

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТЕХНОСФЕРЕ**
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT
№ 3 (47) – 2018

Редакционный совет

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

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

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор полковник внутренней службы **Шарапов Сергей Владимирович**, начальник Научно-исследовательского института перспективных исследований и научных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор **Байков Валентин Иванович**, профессор кафедры процессов горения и взрыва Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;

доктор технических наук, доцент полковник внутренней службы **Крутолапов Александр Сергеевич**, заместитель начальника института развития по учебно-методической работе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

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

доктор химических наук, профессор полковник внутренней службы **Калач Андрей Владимирович**, заместитель начальника по научной работе Воронежского института – филиала Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России;

доктор химических наук, профессор **Сиротинкин Николай Васильевич**, декан факультета химической и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета);

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

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

доктор наук (PhD), профессор **Агостон Рестас**, начальник Департамента противопожарной профилактики и предотвращения чрезвычайных ситуаций Института управления в чрезвычайных ситуациях (Республика Венгрия);

доктор технических наук **Николич Божо**, профессор Высшей технической школы г. Нови Сад (Республика Сербия);

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

Секретарь совета:

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

Редакционная коллегия

Председатель – подполковник внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

Заместитель председателя – кандидат технических наук майор внутренней службы **Турсенев Сергей Александрович**, начальник отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Члены редакционной коллегии:

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

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

кандидат военных наук, доцент полковник внутренней службы **Горбунов Алексей Александрович**, заместитель начальника университета – начальник института заочного и дистанционного обучения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Пелех Михаил Теодозиевич**, заместитель начальника университета по учебной работе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Шидловский Александр Леонидович**, начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент **Маловечко Владимир Александрович**, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

Секретарь коллегии:

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

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

Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Uberich's Periodicals Directory».

Решением ВАК журнал включен в перечень периодических научных и научно-технических изданий, в которых рекомендуется публикация материалов, учитывающихся при защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Периодичность издания журнала – ежеквартальная

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Щербаков О.В., Лабинский А.Ю. К вопросу оценки техногенного риска на нефтеперерабатывающем предприятии 6

Красильников А.В., Бельшина Ю.Н., Крутолапов А.С. Методика парофазного анализа горючих жидкостей при исследовании аварийных пожароопасных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса 13

Седнев В.А. Научно-методический подход обоснования требований к системам электроснабжения автономных полевых лагерей войсковых формирований при размещении в труднодоступных районах Крайнего Севера 19

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Хайдаров А.Г., Королева Л.А. Эксергетическая концепция оценки эффективности, экологической и пожарной опасности процессов получения и использования энергии 29

Горшкова Е.Е., Дехтерева В.В., Удальцова Н.В. Особенности обеспечения пожарной безопасности жилых зданий, нормативно-правовые аспекты 36

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

Воропаев Н.П., Зокоев В.А., Иванов С.В. Проблемные вопросы создания резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций в организациях (на примере Санкт-Петербурга) 45

Троянов О.М., Рева Ю.В., Рыбин О.А. Пути обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях техногенного характера на объектах водного транспорта 52

Савчук О.Н., Аксенов А.А. О совершенствовании сбора исходных данных для оперативного прогнозирования последствий аварий (разрушений) подвижных химически опасных объектов 56

Фомин А.В., Шахманов Ф.Ф. Математическая модель определения величины коллективного пожарного риска автомобильных газозаправочных станций 61

Буйневич М.В., Вострых А.В., Шуракова Д.Г., Анашечкин А.Д. Решение задачи выбора оптимального маршрута следования сил и средств подразделений МЧС России к месту возникновения происшествий с помощью алгоритма дейкстры 68

Ложкина О.В., Тимофеев В.Д., Ложкин В.Н. Методика прогнозирования чрезвычайного воздействия продуктов горения торфяного пожара на безопасность дорожного движения 79

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Сараев И.В., Бубнов А.Г. Комплексный критерий для выбора пожарно-технического оборудования при оснащении подразделений МЧС России 86

Чешко И.Д., Лобатова О.В., Теплякова Т.Д. Пожары, исследованные судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России в 2017 году 93

Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермиков А.А. Вынужденная конвекция в системах дымоудаления 100

Волик А.С., Хабилов Т.Р. Тактико-техническое обеспечение тушения пожаров на объектах нефтегазового комплекса модифицированными воздушно-механическими пенами 107

Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материалами 110

Сведения об авторах 120

Информационная справка. 123

Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере». 128

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Проблемы управления рисками в техносфере», без письменного разрешения редакции не допускается.

Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

ББК 84.7Р

УДК 614.84+614.842.84

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

ISSN 1998-8990

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

**О.В. Щербаков, доктор технических наук, профессор;
А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрено использование аппарата нечетких множеств и нечеткой логики в оценке техногенного риска. Приведены результаты моделирования процесса оценки технического риска возникновения аварийной ситуации на нефтеперерабатывающем предприятии.

Ключевые слова: риск возникновения чрезвычайной ситуации, нечеткая логика, система нечеткого вывода

TO THE QUESTION OF TECHNOGENIC RISK ASSESSMENT AT ITS REFINERY

O.V. Shcherbakov; A.Yu. Labinskiy.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the special feature of employment the fuzzy logic for valuation of the technical risk. The special feature of using a fuzzy output system with fuzzy membership functions.

Keywords: risk of an emergency, fuzzy logic, output fuzzy system

Оценка техногенного риска на нефтеперерабатывающем предприятии позволяет решать задачу предотвращения чрезвычайной ситуации. Общими свойствами риска являются [1]:

- многомерная характеристика будущих состояний объекта;
- связь со случайными явлениями и процессами;
- проявление в виде условного события.

Факторы, влияющие на риск, отображаются в виде числовых и нечисловых переменных и подразделяются на определенные и неопределенные факторы [2].

Определенными факторами являются переменные, которые могут быть заданы с требуемой точностью [3].

Неопределенными факторами являются переменные, значения которых не определены. К таким переменным обычно относят две группы переменных: случайные (стохастические) переменные и нестохастические переменные [4].

Неопределенные факторы нестохастической природы подразделяются на факторы с известными функциями принадлежности и факторы с неизвестными функциями принадлежности [5]. Функция принадлежности задает некоторое подмножество допустимой области изменения фактора. Для оценки диапазона изменений факторов с неизвестными функциями принадлежности используют процедуру экспертного оценивания с последующим использованием аппарата теории нечетких множеств [6].

Неопределенность нестохастического характера может быть вызвана следующими обстоятельствами [5]:

- наличие целенаправленного противодействия со стороны конкурирующей системы (поведенческая неопределенность);
- недостаточная изученность явлений, сопровождающих процесс функционирования объекта (природная неопределенность);
- нечеткое представление цели функционирования объекта (целевая неопределенность).

Технический риск связан с аварийностью на техническом объекте, зависящей от следующих факторов: качества проектирования объекта, качества изготовления объекта, надежности объекта, условий эксплуатации объекта, человеческого фактора. Безопасность технических объектов обеспечивается следующими мерами [5]:

- проектными решениями, принятыми при разработке технологий, строительстве и эксплуатации объектов;
- контролем технологических процессов и параметров безопасности;
- технической культурой обслуживающего персонала (профессионализм, производственная дисциплина, ответственность, система подбора, подготовки, аттестации и повышения квалификации кадров).

Модель оценки техногенного риска с помощью нечеткой логики

Рассмотрим оценку технического риска возникновения аварийной ситуации на нефтеперерабатывающем предприятии, осуществляющем хранение и переработку нефти и продуктов ее переработки, а также реагентов и катализаторов, используемых в технологических процессах переработки нефти. В формализованном виде описание варианта облика такого предприятия может быть представлено в виде совокупности требуемых значений целевых показателей, определяющих его основные (целевые) параметры и свойства.

Факторы, относящиеся к области деятельности предприятия, примерами которых могут быть изменение объемов выделяемых средств на развитие предприятия, поставщиков сырья, рынков сбыта продукции, характеризуются нестабильностью и высокой динамикой изменения. Это приводит к появлению различного рода неопределенностей относительно стратегий развития предприятия.

Данные обстоятельства обуславливают необходимость учета и количественной оценки рисков при выборе стратегии развития предприятия с целью принятия необходимых и своевременных мер по предупреждению возможных аварийных ситуаций.

При наличии необходимых статистических данных для решения указанной задачи могут быть применены методы теории вероятностей и математической статистики. Однако в условиях нестабильности и высокой динамики изменения рассмотренных выше факторов статистическая информация отсутствует, что не позволяет использовать указанные методы.

