichin iznosa detalej pozharny`x avtomobilej // Sbornik materialov VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nadezhnost` i dolgovechnost` mashin i mexanizmov». Ivanovo, 2017. S. 80–84.
5. Kragel'skij I.V. Novy`e aspekty` nauki o trenii i iznose. Kiev: Kniga, 1973.
6. «Texnicheskij reglament o trebovaniyax pozharnoj bezopasnosti» ot 03.08.18 № 123-FZ (red. ot 29.07.2017).
7. GOST R 53961-2011 Texnika pozharnaya. Gidranty` pozharny`e podzemny`e. Texnicheskie trebovaniya. Metody` ispy`tanij. Nacional`ny`j standart rossijskoj federacii. M.: Standartinform, 2011. S. 13
8. GOST R 53250-2009 Texnika pozharnaya. Kolonka pozharnaya. Texnicheskie trebovaniya. Metody` ispy`tanij. Nacional`ny`j standart rossijskoj federacii. M.: Standartinform, 2009. S. 13
9. SP 8.13130.2009 Sistemy` protivopozharnoj zashhity`. Istochniki naruzhnogo protivopozharnogo vodosnabzheniya. Trebovaniya pozharnoj bezopasnosti (s izmeneniem №1) utverzhdennoe i vvedennoe v dejstvie s 01.02.2011 Priказom MChS Rossii ot 09.12.2010 N 640.

УДК 004.942:614.841

sergey-subachev@yandex.ru

**АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЛИЯНИЯ ВЕТРА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПОЖАРА
ПРОЛИВА ГОРЮЧЕЙ ЖИДКОСТИ**

**ALGORITHM FOR AUTOMATIC DETERMINATION
OF THE INFLUENCE OF WIND WHEN ESTIMATING
THE HEAT FLOW OF A FIRE OF FLAMMABLE FLUID**

*Карькин И.Н., кандидат физико-математических наук,
Контарь Н.А., Pyrosim.ru, Екатеринбург,
Субачев С.В., кандидат технических наук, доцент,
Субачева А.А., кандидат педагогических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Kar'kin I.N., Kontar N.A.,
Pyrosim.ru, Yekaterinburg,
Subachev S.V., Subacheva A.A.,
Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе представлен алгоритм, позволяющий в процессе проведения расчетов пожарного риска на производственных объектах с горючими жидкостями при анализе теплового потока пожара пролива автоматически определять, находится ли рассматриваемая точка с подветренной стороны от пламени пожара, при произвольной форме площади пролива. Алгоритм реализован в компьютерной программе PromRisk, предназначенной для расчета пожарных рисков на производственных объектах.

Ключевые слова: моделирование пожаров, расчет пожарного риска, пожарная опасность производственных объектов.

The paper presents an algorithm that allows the process of making fire risk calculations at industrial facilities with flammable liquids when analyzing the heat flow of a spill fire to determine whether the point in question is on the leeward side of the fire flame, with an arbitrary shape of the spill area. The algorithm is implemented in the computer program "PromRisk", designed to calculate fire risks at industrial facilities.

Keywords: modeling of fires, calculation of fire risk, fire hazard of industrial facilities.

Согласно методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [1, 2] для определения плотности падающего теплового потока в определенной точке территории объекта или селитебной зоне вблизи объекта при пожаре пролива горючей жидкости необходимо учитывать, располагается ли данная точка в 90° секторе в направлении наклона пламени. Для этих точек величина теплового потока определяется с учетом силы ветра, которая

влияет на угол наклона пламени в сторону облучаемого объекта, коэффициент облученности и собственно результирующую величину теплового потока. Для площадок (точек), расположенных вне указанного сектора, а также в случаях отсутствия ветра факторы облученности площадок рассчитываются, принимая угол наклона пламени равным нулю.

При этом методикой не уточняется как именно проверять это условие в случаях горения на значительной площади,

на площади неправильной формы в плане, а метод, описанный в существующей редакции по сути применим лишь для

очагов пожара, имеющих точечный характер, например, при горении вертикального факела газа (рисунок 1).

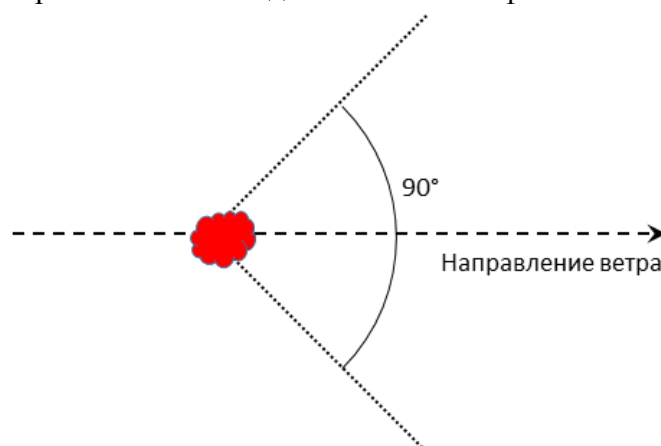


Рисунок 1. Сектор, внутри которого при анализе теплового потока учитывается наличие ветра

Недостаток указанного метода заключается в том, что при горении, происходящем на значительной площади, определение, находится ли рассматриваемая точка с подветренной от пламени стороны, может происходить неверно. Это можно показать на примере пожара пролива, ограниченного обвалованием прямоугольной формы. Если 90° сектор построить из геометрического центра пролива, то точка, указанная на рисунке 2, согласно указанному методу, находится вне этого сектора, и для нее учитывать

наличие ветра не нужно. Однако на самом деле эта точка находится в непосредственной близости от края пролива, и пламя пожара под действием ветра наклоняется в ее сторону, наличие ветра должно учитываться. Чем больше отношение сторон обвалования (чем более вытянутую форму оно имеет), тем больше доля точек, для которых величина теплового потока будет определена неверно, и тем больше величина ошибки при расчете величин пожарного риска.

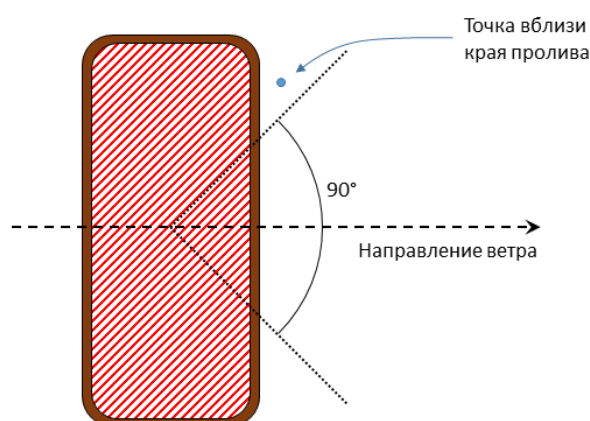


Рисунок 2. К вопросу об определении влияния ветра при горении пролива прямоугольной формы

Предлагаемый алгоритм реализован в программе PromRisk, он позволяет корректно решать эту задачу при любой

форме площади пожара. Суть алгоритма состоит в следующем (рисунок 3).

От каждой вершины многоуголь-

ника, которым представлена площадь пролива, строятся два луча: один – левее от направления ветра (угол луча на 45° больше угла направления ветра), второй – правее (угол луча на 45° меньше угла направления ветра). Затем для каждой из вершин многоугольника проверяются два условия: 1) находится ли рассматриваемая точка правее левого луча, и 2) нахо-

дится ли рассматриваемая точка левее правого луча (но не более чем в 135° , иначе данная точка находится с наветренной стороны). Перебор вершин прерывается, если выполнится условие, что рассматриваемая точка одновременно правее левого луча любой из вершин и левее правого луча любой из вершин.

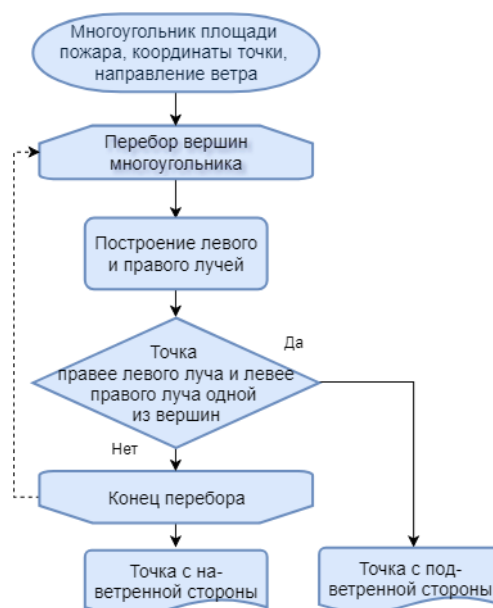


Рисунок 3. Предлагаемый алгоритм

Для случая, показанного на рисунке 2, такой алгоритм вернет положительный результат, так как рассматриваемая точка (рисунок 4) находится правее лево-

го луча вершин №№ 2, 3 и левее правого луча вершин №№ 1, 4 (перебор вершин прервется после второй вершины).

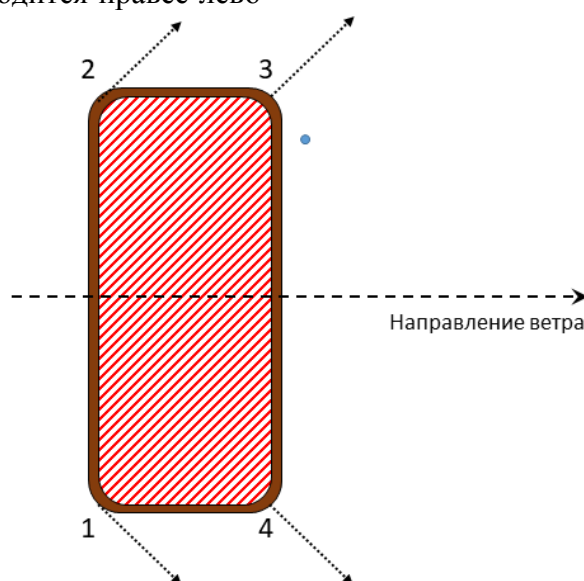


Рисунок 4. Проверка условия для вершин многоугольника

Общее поле точек, рассматриваемых как точки, расположенные с подветренной от пламени стороны, схематично показано на рисунке 5, а на рисунке 6 –

отображаемое программой PromRisk (при различных направлениях ветра и формах пролива).

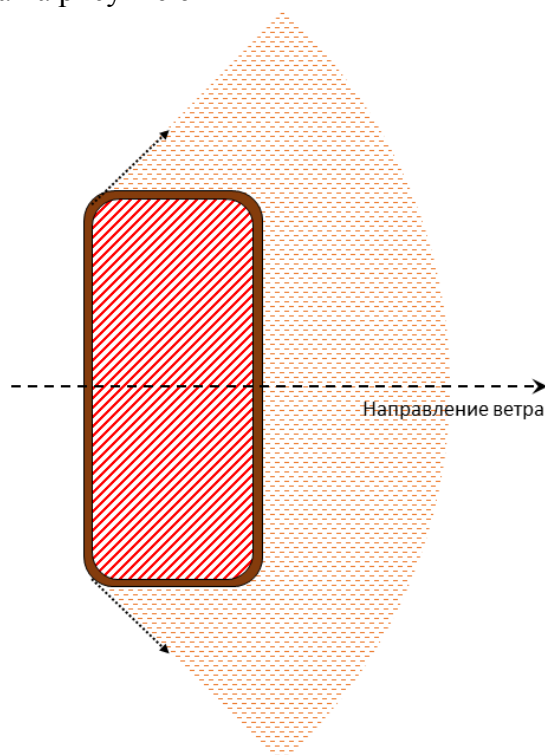


Рисунок 5. Результирующее поле точек

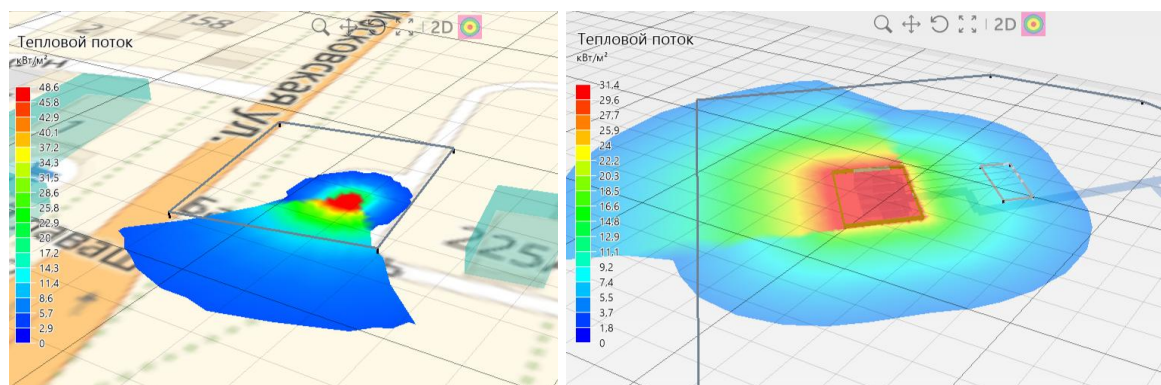


Рисунок 6. Поле величин теплового потока, определяемое программой PromRisk при различных направлениях ветра и формах пролива

Листинг функции, реализующей описанный алгоритм, приведен на рисунке 7.

Расчет теплового потока производится для каждой точки территории объекта, для каждого вида разгерметизации (при различных разгерметизациях и разрушении оборудования форма площади пролива отличается [3]), каждой единицы

технологического оборудования, для каждого из направлений и силы ветра. Таким образом, вышеприведенная функция определения влияния ветра в процессе расчета риска на производственном объекте вызывается тысячи раз, поэтому важно, чтобы программная реализация метода была нетребовательна к вычислительным ресурсам.

```

public static bool IsPointByWind(Polygon2D polygon, Point2D testPoint, EWindDirection ewind)
{
    double From_min180_to_plus180(double a)
    {
        if (a <= -180)
            a += 360;
        else if (a > 180)
            a -= 360;
        return a;
    }

    int windAngle = (int)ewind; //направление ветра в формате -180..180

    bool isInRightSideFromLeftEdge = false;
    bool isInLeftSideFromRightEdge = false;
    foreach (var p in polygon.Points)
    {
        Vector2D v = new Vector2D(p, testPoint);
        double angle = Utility.RadToDeg(v.Angle);
        angle = From_min180_to_plus180(angle);
        double deltaToLeft = From_min180_to_plus180(From_min180_to_plus180(windAngle + 45) - angle);
        if (0 <= deltaToLeft && deltaToLeft <= 135)
            isInRightSideFromLeftEdge = true;
        double deltaToRight = From_min180_to_plus180(angle - From_min180_to_plus180(windAngle - 45));
        if (0 <= deltaToRight && deltaToRight <= 135)
            isInLeftSideFromRightEdge = true;
        if (isInRightSideFromLeftEdge && isInLeftSideFromRightEdge)
            return true;
    }
    return false;
}

```

Рисунок 7. Реализация алгоритма на языке C#

Литература

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404, с изм.).
2. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко и др. М.: ВНИИПО, 2012. 242 с.
3. Карькин И.Н., Контарь Н.А., Субачев С.В., Субачева А.А. Имитационная модель аварийного пролива горючих жидкостей на производственных объектах // Техносферная безопасность. 2018. №3 (20). URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.

References

1. Metodika opredeleniya raschetnykh velichin pozhnogo riska na proizvodstvennykh ob"ektax (utv. prikazom MChS Rossii ot 10.07.2009 g. № 404, s izm.).
2. Posobie po opredeleniyu raschetnykh velichin pozhnogo riska dlya proizvodstvennykh ob"ektov / D.M. Gordienko i dr. – M.: VNIPO, 2012. – 242 s.
3. Kar'kin I.N., Kontar' N.A., Subachev S.V., Subacheva A.A. Imitacionnaya model' avarijnogo proliva goryuchih zhidkostej na proizvodstvennykh ob"ektah // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018. – №3 (20). – ISSN 2311-3286. – <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУШЕНИЯ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПЫЛЕННЫХ СТРУЙ

THE EFFICIENCY OF EXTINGUISHING FLAMMABLE LIQUIDS WITH THE USE OF JETS SPUTTERED

*Бараковских С.А., кандидат технических наук,
Карама Е.А., кандидат педагогических наук,
Карпузинов А.А., Дьяков М.В., Тикина И.В., Ставрениди С.Ю.,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Barakovskiyh S.A., Karama E.A., Karapuzikov A.A.,
Dyakov M.V., Tikina I.V., Stavrinidi S.U.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Успешное тушение пожаров горючих жидкостей достигается путем правильно подобранного огнетушащего вещества и способа его подачи в очаг возгорания. На сегодняшний день самым востребованным способом борьбы с пламенем при тушении горючих жидкостей является пена низкой и средней кратности. Эффективность тушения пеной заключается в поддержании на поверхности горючей жидкости плотного слоя пены, ввиду ее быстрого разрушения при контакте с горючей жидкостью, для успешного прекращения процесса горения. Это является причиной привлечения большего количества сил и средств, для проведения пенной атаки. Вода же является наиболее широко применяемым средством тушения пожаров, связанных с горением различных веществ и материалов. При отсутствии возможности организации пенного пожаротушения при тушении горючих жидкостей допускается применение распыленной воды.

Для определения наибольшей эффективности процесса пожаротушения распыленной водой в статье описан ряд экспериментов по тушению пожара от стволов различной модификации. Анализ полученных данных свидетельствует, что наиболее оптимальным средством тушения горючих жидкостей является использование в качестве огнетушащего вещества воды в виде распыленной струи, подаваемой с помощью пожарного ручного комбинированного ствола РСК-50.

Ключевые слова: горючая жидкость, распыленная струя, огнетушащее средство, эффективность тушения.

Successful extinguishing of fires of combustible liquids is achieved by properly selected extinguishing agent and the method of its supply to the source of ignition. To date, the most popular way to combat flame in extinguishing combustible liquids is low and medium expansion foam. The effectiveness of the extinguishing foam is to maintain on the surface of the combustible liquid dense layer of foam in view of its rapid destruction upon contact with the combustible liquid for a successful termination of the combustion process. This entails the involvement of a large number of forces and means for carrying out foam attacks. Water is the most widely used means of extinguishing fires associated with the burning of various substances and materials. In the absence of the possibility of organizing a fire fighting foam for extinguishing combustible liquids permitted the use of sprayed water. To determine the maximum

efficiency of the process of fire extinguishing with sprayed water in the work carried out a number of experiments to extinguish the fire from the trunks of various modifications. The analysis of the obtained data shows that the most optimal means of extinguishing combustible liquid is the use of water as a fire extinguishing agent in the form of a sprayed jet supplied by a fire manual combined trunk RSK-50.

Keywords: combustible liquid, spray jet, fire extinguishing agent, extinguishing efficiency

Отличительной особенностью горючих и легковоспламеняющихся жидкостей (далее – ГЖ, ЛВЖ) является их способность гореть самостоятельно. В свою очередь эффективность процесса пожаротушения оценивается показателем эффективности тушения – величиной, характеризующей качество работы комплекса «огнетушащее вещество – способ подачи».

Шароварников А.Ф. в своих трудах описывает механизм прекращения горения горючих жидкостей тонкораспыленной струей воды, за счет понижения температуры в зоне горения[1].

В таблице 1 приведен обзор огнетушащих веществ с учетом способа подачи в очаг горения и возможности применения при тушении ГЖ.

Таблица 1
Обзор огнетушащих веществ

№ п/п	Вид огнетушащего вещества	Способ подачи	Возможность применения	Недостатки
1	Огнетушащие средства химического торможения	Специальные приборы подачи	Тушение нефтепродукта (ЛВЖ, ГЖ)	Тушение малых объемов. Токсичность
2	Газоводяные струи	Автомобили газоводяного тушения (АГВТ)	Тушение струйного факела нефтепродукта (ЛВЖ, ГЖ)	Ограниченное применение внутри здания. Нельзя тушить розлив
3	Вода	Ручные и лафетные стволы	Применение для смыва ГЖ, охлаждение оборудования, тушение факела при истечении	Увеличение площади пожара
	компактные струи		Тушение пролива нефтепродукта, охлаждение, экранирование	Испарение при малом расходе
4	Воздушно-механическая пена	Пеногенераторы	Тушение нефтепродукта (ЛВЖ, ГЖ)	Разрушение в результате теплового воздействия факела пламени и от контактного взаимодействия с горючей жидкостью
5	Разбавляющие огнетушащие вещества	Ручные и лафетные стволы	Тушение нефтепродукта (ЛВЖ, ГЖ)	Малая площадь тушения пролива нефтепродукта
6	Газовое и аэро-	С использованием	Тушение нефте-	Тушение в ограни-

	зольное тушение	АУПТ	продукта (ЛВЖ, ГЖ), твердые горючие вещества	ценных объемах
7	Порошковые составы	С использованием автомобилей порошкового тушения	Тушение нефтепродукта (ЛВЖ, ГЖ), твердые горючие вещества	Невозможно одновременное тушение и защита оборудования (взаимодействие с водой)

Из проведенного обзора огнетушащих веществ можно сделать вывод, что наиболее доступным и эффективным при тушении ГЖ являются распыленная вода и воздушно-механическая пена низкой и средней кратности ввиду их доступности и низкой себестоимости.

При тушении пеной необходимо поддерживать на поверхности ГЖ плотный слой пены ввиду ее быстрого разрушения при контакте с ГЖ. Это влечет за собой привлечение большого количества сил и средств для проведения пенной атаки.

Вода же является наиболее широко применяемым средством тушения пожаров, связанных с горением различных веществ и материалов. Достоинствами воды являются ее дешевизна и доступность, относительно высокая удельная теплоемкость, высокая скрытая теплота испарения, химическая инертность по отношению к большинству веществ и материалов.

В табл. 2 приведены огнетушащие средства на основе воды [2].

Таблица 2
Огнетушащие средства на основе воды

Название огнетушащего вещества	Полное название огнетушащего средства	Область применения
Вода-компактные струи	Вода-компактные струи	Тушение твёрдых горючих веществ и материалов для создания водяных завес и охлаждения объектов, находящихся вблизи очага пожара
Распылённая вода	Распылённая вода, размер капель более 100 мкм	Тушение твёрдых горючих веществ и материалов, тяжёлых нефтепродуктов
Тонкораспылённая вода	Тонкораспылённая вода, размер капель менее 100 мкм	Тушение твёрдых горючих веществ и материалов, горючих жидкостей
Вода со смачивателями	Вода в виде компактной струи, распылённая или тонкораспылённая	Тушение твёрдых пористых плохо смачивающихся материалов

Из данных таблицы 2 следует, что в настоящее время при тушении пожаров используются два способа подачи воды – в виде компактных и распыленных струй. Компактная струя из пожарного ствола представляет собой сплошной поток во-

ды, имеющий высокую скорость. Эти струи имеют большой запас энергии и обладают определенной ударной силой, позволяющей срывать пламя. При этом большая масса воды воздействует на малую площадь. В этом достоинство и од-

новременно недостаток компактных струй. Большой запас энергии позволяет подавать воду на большие расстояния, а сравнительно малая площадь воздействия снижает коэффициент использования.

Распыленная струя – это поток воды, состоящий из отдельных капель. Такие струи обладают небольшой энергией и дальностью полета. Однако единица массы распыленной воды орошает большую площадь, чем такое же количество компактной. Кроме того, распыленная струя может активно воздействовать непосредственно на зону горения.

Требования руководства по тушению ГЖ [3], рекомендации, изложенные в справочнике руководителя тушения пожара [4], содержат информацию о том, что тушение ГЖ следует производить распылённой струей воды, с интенсивностью подачи $0,2 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Безусловно, наиболее эффективным огнетушащим веществом при тушении ГЖ является пена, но ввиду особенностей ее подачи и стоимости альтернативой по-прежнему остается применение распыленной воды.

Для определения эффективности процесса пожаротушения распыленной водой проведен ряд экспериментов по тушению пожара от стволов различной модификации:

- Ствол пожарный ручной комбинированный РСК-50.
- Ствол пожарный ручной универсальный комбинированный с переменным расходом ИТС-50-8.
- Ствол пожарный лафетный ЛС-П20У.

Эффективность процесса пожаротушения оценивалась показателем эффективности тушения – величиной, характеризующей качество работы комплекса «огнетушащее вещество – способ подачи».