В данном случае для решения указанной задачи может быть использован аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики, в рамках которого прогнозируемые и требуемые значения анализируемых показателей могут быть представлены в виде нечетких величин, что позволит обеспечить учет неопределенностей относительно стратегий развития предприятия.

Рассмотрим пример оценки риска с использованием нечеткой логики в процессе мониторинга и оценки типовых аварийных ситуаций во время текущей деятельности предприятия, осуществляющего переработку нефти и хранение в качестве продуктов переработки таких опасных химических веществ (ОХВ), как аммиак, бензол, дихлорэтан, метан, пропан, сероводород, хлор, фенол, этилсвинец, этилен [7]. Моделирование оценки техногенного риска производилось с использованием системы нечеткого вывода, описанной в работе [8]. В качестве входных переменных системы нечеткого вывода были использованы:

- показатели надежности системы обеспечения безопасности жизнедеятельности (СОБЖ) персонала предприятия;
- показатели, характеризующие условия хранения ОХВ (давление в системе хранения), от которых зависят значения концентрации ОХВ в окружающей среде в случае его утечки.

В результате экспертных оценок были получены значения показателей надежности системы обеспечения безопасности и показателей условий хранения ОХВ, представленные в табл. 1, 2.

Таблица 1

Показатели надежности	Критерий оценки показателей надежности СОБЖ	Значения показателя
Очень низкая, 1	СОБЖ не отвечает требованиям безопасности	менее 20
Низкая, $i=2$	СОБЖ отвечает требованиям безопасности частично, персонал плохо подготовлен	от 20 до 39
Средняя, $i=3$	СОБЖ отвечает требованиям безопасности частично, персонал недостаточно подготовлен	от 40 до 59
Высокая, $i=4$	СОБЖ отвечает требованиям безопасности частично, весь персонал хорошо подготовлен	от 60 до 79
Очень высокая, 5	СОБЖ отвечает всем требованиям безопасности	от 80 до 100

Таблица 2

Показатели условий хранения ОХВ	Критерий оценки показателей условий хранения ОХВ	Значения показателя
Категория 1, $j=1$	Давление в системе хранения менее 0,10 МПа	от 1 до 19
Категория 2, $j=2$	Давление в системе хранения более 0,10 МПа	от 20 до 39
Категория 3, $j=3$	Давление в системе хранения более 0,25 МПа	от 40 до 59
Категория 4, $j=4$	Давление в системе хранения более 0,50 МПа	от 60 до 79
Категория 5, $j=5$	Давление в системе хранения более 1,00 МПа	от 80 до 100

В целях оценки значений выходной переменной системы нечеткого вывода экспертами была произведена оценка риска нанесения вреда здоровью в результате аварийных ситуаций в процессе текущей деятельности предприятия. В результате экспертных оценок были получены значения категорий техногенного риска, приведенные в табл. 3.

Таблица 3

Категория риска	Критерий оценки риска нанесения вреда здоровью	Значения
Очень низкий, $k=1$	Отсутствие риска нанесения вреда здоровью	от 0 до 0,19
Низкий, $k=2$	Малая вероятность нанесения вреда здоровью	от 0,2 до 0,39
Средний, $k=3$	Средняя вероятность нанесения вреда здоровью	от 0,4 до 0,59
Высокий, $k=4$	Высокая вероятность нанесения вреда здоровью	от 0,6 до 0,79
Очень высокий, $k=5$	Высокая вероятность смертельных исходов	от 0,8 до 1,00

База нечетких продукционных правил в виде нечетких высказываний-термов, которым поставлены в соответствие функции принадлежности, может быть представлена в следующем виде:

1: ЕСЛИ Надежность= $ПН_i$ И Условия хранения= $ПУХ_j$ ТО Риск= $ПКР_k$,

2: ЕСЛИ Надежность= $ПН_i$ И Условия хранения= $ПУХ_j$ ТО Риск= $ПКР_k$,

.....
N: ЕСЛИ Надежность= $ПН_i$ И Условия хранения= $ПУХ_j$ ТО Риск= $ПКР_k$,

где N – число сочетаний показателей $ПН_i$, $ПУХ_j$ и $ПКР_k$, заданное экспертами; $ПН_i$ – показатель надежности СОБЖ; $ПУХ_j$ – показатель условий хранения ОХВ; $ПКР_k$ – показатель категории риска; i, j, k – номера показателя.