Для проведения экспериментальной части исследования использовался модельный очаг пожара, представляющий собой противень, изготовленный из листовой стали диаметром 3 м с высотой бортов 20 см.

В качестве горючей жидкости применялся мазут топочный М-100, 1,50% малозольный, 25°C

Для имитации разлива мазута производилось заполнение модельного очага по всей площади мазутом в количестве 50 л.

Модельный очаг пожара (металлический противень) был установлен на металлическую конструкцию высотой 60 см от уровня поверхности земли. Для нагрева мазута по всей площади под металлический противень устанавливались очаги в количестве пяти штук.

Расчет показателя эффективности тушения производился с использованием значений фактической интенсивности подачи и удельным расходом воды. Расчеты производились по формулам (1)-(3).

Фактическая интенсивность подачи воды $[л/(\text{м}^2 \cdot \text{с})]$:

$$J = \frac{q}{S_{\text{п}}}, \quad (1)$$

где q – расход ствола $[л/с]$; $S_{\text{п}}$ – площадь пожара $[м^2]$.

Удельный расход воды за всё время тушения $[л/м^2]$:

$$q_{\text{уд}} = J \tau_t, \quad (2)$$

где J – фактическая интенсивность подачи $[л/(\text{м}^2 \cdot \text{с})]$; τ_t – время тушения $[с]$.

Показатель эффективности тушения $[м^2/л \cdot \text{с}]$:

$$P_{\text{э.т.}} = \frac{1}{J \tau_t^2}, \quad (3)$$

для стволов различной модификации.

В таблице 3 указаны расчетные значения для стволов различной модификации

Таблица 3

Характеристические значения стволов различной модификации

Характеристики	РСК-50	ИТС-50-8	ЛС-П20У
Площадь пожара, м ²	7,2		
Расход ствола, л/с	2,0	3,7	20,0
Фактическая интенсивность подачи, л/(м ² · с)	0,277	0,513	2,777
Время тушения, с	18,17	23,67	11,67
Удельный расход воды, л/м ²	5,03	12,16	32,40
Показатель эффективности тушения, м ² /л · с	0,010	0,0034	0,0026

На рисунке приведена зависимость эффективности тушения водой от расхода для стволов различной модификации.

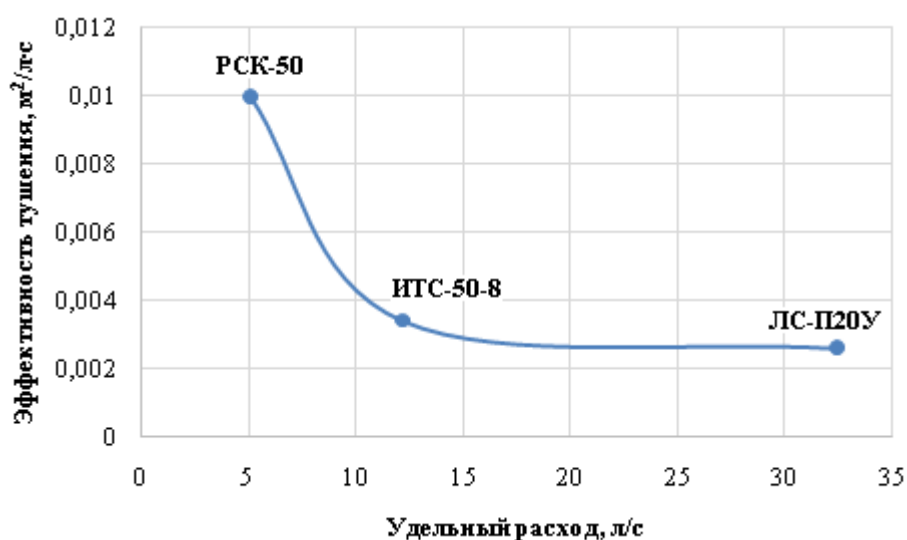


Рисунок. Зависимость эффективности тушения водой от расхода для стволов различной модификации

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в соответствии с определением показателя эффективности тушения, при смоделированной площади пожара 7,2 м², наиболее оптимальным является тушение распылённой струей от пожарного ручного комбиниро-

ванного ствола РСК-50, в связи с тем, что при меньшем удельном расходе огнетушащего вещества, эффективность тушения является максимальной в отличие от приборов подачи огнетушащих веществ ИТС-50-8 и ЛС-П20У.

Литература

1. Шароварников А.Ф., Корольченко Д.А. Тушение горючих жидкостей распыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 11. С. 70-74.
2. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2 ч. М., 2004. Ч. I. 713 с.
3. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ГУГПС-ВНИИПО-МИПБ, 1999. 48 с.
4. Иванников В.П., Клюс П.П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987. 288 с.

References

1. SHarovarnikov A.F., Korol'chenko D.A. Tushenie goryuchih zhidkostej raspylennoj vodoj // Pozharovzryvobezopasnost'.2013.T.22. №11.S. 70-74.
2. Korol'chenko A. YA., Korol'chenko D. A. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya: spravochnik: v 2 ch. — 2-e izd., pererab.i dop. M.: Pozhnauka. 2004. CH. I. 713 s.
3. Rukovodstvo po tusheniyu nefi i nefteproduktov v rezervuarah i rezervuarnyh parkah. M.: GUGPS-VNIPO-MIPB, 1999.48 s.
4. Ivannikov V. P., Klyus P.P. Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara.- M.: Strojizdat, 1987. 288 s.

УДК 614.849

kgn@edufire37.ru

**РИСКОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕРОК
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ****RISKOGENNY FACTORS OF PLANNING OF CHECKS
IN THE FIELD OF FIRE SAFETY**

*Лазарев А.А., кандидат педагогических наук,
Булгаков В.В., кандидат технических наук, доцент,
Главное управление МЧС России
по Ивановской области,
Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, Иваново*

*Lazarev A.A., Bulgakov V. V.,
Head department of EMERCOM of Russia
across the Ivanovo region,
Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service
of EMERCOM of Russia, Ivanovo*

В данной статье рассматриваются аспекты формирования плана проверок в области пожарной безопасности на предстоящий год. С целью совершенствования данной деятельности авторами проведен анализ литературы, медийных данных, опыта надзорно-профилактической деятельности инспекторского состава, статистических данных. По итогам данного анализа было осуществлено ранжирование рискогенных факторов планирования проверок в указанной области и выделены 3 уровня. Также было выделено десять рискогенных факторов планирования проверок в данной области, в том числе: нагрузка по плановым проверкам, приходящимся на одного инспектора в связи с окончанием «надзорных каникул»; количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку объекта различных категорий риска; количество рабочего времени, затрачиваемых на проверку качества планирования одного объекта подчиненным личным составом; частота проведения мероприятий по подготовке инспекторского состава к проверкам в целях повышения их качества (результативности); частота планирования объекта, который никогда федеральным государственным пожарным надзором не проверялся; количество плановых проверок, приходящихся на одного инспектора в месяц; необходимость предусматривать резерв времени при планировании проверок для выполнения внезапно возникающих поручений. Проведена экспертная оценка риска планирования указанных проверок и подготовлены соответствующие предложения.

Ключевые слова: пожарная безопасность, планирование проверок, надзор.

In this article aspects of formation of the plan of checks in the field of fire safety the forthcoming year are considered. For the purpose of improvement of this activity by authors the analysis of literature, media data, experience of supervising and preventive activity of inspection structure, statistical data is carried out. Following the results of this analysis ranging of riskogenny factors of planning of checks in the specified area was carried out and 3 levels are allocated. Also ten riskogenny factors of planning of checks in the field were allocated, including: loading on the planned inspections fall-

ing on one inspector in connection with the termination of "supervising vacation"; number of the working days spent for planned inspection of object of various categories of risk; quantity of working hours, one object spent for quality check of planning by the subordinated staff; frequency of carrying out actions for preparation of inspection structure for checks for increase of their quality (productivity); frequency of planning of object which was never checked by federal state fire supervision; number of the planned inspections falling on one inspector in a month; need to provide time reserve when planning checks for performance of suddenly arising instructions. The expert assessment of risk of planning of the specified checks is carried out and the relevant proposals are prepared.

Keywords: fire safety, planning of checks, supervision.

Качественное формирование плана проверок объектов на предстоящий год является актуальной задачей для каждого подразделения надзорной деятельности. Здесь важна не только пунктуальность в заполнении соответствующих форм, но и выявление объектов более высокой категории риска с последующим планированием в сроки, жестко регламентированные Правительством РФ [1, 2].

Актуальность данного процесса для организации плановых проверок в области пожарной безопасности (далее – ПБ) обусловлена тем, что объекты высокого риска проверяются один раз в три года, значительного риска – один раз в четыре года. При этом указанный срок должен истекать на момент проведения проверки в предстоящем году. Особый риск для должностного лица, осуществляющего планирование, представляет пропуск указанного срока [3]. Это может привести как к дисциплинарной, так и к уголовной ответственности данного сотрудника в случае возникновения в результате пожара негативных последствий на объекте надзора, проверка которого не была в установленном порядке спланирована.

В настоящее время представления о плане проверок в области ПБ на год находятся в точке перехода от утвердившегося в последние годы классического варианта к некоторому формирующемуся, новому подходу. Это состояние перехода характеризуется кризисом классического представления об идеале рассматриваемого плана во всех его формах и модифи-

кациях, критике принципиальных подходов к его составлению, а также в выдвижении альтернативных оснований для его формирования и создания соответствующих эталонов планирования.

В качестве основоположного фактора данных изменений выступает историческая ситуация, которая и предписывает идти по пути плюрализации форм планов, экстернализации в процессах подготовки инспекторского состава, ужесточения надзора в области ПБ. Эти тенденции не только разрушают устоявшийся порядок планирования проверок, но и содержат в себе решение проблемы рассмотрения реальности надзора в контексте общечеловеческих ценностей. На основании этих тенденций шаблоны снижения количества плановых проверок представителей бизнеса лишаются своей особенной самоцели-ценности, и в более значимой степени планирование таких проверок рассматривается как средство обеспечения потребности ПБ.

Оттесняя антипроверочную обоснованность, планирование проверок имеет способность решать проблемы низкой самодисциплинированности правообладателей. Это обуславливает и ведущая ценность нового, формирующегося идеала плана. При этом происходит отказ от редуccionизма в методологии, замещаемого на понимание необходимости разных стандартов планирования проверок, что в большей степени соответствует учету особенностей надзора в области ПБ. Общественное мнение становится

более терпимым к проверочным мероприятиям в области ПБ.

Об относительном завершении очередного этапа поиска нового идеального плана можно будет сказать лишь после воплощения в конкретном документе (акте) вышеуказанных методологических идей и тенденций.

В целях сбора первичной информации для идентификации возможных рисков, связанных с планированием проверок в области ПБ, были проанализированы различные источники: нормативные правовые акты [1, 3], специальная литература, медийные данные, опыт и надзорной и профилактической деятельности инспекторского состава [2, 4-8], статистические данные. Итак, итоги работы в 2017 году показывают, что количество проведённых плановых проверок снижено с 114 158 в 2016 году до 78 058 проверок в 2017 году, то есть на 32 %. При этом сокращено было и количество внеплановых проверок с 131 972 в 2016 году до 98 038 проверок в 2017 году. Количество запланированных проверок на 2018 год снижено на 9,5 % по сравнению с прошлым годом (2018 год – 73 002 проверок, 2017 год – 80716 проверок).

По итогам данного анализа было осуществлено ранжирование рискоген-

ных факторов планирования проверок в области ПБ следующим образом:

1 уровень – отсутствие возможности запланировать проверку в виду отсутствия сведений об объекте защиты;

2 уровень – отсутствие возможности запланировать проверку всех лиц, осуществляющих деятельность на объекте защиты в виду частичного отсутствия необходимых о них сведений;

3 уровень – отсутствие физической возможности проведения большого количества проверок одновременно.

На рисунке представлены факторы воздействующих рисков данных уровней, а также меры по снижению воздействия соответствующих рисков.

На указанном рисунке представлен ряд мер по снижению воздействия рисков планирования. Отметим, что снижение категории риска объекта возможно только при наличии соответствующих оснований [2]. Взаимодействие с органами прокуратуры осуществляется в различных форматах: совещаний, круглых столов, семинаров. Проведение профессиональной подготовки инспекторского состава подразумевает проведение не только теоретических, но и практических занятий по формированию плана.

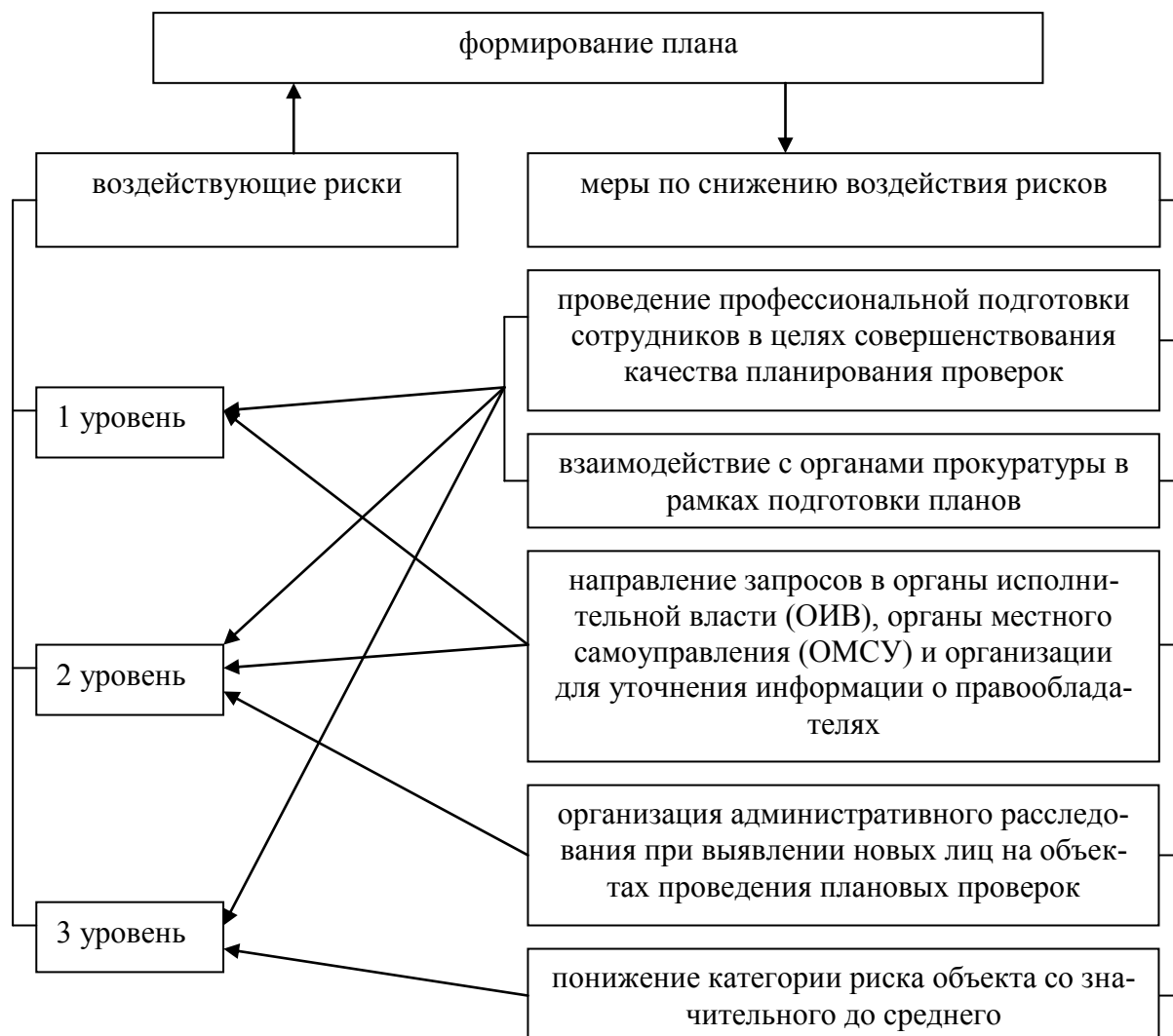


Рисунок. Факторы рисков планирования и меры по их снижению

По результатам обработки первичной информации пронумерованы рисковенные факторы планирования проверок в области ПБ. Им присвоены следующие номера:

1. Нагрузка по плановым проверкам, приходящимся на 1 инспектора в связи с окончанием «надзорных каникул».
2. Количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта высокого риска.
3. Количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта значительного риска.
4. Количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта среднего риска.

5. Количество рабочих дней, затрачиваемых на плановую проверку ПБ объекта умеренного риска.

6. Количество рабочего времени, затрачиваемых на проверку качества планирования 1 объекта (в области ПБ) подчиненным личным составом.

7. Частота проведения мероприятий по подготовке инспекторского состава к проверкам в целях повышения их качества (результативности).

8. Частота планирования объекта, который никогда в области ПБ не проверялся.

9. Количество плановых проверок, приходящихся на 1 инспектора в месяц.

10. Необходимость предусматривать резерв времени при планировании проверок для выполнения внезапно возникающих поручений.

Далее аналитическим путем проводилась экспертная оценка выявленных факторов посредством анкетирования. Результаты анкетирования представлены в таблице.

Таблица
Результаты экспертной оценки факторов,
влияющих на риски планирования проверок в области ПБ

Вопрос	Баллы	Вариант ответа	Ответы экспертов
Как Вы считаете: изменится ли нагрузка по плановым проверкам, приходящимся на 1 инспектора ФГПН, с окончанием «надзорных каникул»?	0	уменьшится	0
	1	останется прежней	0
	2	увеличится в 2 раза	0
	3	увеличится в 3 раза	4
	4	увеличится в 4 или более раз	24
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на плановую проверку объекта высокого риска (в области ПБ)?	0	один рабочий день	0
	1	до 5 рабочих дней	0
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	0
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	24
	4	свыше 15, но до 20 рабочих дней	4
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на плановую проверку объекта значительного риска (в области ПБ)?	0	один рабочий день	0
	1	до 5 рабочих дней	0
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	5
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	23
	4	свыше 15, но до 20 рабочих дней	0
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на плановую проверку объекта среднего риска (в области ПБ)?	0	один рабочий день	0
	1	до 5 рабочих дней	0
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	24
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	4
	4	свыше 15, но до 20 рабочих дней	0
Сколько рабочих дней (в среднем) Вы затрачиваете на плановую проверку объекта умеренного риска (в области ПБ)?	0	один рабочий день	0
	1	до 5 рабочих дней	0
	2	свыше 5, но до 10 рабочих дней	24
	3	свыше 10, но до 15 рабочих дней	4
	4	свыше 15, но до 20 рабочих дней	0
Сколько рабочего времени (в среднем) Вы затрачиваете на проверку качества планирования 1 объекта (в области ПБ) подчиненным личным составом?	0	до 1 часа	24
	1	свыше 1, но до 5 часов	4
	2	свыше 5, но до 10 часов	0
	3	свыше 10, но до 15 часов	0
	4	свыше 15 часов	0
Как Вы считаете: как часто необходимо проводить мероприятия по подготовке личного состава ФГПН к проверкам	0	1 раз в год	0
	1	1 раз в месяц	5
	2	2 раза в месяц	23
	3	еженедельно	0

в целях повышения их качества (результативности)?	4	ежедневно	0
Как часто в план проверок Вы включаете объект, который никогда ФГПН не проверялся?	0	никогда	0
	1	1 объект в период планирования на год	0
	2	до 5 % объектов в период планирования на год	24
	3	свыше 5 %, но до 10 % объектов в период планирования на год	4
	4	свыше 10 % объектов в период планирования на год	0
Как Вы считаете, сколько плановых проверок ФГПН должно приходиться на 1 инспектора в месяц?	0	плановых проверок не должно быть	0
	1	до 5 плановых проверок	24
	2	свыше 5, но до 10 плановых проверок	4
	3	свыше 10, но до 15 плановых проверок	0
	4	свыше 15 плановых проверок	0
При планировании проверок какой резерв времени должен оставлять инспектор ФГПН (в рабочих днях) для решения внезапно возникающих задач?	0	не требуется	0
	1	1 рабочий день	0
	2	2 рабочих дня	0
	3	более 2, но до 5 рабочих дней	28
	4	свыше 5 рабочих дней	0

Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод о довольно значительном уровне согласованности точек зрения опрошенных экспертов по рассматриваемой тематике. Большинство экспертов сходятся во мнении, что завершение «надзорных каникул» приведет к возникновению обязанности по одновременному планированию проверок в области ПБ, что, в свою очередь, повысит нагрузку на инспектора в 4 или более раз. При этом продолжительность плановой проверки объекта высокого и значительного риска занимает в среднем от 10 до 20 рабочих дней. Умеренного и среднего риска – более 1 рабочего дня, но до 10 рабочих дней. В этих условиях предложения по осуществлению ежегодной обязательной проверки объектов с массовым пребыванием людей (далее – ОМПЛ) без пропорционального увеличения штатной и списочной численности инспекторского состава представляется нереализуемым проектом.

Для повышения качества проводимых проверок в области ПБ эксперты предлагают проводить профессиональную подготовку по данной тематике не реже 1-2 раз в месяц.

Другим важным аспектом планирования проверок является выявление объектов, о которых отсутствуют сведения в контрольно-наблюдательных делах. По мнению экспертов, количество запланированных проверок подобных объектов должно составлять не менее 5 % от общего количества планируемых проверок. При этом большинство экспертов считает, что на одного инспектора в месяц должно приходиться не более 5 плановых проверок в области ПБ, так как резерв времени инспектора для выполнения внезапно возникающих поручений должен составлять от 2 до 5 рабочих дней.

Таким образом, проведенный на основании экспертных оценок анализ показал необходимость реализации следующего комплекса мероприятий:

1. Исключение случаев некачественного проведения проверок поднадзорных объектов, при этом необходимо не допускать применение завышенных и необоснованных требований к объектам.

2. Проведение уточнения списка ОМПЛ, в том числе объектов высокого и значительного риска на подведомственной территории. При уточнении списка необходимо задействовать отделения и производственные участки ФГУП «Ростехинвентаризация – Федеральное БТИ», а также органы государственной регистрации права собственности.

3. В период подготовки к планированию проверок учитывать как действующий временной интервал между пла-

новыми проверками, так и возможность их сокращения.

4. После проведения каждой плановой проверки ставить на жесточайший контроль соблюдение сроков проведения проверок исполнения ранее выданных сотрудниками предписаний.

5. При проведении проверок на ОМПЛ обеспечивать проверку всех без исключения помещений.

6. При составлении плана плановых проверок необходимо обеспечить строгое соблюдение исчисления сроков отсутствия планирования проверок объектов социальной сферы, на которых за последние три года проведена независимая оценка пожарного риска [4].

Литература

1. Белянин В.А. Проблемы и перспективы планирования проверок состояния пожарной безопасности объектов защиты // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2009. Т. 2. С. 12-16.
2. Лазарев А.А., Коноваленко Е.П., Кутепов А.С. Аспекты взаимодействия органов местного самоуправления в весенне-летний пожароопасный период // Сборник материалов II межвузовской научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Иваново, 2016. С. 72-74.
3. Фомин А.В., Шахманов Ф.Ф. Технология формирования профессиональной компетенции по применению риск-ориентированного подхода при планировании проверок в области пожарной безопасности // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2017. № 1 (34). С. 62-65.
4. Лазарев А. А., Сапожников Д. С. Результаты осуществления ФГПН на территории Центрального региона в 2014 году // Вестник ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2015. № 1(24). С. 14-20.
5. Лазарев А.А., Серов В. В., Мочалов А. Н. Итоги независимой оценки пожарных рисков на территории Ивановской области в 2014 году // Вестник ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2015. № 1(24). С. 21-24.
6. Серов В.В., Лазарев А.А. Алгоритм принятия управленческого решения для снятия (снижения) административной нагрузки на малый (средний) бизнес // Научный поиск. 2015. № 2. С. 79-80.
7. Фомин А.В., Белянин В.А. Оптимизация управленческих решений при планировании проверок состояния пожарной безопасности объектов защиты // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. Т. 9-10. № 1-2. С. 11-15.
8. Якимов В.А., Антонов А.В., Алашкевич Ю.Д. Анализ исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности // В мире научных открытий. 2015. № 11.7 (71). С. 2772-2783.

References

1. Belyanin V.A. Problemy i perspektivy planirovaniya proverok sostoyaniya pozharnoy bezopasnosti obyektov zaschityi. Nauchno-analiticheskiy jurnal Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy slujby MCHS Rossii. 2009. T. 2. S. 12-16.
2. Lazarev A.A., Konovalenko E.P., Kutevov A.S. Aspekty vzaimodeystviya organov mestnogo samoupravleniya v vesenne-letniy požaroopasnyiy period. Sbornik materialov II mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye požarobezopasnyie materialy i tehnologii», FGBOU VO Ivanovskaya požarno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, Ivanovo, 2016. – S.72-74.
3. Lazarev A. A., Sapojnikov D. S. Rezultaty osuschestvleniya FGPN na territorii TSentralnogo regiona v 2014 godu // Vestnik FGBOU VO Ivanovskaya požarno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii. – Ivanovo, № 1(24) / 2015. – S. 14-20.

4. Lazarev A.A., Serov V. V., Mochalov A. N. Itogi nezavisimoy otsenki pozharnykh riskov na territorii Ivanovskoy oblasti v 2014 godu // Vestnik FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii. – Ivanovo, № 1(24) / 2015. – S. 21-24.

5. Serov V.V., Lazarev A.A. Algoritm prinyatiya upravlencheskogo resheniya dlya snyatiya (snijeniya) administrativnoy nagruzki na malyy (sredniy) biznes. Nauchnyy poisk 2015 № 2.4, - SHuya, 2015. – S.79-80.

6. Fomin A.V., Belyanin V.A. Optimizatsiya upravlencheskikh resheniy pri planirovanii proverok sostoyaniya pozharnoy bezopasnosti ob'yektov zashchity. Problemy upravleniya riskami v tehnosfere. 2009. T. 9-10. № 1-2. S. 11-15.

7. Fomin A.V., SHahmanov F.F. Tehnologiya formirovaniya professionalnoy kompetentsii po primeneniyu risk-orientirovannogo podhoda pri planirovanii proverok v oblasti pozharnoy bezopasnosti. Psihologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obschestva. 2017. № 1 (34). S. 62-65.

8. YAKimov V.A., Antonov A.V., Alashkevich YU.D. Analiz ispolneniya gosudarstvennoy funktsii po nadzoru za vyipolneniem trebovaniy pozharnoy bezopasnosti. V mire nauchnykh otkryitiy. 2015. № 11.7 (71). S. 2772-2783.

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 3.07

natys9i@mail.ru

**АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАДЗОРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ И ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ
И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО
И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА****ANALYSIS OF THE REQUIREMENTS OF NORMATIVE LEGAL ACTS WHEN
CONDUCTING SUPERVISORY MEASURES IN THE FIELD OF CIVIL DEFENSE
AND PROTECTION OF THE POPULATION AND TERRITORIES
FROM EMERGENCY SITUATIONS OF NATURAL
AND TECHNOGENIC CHARACTER**

*Хабибуллина Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук,
Черепанов Е.А., Бараковских М.В.,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Пенягин П.В., Бугашева Ю.И.,
Воронежский институт – филиал Ивановской
пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Воронеж*

*Khabibullina N.V., Cherepanov E.A., Barakovsky M.V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Penyagin P.V., Bugasheva U.I.,
Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo
Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry
of Emergency Measures of Russia, Voronezh*

В статье приведен анализ надзорной деятельности по осуществлению государственного надзора в области гражданской обороны, государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, рассматриваются новые требования нормативных правовых актов, при проведении надзорных мероприятий в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, выявляются недочеты, проводится анализ вновь принятых документов и предлагаются пути решения выявленных проблем.

Ключевые слова: надзорная деятельность по осуществлению государственного надзора в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, нормативные правовые акты, проверочный лист, используемый при осуществлении государственного надзора в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, гражданская оборона, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

The article mentions the analysis of supervisory activities for the implementation of state supervision in the field of civil defense, state supervision in the field of protec-

tion of the population and territories from emergency situations of natural and technogenic character, are considered new requirements of regulatory legal acts, when conducting supervisory activities in the field of civil defense, protection of the population and territories from emergency situations of natural and technogenic character, deficiencies are identified, the newly adopted documents are analyzed and suggests ways to solve the problems identified.

Key words: Supervisory activity on implementation of the state supervision in the field of civil defense, protection of the population and territories from emergency situations of natural and technogenic character, regulatory legal acts, the check sheet used at implementation of the state supervision in the field of civil defense, protection of the population and territories from emergency situations of natural and technogenic character, civil defense, protection of the population and territories from emergency situations of natural and technogenic character.

Деятельность органов государственной власти и местного самоуправления в Российской Федерации по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных работ в мирное и военное время, в соответствии с законодательными актами реализуется через создание соответствующих органов единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) и гражданской обороны (ГО) [1].

На данный момент в МЧС России действует система, состоящая из двух одновременно действующих составляющих – РСЧС и ГО. Деятельность каждой из них регламентируется самостоятельной нормативной правовой базой, функционирующей как единая система, которая характеризуется согласованностью, взаимодействием, иерархичностью, специализацией и дифференциацией по отраслям и институтам.

Не стоит забывать, что гражданская оборона, в первую очередь, это – система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [2], а предупреждение чрезвычайных ситуаций – это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение

риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь в случае их возникновения [3].

Вопросы организации и осуществления государственного надзора в области гражданской обороны, государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, федерального государственного пожарного надзора возложены на надзорные органы МЧС России. Для реализации данного направления в главных управлениях МЧС России по субъектам РФ были созданы управления надзорной деятельности и профилактической работы.

В 2017 году на территории Свердловской области проведено 76 плановых и внеплановых проверок объектов, подлежащих проверке выполнения установленных требований в области гражданской обороны (далее – ГО) и 12 плановых и внеплановых проверок объектов, подлежащих проверке выполнения обязательных требований в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (далее – ЗНиТотЧС). По результатам всех проверок (плановых и внеплановых) в области ГО выдано 36 предписаний, которыми предложено к устранению 525 нарушений обязательных требований в области ГО, из которых устранено, в установленные предписаниями сроки, по результатам внеплановых проверок – 186 нарушений. По результатам всех

проверок (плановых и внеплановых) в области ЗНиТотЧС выдано 12 предписаний, которыми предложено к устранению 39 нарушений обязательных требований в области ЗНиТотЧС, из которых устранено, в установленные предписаниями сроки, по результатам внеплановых проверок – 33. Средний процент исполнения предписаний по вопросам ГО и ЗНиТотЧС составляет – 45,8 %. В среднем, за 2017 год, по результатам каждой проверки, должностными лицами выявлялось 7 нарушений обязательных требований в области ГО и 4 нарушения обязательных требований в области ЗНиТотЧС. За 2017 год возбуждено, путем составления протокола, 47 дел об административных правонарушениях, из них – 21 на юридических лиц и 26 на должностных лиц. В области ЗНиТотЧС должностными лицами органов государственного надзора возбуждено, путем составления протокола, 10 дел об административных правонарушениях, из них 7 – на юридических лиц, 3 – на должностных лиц [4].

С вступлением в силу новых требований нормативных правовых актов, при проведении надзорных мероприятий в области ГО и ЗНиТотЧС должностными лицами органов государственного надзора, сформулирован и выявлен ряд проблемных вопросов, который не позволяет в полной мере выполнение обязательных требований при осуществлении государственного надзора. В начале 2018 года был принят ряд локальных правовых актов, затрагивающих деятельность надзорных органов в области ГО и ЗНиТотЧС, а именно приказы МЧС России от 27.02.2018 года № 77 «Об утверждении формы проверочного листа (списка контрольных вопросов), используемого при осуществлении федерального государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проведении плановых проверок по контролю за соблюдением обязательных требований в области защиты населения и территорий от чрезвычайных

ситуаций природного и техногенного характера» и № 78 «Об утверждении формы проверочного листа (списка контрольных вопросов), используемого при осуществлении государственного надзора в области гражданской обороны при проведении плановых проверок по контролю за соблюдением установленных требований в области гражданской обороны» определяющие формы проверочных листов и перечень вопросов, отражающих содержание обязательных требований, ответы на которые однозначно свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем установленных требований, составляющих предмет проверок. В ходе проведения анализа нормативных правовых актов было выявлено, что нарушения в проверочных листах дублируются, подтверждение данные слова находят при внимательном изучении проверочных листов, так п. 38 [5] и п. 19 [6] дублируют друг друга, и в случае фиксации инспектором отрицательного ответа, трактуется как несоблюдение юридическим лицом, индивидуальным предпринимателем обязательных требований, что может привести к административной ответственности, однако п. 5 статьи 4.1 КоАП РФ четко определяет общие правила назначения административного наказания [7]. А пункт 35 [5] п 19.2 [6] хоть и изложены в разных формулировках, но по сути считаются одним и тем же нарушением.

Так в проверочных листах, используемых при осуществлении государственного надзора в области ГО, федерального государственного надзора в области ЗНиТотЧС при проведении плановых проверок по контролю за соблюдением обязательных требований в области ГО, не в полной мере раскрыта суть вопросов, позволяющих установить выполнение требований по надзору в области ГО в связи, с чем орган государственного контроля не может оценить выполнение (или невыполнение) обязательных мероприятий по надзорам в области ГО. На-

пример, пункт 1 проверочного листа (списка контрольных вопросов) используемого при осуществлении государственного надзора в области гражданской обороны при проведении плановых проверок по контролю за соблюдением установленных требований в области гражданской обороны звучит следующим образом: «Имеется ли у организации положение об организации и ведении гражданской обороны?» и согласно сноскам подразумевает варианты ответов: «да», «нет» либо «не применяется», по сути приведенные варианты ответов не позволяют в полной мере оценить наличие согласования данного положения с органами МЧС и факта прохождения «доработки, корректировки» данного положения 1 раз в 5 лет. Данный вопрос обязательно должен трактоваться либо уточняться с точки зрения согласованности с МЧС России, чтобы в дальнейшем избежать двусмысленной трактовки.

Стоит отметить, что в настоящее время отсутствует нормативная-правовая база по разработке плана мероприятий (действий) по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которая четко определяла бы критерии и нормы необходимые для соблюдения всеми юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями при составлении своих локальных планов мероприятий ЗНиТотЧС, данный факт оставляет юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям право трактовать и формулировать насыщенность данного документа на свое усмотрение, а это в свою очередь, не позволяет государственному инспектору объективно оценить представленный план мероприятий ЗНиТотЧС, что приводит к формальности оценки деятельности субъекта проверки в области ЗНиТотЧС.

В равной мере существует ряд нерешенных вопросов и на уровне Прави-

тельства Российской Федерации. На протяжении долгого времени не установлены критерии отнесения объектов всех форм собственности к критически важным объектам и потенциально опасным объектам, порядок формирования и утверждения перечня критически важных объектов и перечня потенциально опасных объектов, порядок разработки и формы паспорта безопасности критически важных объектов и потенциально опасных объектов, а также обязательные для выполнения требования к критически важным объектам и потенциально опасным объектам в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, что свидетельствует о невыполнении подпункта «р» статьи 10 Федерального закона от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», который был дополнен данным подпунктом в 2015 году Федеральным законом от 08.03.2015 № 38-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [3, 8].

В целях установления и реализации единой государственной политики в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, организации отлаженной системы надзора и увеличения уровня государственного регулирования в области ГО и ЗНиТотЧС необходимо внесение изменений в действующие нормативные правовые акты в данных областях. Устранение вышеперечисленных мероприятий позволит вывести деятельность государственного надзора в области гражданской обороны, государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на должный уровень.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 (ред. от 18.07.2018) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

2. Федеральный закон от 12.02.1998 № 28 (ред. от 30.12.2015) «О гражданской обороне».
3. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68 (ред. от 23.06.2016) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
4. Анализ надзорной деятельности по осуществлению государственного надзора в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также итогов применения мер административного воздействия к правонарушителям, за 2017 год на территории Свердловской области.
5. Приказ МЧС России от 27.02.2018 года № 78 «Об утверждении формы проверочного листа (списка контрольных вопросов), используемого при осуществлении государственного надзора в области гражданской обороны при проведении плановых проверок по контролю за соблюдением установленных требований в области гражданской обороны».
6. Приказ МЧС России от 27.02.2018 года № 77 «Об утверждении формы проверочного листа (списка контрольных вопросов), используемого при осуществлении федерального государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проведении плановых проверок по контролю за соблюдением обязательных требований в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
7. «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 № 195 (ред. от 11.10.2018).
8. Федеральный Закон от 08.03.2015 № 38 «О внесении изменений в Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30.12.2003 № 794 (red. ot 18.07.2018) «O edinoj gosudarstvennoy sisteme preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy».
2. Federal'nyy zakon ot 12.02.1998 № 28-FZ (red. Ot 30.12.2015) «O grazhdanskoy oborone».
3. Federal'nyy zakon ot 21.12.1994 № 68-FZ (red. Ot 23.06.2016) «O zashchite naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogenno kharaktera».
4. Analiz nadzornoj deyatelnosti po osushchestvleniyu gosudarstvennogo nadzora v oblasti grazhdanskoy oborony, zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogenno kharaktera, a takzhe itogov primeneniya mer administrativnogo vozdeystviya k pravonarushitelyam, za 2017 god na territorii Sverdlovskoy oblasti.
5. Prikaz MChS Rossii ot 27.02.2018 goda № 78 «Ob utverzhdenii formy proverochnogo lista (spiska kontrol'nykh voprosov), ispol'zuemogo pri osushchestvlenii gosudarstvennogo nadzora v oblasti grazhdanskoy oborony pri provedenii planovykh proverok po kontrolyu za soblyudeniem ustanovlennykh trebovaniy v oblasti grazhdanskoy oborony».
6. Prikaz MChS Rossii ot 27.02.2018 goda № 77 «Ob utverzhdenii formy proverochnogo lista (spiska kontrol'nykh voprosov), ispol'zuemogo pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo nadzora v oblasti zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogenno kharaktera pri provedenii planovykh proverok po kontrolyu za soblyudeniem obyazatel'nykh trebovaniy v oblasti zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogenno kharaktera».
7. «Kodeks Rossiyskoy Federatsii ob administrativnykh pravonarusheniyakh» ot 30.12.2001 № 195-FZ (red. ot 11.10.2018).
8. Federal'nyy Zakon ot 08.03.2015 № 38-FZ «O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy zakon «O zashchite naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogenno kharaktera».

УДК 331.452

fireman87@bk.ru

**АНАЛИЗ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ
ФПС ГПС ПО СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE ANALYSIS OF LABOR PROTECTION
AND FORECASTING OF OPERATIONAL INJURIES
IN DIVISIONS OF FPS OF GPS ACROSS SVERDLOVSK REGION**

*Тужиков Е.Н., кандидат технических наук,
Перевалов А.С., кандидат технических наук,
Шавалеев М.Р., кандидат химических наук,
Елесина Ю.К., Хрулев В.В., Шевелева И.Г.,
Уральский институт Государственной
противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург*

*E.N. Tuzhikov, A.S. Perevalov, M.R. Shavaleev,
Y.K. Elesina, V.V.Khrulev, I.G. Sheveleva,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье приводится анализ состояния охраны труда (далее – ОТ) в подразделениях ФПС ГПС по Свердловской области за последние 5 лет. Представлены результаты расчетов по основным показателям состояния ОТ. Установлена математическая модель краткосрочного прогнозирования для предельных значений параметров гибели и травматизма среди личного состава подразделений ФПС ГПС по Свердловской области, и выполнен прогноз на 2018 год. Предложены эффективные пути профилактики производственного травматизма (далее – ПТ) в подразделениях ФПС ГПС по Свердловской области.

Ключевые слова: охрана труда, производственный травматизм, прогноз, личный состав пожарной охраны.

This article gives an analysis of the State labour protection offices of fire protection for the Sverdlovsk region over the past 5 years. Presents the results of the calculations on the major indicators of the State of occupational safety and health. Established a mathematical model for short-term forecasting of limit values for the parameters of the deaths and injuries among personnel of units of the fire brigade in the Sverdlovsk region and forecast in the year 2018. Propose effective ways of prevention of occupational injuries in the units of the fire brigade in the Sverdlovsk region.

Keywords: labor protection, occupational injuries, forecast, personnel of fire protection.

Охрана труда всегда являлась неотъемлемой частью профессиональной деятельности человека. Особое внимание правилам ОТ уделяется на сложных и опасных производствах и отраслях экономики. Одним из таковых является пожарная безопасность. Труд пожарных на-

прямую связан с риском для жизни и здоровья, неотделим от высоких физических нагрузок и работы в экстремальных условиях. В связи с чем, организация и обеспечение установленных условий труда сказывается, в итоге, на ключевых показателях ПТ – количестве травмированных

и погибших. Наряду с анализом состояния ПТ в любой отрасли экономики и сфере социальной жизни стоит прогнозирование основных показателей ОТ, как один из ориентиров в оценке эффективности принимаемых управленческих решений, так и выполняемых конкретных мероприятий в области ОТ.

Потребность в прогнозировании появляется при неопределённости в будущем из-за того, что эффект от принимающихся сегодня решений в течение определённого интервала времени не ощущается.

Прогнозирование – сложный научный процесс, основанный на системном установлении причинно-следственных связей и закономерностей в выявлении состояний и возможных путей развития внутренних процессов и явлений.

Оценка показателей, характеризующих явления и процессы для будущего, является неотъемлемой частью прогнозирования.

Прогнозирование распространяется на процессы, управление которыми в момент выработки прогноза: возможно в весьма малом диапазоне; совсем невозможно; возможно, но требует учета действия таких факторов, влияние которых не может быть полностью или однозначно определено.

Целью любого прогнозирования является выявление текущей тенденции и определение предполагаемого результата

в отношении изучаемого объекта на определенный момент времени в будущем [1]. В нашем случае решение научной задачи связано с управляемым социальным объектом прогнозирования – анализ состояния ОТ в подразделениях ФПС ГПС по Свердловской области.

Для выработки долгосрочных или оперативных мер по снижению ПТ необходимо прогнозирование условий состояния безопасности и возникновения опасных ситуаций.

Используя методы регрессионного анализа со своим математическим аппаратом, можно спрогнозировать на короткий период достаточно точно, при условии наличия достоверной статистической базы, показатели по гибели и травматизму, при этом правильно говорить об интервалах прогнозируемого значения, так как невозможно учесть все факторы, влияющие на искомую величину в предыдущие периоды времени и в будущем. Получив искомые данные, можем оценить эффективность работы по ОТ в подразделениях МЧС России и наметить основные направления в перспективе, т.е. осуществить превентивные мероприятия.

В целях автоматизации процесса всех вычислений будем использовать пакет Microsoft Excel (далее – MS Excel), содержащий в себе функции прогнозирования [1, 2].

В основу методики прогнозирования травматизма положены статистические данные по травматизму (рисунок 1).

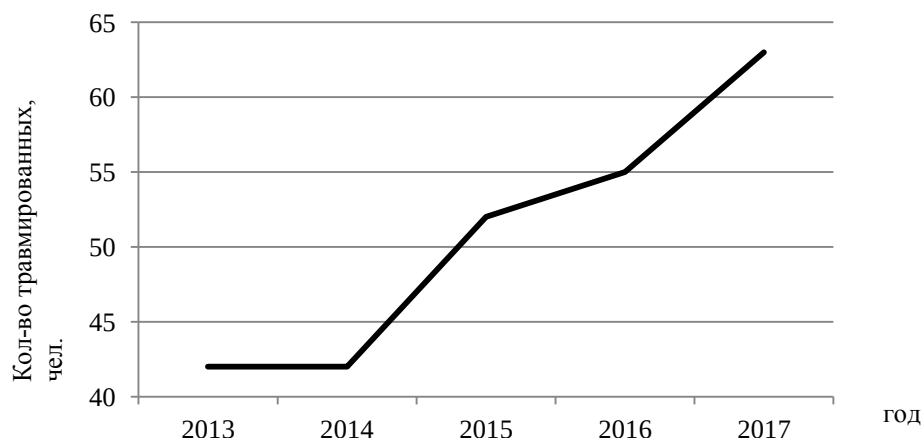


Рисунок 1. Диаграмма количества травмированных

Анализ статистических данных по ПТ среди личного состава подразделений МЧС России и ФПС ГПС по Свердловской области [3-8] показывает, что его изменение по годам в первом приближении можно считать линейным. Работы многих авторов [9-13] показывают, что в основу краткосрочного прогнозирования в первом приближении можно положить метод линейной регрессии.

Из данных рисунка 1 видно, что каждое последующее значение превосходит предыдущее, следовательно, в нашем ряде динамики (далее – РД) наблюдается явная тенденция к росту. Произведем аналитическое выравнивание РД по линейной функции:

$$\hat{y}_t = a_0 + a_1 t, \quad (1)$$

где t – порядковый номер периода;
 a_0 и a_1 – параметры искомого уравнения прямой.

Необходимые вычисления проводим с помощью MS Excel.

Так как в исходном РД наблюдается тенденция к росту, нет проявлений к необоснованному снижению либо увеличению, то выбирается линейная зависимость. Выравнивание можно производить по среднему темпу роста, среднему абсолютному приросту либо методом наименьших квадратов [9].

Техника выравнивания РД по прямой линии представлена в таблице 1.

Таблица 1

Расчетная таблица по травмированию личного состава

Год, х	y	t	t ²	yt	$\hat{y}_t$	$y_i - \hat{y}_t$	$(y_i - \hat{y}_t)^2$	$(y_i - \bar{y}_t)^2$
2013	42	-2	4	-84	39,8	2,2	4,84	77,44
2014	42	-1	1	-42	45,3	-3,3	10,89	77,44
2015	52	0	0	0	50,8	1,2	1,44	1,44
2016	55	1	1	55	56,3	-1,3	1,69	17,64
2017	63	2	4	126	61,8	1,2	1,44	148,84
Итого	$\sum y = 254$	$\sum t = 0$	$\sum t^2 = 10$	$\sum yt = 55$	$\sum \hat{y}_t = 254$	$\sum (y_i - \hat{y}_t) = 0$	$\sum (y_i - \hat{y}_t)^2 = 20,3$	$\sum (y_i - \bar{y}_t)^2 = 322,8$

В итоге, уравнение прямой, представляющее собой трендовую модель искомой функции, будет иметь вид:

$$\hat{y}_t = 34,3 + 5,5t. \quad (2)$$

Уравнение (2) показывает, что наблюдается тенденция увеличения травматизма (т.к. $a_1 > 0$, то в РД тенденция к увеличению): с 2013 по 2017 гг. травматизм в среднем возрос на $a_1 = 5,5$ (≈ 6) человек в год.

Качество полученной прогностической математической модели определяем посредством коэффициента корреляции R^2 . В нашем случае он составит $R^2 = 0,9371$. В нашем случае $0,7 \leq |R^2| < 1$, это означает, что связь высокая (сильная) [11, 12].

Для поиска уравнения, наиболее точно отражающего динамику процесса или явления, воспользуемся расчетом стандартной ошибки:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_t)^2}{n - m - 1}}, \quad (3)$$

где n – число уровней ряда динамики; m – число параметров уравнения.

Поиск неизвестного уровня РД, находящегося за пределами данного ряда, называется экстраполяцией, которая осуществляется по среднему темпу роста, по среднему абсолютному приросту либо по аналитическому уравнению [14].

При наличии достоверной линии тренда, воспользуемся третьим способом.

Для расчета прогнозного значения количества травмированных на 2018 г., из таблицы 1 в уравнение (2), вместо t подставив 6, получим:

$$\widehat{y}_{2018} = 34,3 + 5,5 * 6 = 67,3.$$

На практике результат экстраполяции прогнозируемых явлений обычно

получают не точечными, а интервальными оценками [15].

Для определения границ интервалов воспользуемся формулой:

$$\hat{y}_t = \pm t_\alpha \sigma_{\hat{y}_t}, \quad (4)$$

где t_α – коэффициент доверия, который определяется по таблице t-распределения Стьюдента, при уровне значимости $\alpha=0,05$ (т.е. с вероятностью $P=0,95$) и числе степеней свободы $v = n - m$;

$\sigma_{\hat{y}_t} = \sqrt{\sum (y_i - \hat{y}_t)^2 / (n - m)}$ – остаточное среднее квадратическое отклонение от тренда (n – число уровней ряда динамики; m – число параметров адекватной модели тренда (для уравнения прямой $m=2$)).

Используя данные из таблицы 1 определим интервальную оценку дискретного прогноза на 2018 г. Согласно таблицы t-распределения Стьюдента, при $\alpha=0,05$ (уровень значимости) и $v = n - m = 5 - 2 = 3$ (число степеней свободы), находим значение $t_\alpha = 3,182$. При $\sum (y_i - \hat{y}_t)^2 = 20,3$ значение остаточного среднего квадратического отклонения

$$\sigma_{\hat{y}_t} = \sqrt{\sum (y_i - \hat{y}_t)^2 / n - m} = \sqrt{\frac{20,3}{3}} = 2,601.$$

Зная точечную оценку прогнозируемого значения количества травмированного личного состава, определяем вероятностные границы интервала $67,3 \pm 2,601 * 3,182$ (рисунок 2).

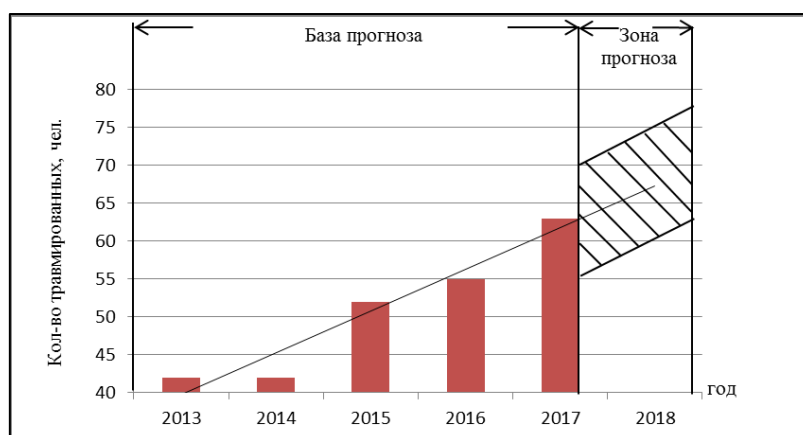


Рисунок 2. Прогноз количества травмированных в 2018 году

Следовательно, можно утверждать, что с вероятностью 0,95 количество травмированного личного состава подразделений МЧС России по Свердловской области в 2018 году составит не менее 60 человек и не более 76 человек.

Аналогично был сделан прогноз по количественному выражению гибели среди личного состава подразделений ФПС ГПС по Свердловской области на 2018 год. Основные расчетные значения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетная таблица по гибели личного состава

Год, x	y	t	t ²	yt	$\hat{y}_t$	$y_i - \hat{y}_t$	$(y_i - \hat{y}_t)^2$	$(y_i - \bar{y}_t)^2$
2013	1	-2	4	-2	0,8	0,2	0,04	0
2014	0	-1	1	0	0,9	-0,9	0,81	1
2015	2	0	0	0	1	1	1	1
2016	1	1	1	1	1,1	-0,1	0,01	0
2017	1	2	4	2	1,2	-0,2	0,04	0
Итого	$\sum y = 5$	$\sum t = 0$	$\sum t^2 = 10$	$\sum yt = 1$	$\sum \hat{y}_t = 5$	$\sum (y_i - \hat{y}_t) = 0$	$\sum (y_i - \hat{y}_t)^2 = 1,9$	$\sum (y_i - \bar{y}_t)^2 = 2$

В итоге, уравнение прямой, представляющее собой трендовую модель искомой функции, будет иметь вид:

$$\hat{y}_t = 0,7 + 0,1t \quad (5)$$

Полученное уравнение (5) показывает, что, наблюдается незначительная тенденция к увеличению гибели (т.к. $a_1 > 0$, то в ряде данных тенденция к росту).

Из анализа статистических данных [3-8] за 2013-2017 гг. показатель по гибели в среднем возрос на $a_1 = 0,1$ человек в год, и колеблется от 0 до 2.

Следовательно, можно утверждать, что количество погибшего личного состава подразделений МЧС России по Свердловской области в 2018 году составит от 0 и не более 2 человек.

Прогноз уровня ПТ обязательно, должен быть дополнен оценкой травматизма по направлениям деятельности (либо по структурным подразделениям) с учетом их специфики, что позволит выявить скрытые тенденции в изменениях уровней ПТ и, соответственно, своевременно разработать превентивные меры.

Подобным образом могут быть произведены вычисления прогнозных значений профессиональной заболеваемости (далее – ПЗ) среди сотрудников (работников) пожарно-спасательных подразделений на основе статистической обработки исходных данных по ПЗ посредством теории вероятности и методов математической статистики.

Основные предложения по профилактике ПТ сводятся к формированию у личного состава подразделений ФПС

ГПС устойчивого понимания и выполнения следующих требований:

- не пренебрегать средствами индивидуальной защиты (далее – СИЗ);
- старшим должностным лицам осуществлять постоянный контроль за использованием личным составом СИЗ и правил по ОТ при выполнении служебных обязанностей;

- руководителям подразделений ответственно проводить расследования несчастных случаев и их разбор и др.

Эффективность предложенных мероприятий оценивается по разнообразным группам показателей: экономическим, социальным и инженерно-техническим. Каждая из групп показателей характеризуется по-своему:

- инженерно-технические – по коэффициенту безопасности оборудования, рабочих мест и т.п.;

- социальные – по росту численности личного состава, для которых условия труда соответствуют нормативным показателям снижения ПТ и ПЗ, повышения работоспособности, сокращения текучести кадров;

- экономические – по увеличению производительности труда, снижению трудоемкости работ, потери по временной нетрудоспособности, материальных затрат от ликвидации несчастных случаев.

В общем итоге, эффект от принимаемых мер по ОТ в подразделениях ФПС ГПС проявится в ключевых показателях социально-экономических последствий аварийности, ПТ и ПЗ.

Литература

1. Функции в Excel: справочник пользователя / А.А. Минько. М., 2007. 512 с.
2. Инструменты прогнозирования в Microsoft Excel. URL: <http://lumpics.ru/forecasting-in-excel/> (дата обращения: 20.09.2018).
3. О предоставлении статистической информации: письмо Главного управления МЧС России по Свердловской области от 19.01.2018 № 445-6-14 / Документ опубликован не был.
4. Анализ состояния охраны труда в системе МЧС России за 2017 год: письмо МЧС России от 23.04.2018 № 91-1892-18 / Документ опубликован не был.
5. Обзор о состоянии охраны труда, гибели и травматизма личного состава МЧС России при исполнении служебных обязанностей в 2010 году: письмо МЧС России от 29.03.2011 № 43-1247-18 / Документ опубликован не был.
6. Обзор о состоянии охраны труда, гибели и травматизма личного состава МЧС России при исполнении служебных обязанностей в 2012 году: письмо МЧС России от 02.04.2013 № 43-1403-18 / Документ опубликован не был.

7. Обзор о состоянии охраны труда, гибели и травматизма личного состава МЧС России при исполнении служебных обязанностей в 2014 году: письмо Уральского регионального центра МЧС России от 14.05.2015 № 6318-3-1-8 / Документ опубликован не был.

8. Анализ охраны труда в системе МЧС России за 2016 год: письмо МЧС России от 10.03.2017 № 43-1234-18 / Документ опубликован не был.

9. Кендалл М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976. 736 с.

10. Алексеева М.М. Планирование деятельности фирмы / М.М. Алексеева. М.: Финансы и статистика, 1998. 248 с.

11. Статистическое моделирование и прогнозирование / под. ред. А.Г. Гранберга. М., 1990. 382 с.

12. Романенко И.В. Социальное и экономическое прогнозирование. СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2000. 64 с.

13. Айвазян С.А., Мхитарян В.С., Зехин В.А. Многомерные статистические методы. М.: Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. 2003. 77 с.

14. Экстраполяция и интерполяция в динамических рядах URL: <https://studfiles.net/preview/3538769/page:28/> (дата обращения: 20.09.2018).

15. Шкрабак Р.В. Характеристика, анализ и прогноз производственного травматизма и эффективные пути его снижения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 4. С. 255-262.

References

1. Funktsii v Excel: spravochnik polzovatelya / A.A. Minko. - M.: EKSMO. 2007. - 512 s.
2. Instrumenty prognozirovaniya v Microsoft Excel [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://lumpics.ru/forecasting-in-excel/> (data obrashcheniya: 20.09.2018).
3. O predostavlenii statisticheskoy informatsii. Pismo Glavnogo upravleniya MChS Rossii po Sverdlovskoy oblasti ot 19.01.2018 № 445-6-14 / Dokument opublikovan ne byl.
4. Analiz sostoyaniya okhrany truda v sisteme MChS Rossii za 2017 god. Pismo MChS Rossii ot 23.04.2018 № 91-1892-18 / Dokument opublikovan ne byl.
5. Obzor o sostoyanii okhrany truda, gibeli i travmatizma lichnogo sostava MChS Rossii pri ispolnenii sluzhebnykh obyazannostey v 2010 godu. Pismo MChS Rossii ot 29.03.2011 № 43-1247-18 / Dokument opublikovan ne byl.
6. Obzor o sostoyanii okhrany truda, gibeli i travmatizma lichnogo sostava MChS Rossii pri ispolnenii sluzhebnykh obyazannostey v 2012 godu. Pismo MChS Rossii ot 02.04.2013 № 43-1403-18 / Dokument opublikovan ne byl.
7. Obzor o sostoyanii okhrany truda, gibeli i travmatizma lichnogo sostava MChS Rossii pri ispolnenii sluzhebnykh obyazannostey v 2014 godu. Pismo Uralskogo regionalnogo tsentra MChS Rossii ot 14.05.2015 № 6318-3-1-8 / Dokument opublikovan ne byl.
8. Analiz okhrany truda v sisteme MChS Rossii za 2016 god. Pismo MChS Rossii ot 10.03.2017 № 43-1234-18 / Dokument opublikovan ne byl.
9. Kendall M., Styuart A. Mnogomernyy statisticheskiy analiz i vremennyye ryady. - M.: Nauka. 1976. 736 s.
10. Alekseyeva, M.M. Planirovaniye deyatel'nosti firmy [Tekst]: ucheb.-metod. posobiye / M.M. Alekseyeva. - M.: Finansy i statistika. 1998. - 248 s.
11. Statisticheskoye modelirovaniye i prognozirovaniye [Tekst] / pod. Red. A.G. Granberga. - M.: Finansy i statistika. 1990. - 382 s.
12. Romanenko, I.V. Sotsialnoye i ekonomicheskoye prognozirovaniye [Tekst]: konspekt lektsiy / I.V. Romanenko. - SPb.: Izd-vo Mikhaylova V.A.. 2000. - 64 s.
13. Ayvazyan S.A., Mkhitaryan V.S., Zekhin V.A. Mnogomernyye statisticheskiye metody. uchebnoye posobiye. M.: Evraziyskiy otkrytyy institut. Moskovskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki, statistiki i informatiki. 2003. - 77 s.
14. Ekstrapolyatsiya i interpolyatsiya v dinamicheskikh ryadakh. [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://studfiles.net/preview/3538769/page:28/> (data obrashcheniya: 20.09.2018).
15. Shkrabak R.V. Kharakteristika, analiz i prognoz proizvodstvennogo travmatizma i effektivnyye puti ego snizheniya. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. № 4. S. 255-262.

УДК 331.453

inessa_21@bk.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСЛОВИЙ БЕЗОПАСНОСТИ
И ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ****IMPROVEMENT OF SECURITY CONDITIONS
AND OCCUPATIONAL SAFETY AT PRODUCTION FACILITIES**

*Озден И.В., кандидат химических наук, доцент,
Султанов Р.М., доктор химических наук, профессор,
Хафизов И.Ф., доктор технических наук, профессор,
Бекбаева Б.Д., Табульдина А.Т.,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет, Уфа,
Кокорин В.В., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Ozden I.V., Sultanov R.M., Khafizov I.F.,
Bekbaeva B.D., Tabuldina A.T.
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa,
Kokorin V.V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Безопасность жизнедеятельности – это важнейший элемент современной социальной и политической жизни любой страны. В настоящее время наблюдается обострение проблемы увеличения числа аварий, несчастных случаев на производственных объектах, профессиональных заболеваний и т.д. Охрана труда является одной из важных сторон практически любой деятельности. И эта область ассоциируется с чем-то консервативным и лишенным возможности использования инновационных методов. Несмотря на это, технический прогресс наступает и в области охраны труда. В связи с этим в статье проанализирована проблема современных технологии, применяемых в охране труда для снижения производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Рассмотрены современные инновации в охране труда, такие как: трекинг-устройства и VR тренажеры. Даны практические рекомендации по использованию этих инноваций в охране труда, что позволит увеличить работоспособность и снизит число аварий и несчастных случаев на производственных объектах.

Ключевые слова: охрана труда, трекер, лидер, обучение, компьютерный тренажер.

Life safety is the most important element of modern social and political life of any country. Currently, there is an exacerbation of problems after accidents, accidents at industrial facilities, occupational diseases, etc. Labor protection is one of the important aspects of almost any activity. And this area is associated with something conservative and deprived of the possibilities of using innovative methods. Despite this, technical progress is occurring in the field of labor protection. In this regard, the article analyzes the problem of modern technologies used in labor protection to reduce industrial injuries and occupational diseases. Modern innovations in labor protection, such as tracking devices and VR simulators, are considered. Practical recommendations are given on the use of these innovations in labor protection, which allows increasing the efficiency and reducing the number of accidents and accidents at industrial facilities.

Key words: labor protection, tracker, lidar, training, computer simulator.

Безопасность жизнедеятельности – это состояние защищенности человеческого общества, его деятельности, при которой потенциальные опасности, негативные воздействия различного характера, влияющие на здоровье человека, исключаются.

Обеспечение безопасности подразумевает создание системы мер по защите человека и его среды обитания от негативных факторов и опасностей.

В целях обеспечения безопасности жизнедеятельности персонала необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести анализ опасностей, возникающих в течение деятельности;
- 2) разработать мероприятия по защите человека и окружающей среды от выявленных опасностей;
- 3) разработать мероприятия по защите от остаточного риска.

На производственных предприятиях обеспечением безопасности жизнедеятельности занимается служба охраны труда.

Согласно ГОСТ 12.0.002-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения» «охрана труда – вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий» [1].

Охрана труда и здоровья трудящихся на производстве является первостепенной

задачей. При решении данной задачи необходимо представлять сущность технологических процессов, чтобы найти способы устранения влияния на организм вредных и опасных факторов, исключить возможность получения травм и профессиональных заболеваний.

На сегодняшний день использование крупногабаритных транспортных средств и движущегося оборудования является составной частью разработки полезных ископаемых, поэтому несчастные случаи при наезде транспортных средств на людей могут происходить как на территории рудника, так и на подъездных путях.

В целях недопущения несчастных случаев российская группа компаний «РТЛ Сервис» разработала систему «RealTrac Предотвращение столкновений» для избежания столкновений транспорта с работниками [2].

Для функционирования данной системы безопасности персонала требуется установить на транспортных средствах блоки контроля и специальные антенны, а персонал обеспечить трекерами. При обнаружении антенн других машин и персональных трекеров работников в зоне радиовидимости антенны производят замер расстояния и передают эти данные в контрольный блок, который устанавливается внутри транспортного средства. В контрольном блоке производится расчет местоположения обнаруженных объектов по дальности/направлению и происходит сопоставление расстояний с зонами контроля. При приближении к опознанному объекту произойдет оповещение звуковыми сигналами, светом и вибрацией.



Рисунок 1. Блоки контроля



Рисунок 2. Трекер

Принцип действия «RealTrac Предотвращение столкновений» состоит том, что система фиксирует сближение техники и рабочих внутри трех настраиваемых зон контроля: зона «Внимание», зона «Опасность» и зона «Авария», радиус

каждой зоны определяется для конкретного объекта, хотя согласно исходным настройкам системы RealTrac их радиус составляет соответственно 40, 25 и 15 метров [3].



Рисунок 3. Зона «Внимание»

*Рисунок 4. Зона «Опасность»**Рисунок 5. Зона «Авария»*

При сближении объектов в зоне «Внимание» внутри кабины транспортного средства срабатывает звуковой сигнал и загорается предупреждающий световой индикатор. В зоне «Опасность» звуковой сигнал в кабине станет повторяться. Если в небезопасной близости от транспортного средства находятся рабочие, то на их тегах загорается светодиод и возникает вибрация. Для того чтобы обратить еще большее внимание водителей и рабочих на опасное сближение, на транспорте загорается проблесковый маячок и начинают мигать желтые габаритные огни. В зоне «Авария», то есть при экстремально опасном сближении, на транспорте включаются аварийные проблесковые маячки,

срабатывают сирена и гудок, теги сотрудников начинают непрерывно вибрировать.

Систему «RealTrac Предотвращение столкновений» можно интегрировать непосредственно с системой управления транспортным средством. В этом случае при опасном сближении объектов система остановит транспортное средство самостоятельно.

RealTrac обладает памятью, в которой сохраняется вся информация о срабатывании системы предотвращения столкновений. Эта функция позволяет анализировать и расследовать инциденты, формирует статистику. Если схожие ситуации раз за разом происходят в одном и

том же месте, то можно предпринять превентивные мероприятия от аварий и травматизма, например, изменить маршрут транспортного средства.

Ключевым преимуществом продукта «RealTrac Предотвращение столкновений» является его полная автономность, что позволяет использовать систему даже в самых глубоких шахтах и карьерах, где невозможно поймать обычный радиосигнал и нет возможности провести беспроводные сети. Всё применяемое оборудование выполнено со степенью защиты IP65, IP69 в соответствии с требованиями федеральных законов «О техническом регулировании», «Об охране окружающей среды» и различных отраслевых стандартов. Это гарантирует работоспособность системы в среде с большим количеством пыли и при широком спектре рабочих температур.

Таким образом, «RealTrac Предотвращение столкновений» позволяет сократить число несчастных случаев, причиной которых является наезд транспортных средств на персонал, что в конечном итоге повышает общий уровень безопасности на промышленных предприятиях.

Одним из возможных методов для предотвращения травматизма на производстве является применение систем, которые не так давно применяются на беспилотных автомобилях, а именно камеры, радары и GPS-навигаторы. Новейшим изобретением в данной сфере стал лидар AEVA – устройство, которое измеряет расстояние до объекта, скорость объекта, используя импульсы света [4].

Лидары испускают на окружающие объекты импульсы света, AEVA испускает непрерывную световую волну. Датчики улавливают отраженный свет, однако AEVA получает более сложный сигнал, проанализировав который можно получить более точные данные об окружающей среде.

AEVA, испускающая непрерывную волну, обеспечивает больший диапазон и разрешение, по сравнению с суще-

ствующими аналогами, лучше работает в условиях непогоды и с объектами с высокой отражающей способностью, такими как мостовые перила, а также в ее работе нет помех, свойственных другим лидарам.

В настоящее время перед нефтегазовой отраслью стоит важнейшая проблема: она заключается в новом, более эффективном подходе к подготовке и переподготовке специалистов в области промышленной безопасности опасных производственных объектов нефтяной и газовой промышленности.

Переподготовка работающих специалистов и качественная подготовка студентов инженерных специальностей – работа затратная и долгая. Однако в связи с развитием компьютерных технологий появилась возможность совершенствовать процесс обучения: сделать его более эффективным, но при этом менее затратным. Также компьютерные технологии позволяют проводить обучение без выхода на рабочую площадку, что полностью предотвращает риск возникновения несчастных или аварийных случаев при обучении [5].

Тренажерная подготовка – это комплекс методик профессионального обучения персонала, имеющий целью формирование, поддержание и совершенствование профессиональных умений и навыков по оперативному управлению оборудованием с помощью различного вида тренажеров и других программных средств подготовки.

Целью тренажерной подготовки персонала является формирование уровня квалификации оперативного персонала, способствующего безаварийной эксплуатации оборудования, сокращение экономических потерь из-за неправильных его действий, а также бездействий, повышение надежности и уровня безопасности эксплуатации оборудования в штатных и аварийных режимах его работы.

Компьютерные технологии позволяют моделировать сложные технологические комплексы для подготовки и по-

вышения квалификации специалистов в нефтегазовой отрасли.

Современный рынок обучающих систем предлагает предприятиям различные виды тренажеров: тренажеры-имитаторы, тренажерные комплексы, автоматизированные системы обучения. Они имеют достоверное динамическое моделирование, звуковое сопровождение, включают игровые технологии, обеспечивают контроль прогресса и качества подготовки и дают всегда качественные результаты при обучении. Благодаря использованию тренажеров можно повысить уровень квалификации оперативного и технологического персонала отрасли через формирование навыков работы с системой управления, обучение действиям в аварийных ситуациях.

В условиях роста сложности оборудования, дефицита квалифицированных производственных кадров и необходимости обеспечения мобильности персонала виртуальные интерактивные 3D-тренажеры позволяют обучать персонал быстро, без угрозы для жизни и здоровью сотрудников, без риска для оборудования и производственного цикла [6].

Согласно исследованиям российских ученых, применение интерактивных VR тренажеров позволяет улучшить результаты обучения в 1,5-2 раза.

Технологии виртуальной реальности повышают эффективность обучения за счет погружения обучаемого в среду, приближения восприятия учебного сценария к реальной ситуации и за счет роста образной памяти в 1,96 раз.



Рисунок 6. VR тренажер

Обучающийся с помощью очков виртуальной реальности погружается в специально смоделированную сцену: цех, кабина оператора, площадка, где имеют полную свободу действий и, взаимодействуя с оборудованием и инструментом, могут изучить технологический процесс и необходимые производственные операции, запомнить расположение оборудования, порядок работы с ним, выработать необходимый навык.

Данная технология является выгодной для обучающей организации, так как дешевле постройки физических тре-

нажеров, а также легко масштабируется по производственным площадкам и филиалам.

На сегодняшний день динамично развивающаяся нефтегазовая промышленность представляет большую опасность для человека, поэтому важно для сохранения жизни и здоровья персонала опасных производственных объектов искать новые решения, способы обеспечения безопасной работы, снижения травматизма, предотвращения несчастных случаев.

Литература

1. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения. Введ. 01.06.2016. М.: Стандартинформ, 2016. 27 с.
2. RealTrac Предотвращение столкновений // RealTrac.
URL: <https://real-trac.com/ru/system/realtrac-cas/> (дата обращения: 01.09.2018).
3. RealTrac Предотвращение столкновений // TADVISER.
URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:RealTrac_Предотвращение_столкновений (дата обращения: 01.09.2018).
4. Американцы объединили функции радара и лидара в одном устройстве // N+1. URL: <https://nplus1.ru/news/2017/09/22/sensor> (дата обращения: 01.09.2018).
5. Приказ Ростехнадзора от 11.03.2016 № 93 (ред. от 26.09.2015) «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 16.04.2013 № 28138).
6. Производственные VR тренажеры // General VR.
URL: <http://general-vr.ru/portfolio-item/виртуальные-3d-тренажеры-производство/> (дата обращения: 01.09.2018).

References

1. GOST 12.0.002-2014 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Terminy i opredeleniya. Vved. 01.06.2016. M.: Standartinform, 2016. 27 s. [in Russian].
2. RealTrac Predotvrashhenie stolknovenij [Electronic Resource] // RealTrac. URL: <https://real-trac.com/ru/system/realtrac-cas/> (accessed 01.09.2018). [in Russian].
3. RealTrac Predotvrashhenie stolknovenij [Electronic Resource] // TADVISER. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Produkt:RealTrac_Predotvrashhenie_stolknovenij (accessed 01.09.2018). [in Russian].
4. Amerikantsy ob"edinili funktsii radara i lidara v odnom ustrojstve [Electronic Resource] // N+1. URL: <https://nplus1.ru/news/2017/09/22/sensor> (accessed 01.09.2018). [in Russian].
5. Prikaz Rostekhnadzora ot 11.03.2016 N 93 (red. ot 26.09.2015) «Ob utverzhdenii Federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Obshhie pravila vzryvobezopasnosti dlya vzryvopozharoopasnykh khimicheskikh, neftekhimicheskikh i neftepererabatyvayushhikh proizvodstv» (zaregistrirovano Ministerstvom yustitsii Rossijskoj Federatsii 16.04.2013 N 28138). [in Russian].
6. Proizvodstvennye VR trenazhery [Electronic Resource] // General VR. URL: <http://general-vr.ru/portfolio-item/virtual'nye-3d-trenazhery-proizvodstvo/> (accessed 01.09.2018). [in Russian].