Фаззификация входных и выходной переменных осуществлялась с помощью четкой линейной треугольной (Triangle) функции принадлежности и четкой нелинейной функции принадлежности Гаусса. Треугольная (Triangle) функция принадлежности может быть

представлена в виде $F(x; a, b, c)$, где a, b, c – некоторые числовые параметры, принимающие произвольные действительные значения и упорядоченные отношением: $a \leq b \leq c$. Эта функция принадлежности порождает нормальное выпуклое унимодальное нечеткое множество с носителем – интервалом (a, c) , границами $(a, c) \setminus \{b\}$, ядром $\{b\}$ и модой b . Функция принадлежности Гаусса может быть представлена в виде:

$$F(x; \sigma, c) = \exp[-(x-c)^2 / (2 \cdot \sigma^2)].$$

Эта функция принадлежности порождает нормальное выпуклое нечеткое множество.

Для качественного описания процесса фаззификации нужно сопоставить каждому определенному интервалу значений входных переменных x_1 (Надежность СОБЖ) и x_2 (Условия хранения ОХВ) определенный интервал значений функции принадлежности $\mu(x)$, представленный в табл. 4.

Таблица 4

Интервал значений $\mu(x)$	Лингвистическая принадлежность	Вид функции принадлежности	
		X_1	X_2
$0 \div 1$	Очень низкая/Категория 1	Гаусса $(0,0 \div 0,2)$	Гаусса $(0,0 \div 0,2)$
$0 \div 1$	Низкая/Категория 2	Гаусса $(0,2 \div 0,4)$	Гаусса $(0,2 \div 0,4)$
$0 \div 1$	Средняя/Категория 3	Гаусса $(0,4 \div 0,6)$	Гаусса $(0,4 \div 0,6)$
$0 \div 1$	Высокая/Категория 4	Гаусса $(0,6 \div 0,8)$	Гаусса $(0,6 \div 0,8)$
$0 \div 1$	Очень высокая/Категория 5	Гаусса $(0,8 \div 1,0)$	Гаусса $(0,8 \div 1,0)$

Четкие функции принадлежности входных переменных (рис. 1).

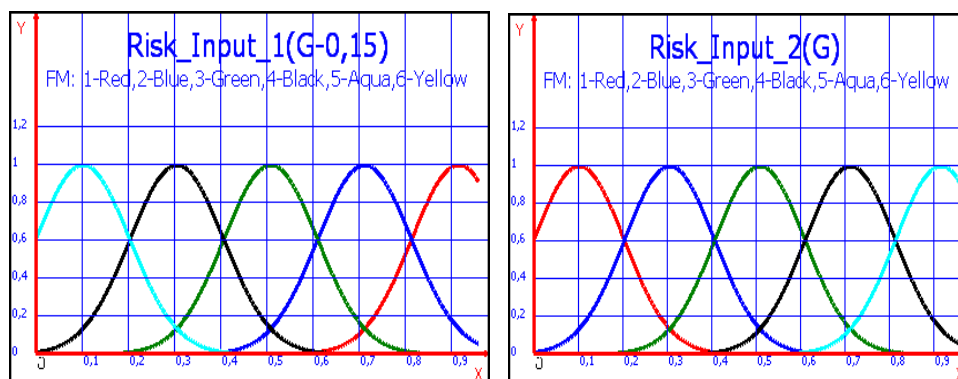


Рис. 1. Четкие функции принадлежности входных переменных X_1 и X_2

Соответствие интервала значений выходной переменной (Категория риска) интервалу значений функции принадлежности $\mu(x)$ представлено в табл. 5.

Таблица 5

Интервал значений $\mu(x)$	Лингвистическая принадлежность	Вид функции принадлежности
$0 \div 1$	Очень низкий	Тр-образная $(0,0 \div 0,2)$
$0 \div 1$	Низкий	Тр-образная $(0,2 \div 0,4)$
$0 \div 1$	Средний	Тр-образная $(0,4 \div 0,6)$
$0 \div 1$	Высокий	Тр-образная $(0,6 \div 0,8)$
$0 \div 1$	Очень высокий	Тр-образная $(0,8 \div 1,0)$

Четкие функции принадлежности выходной переменной представлены на рис. 2.

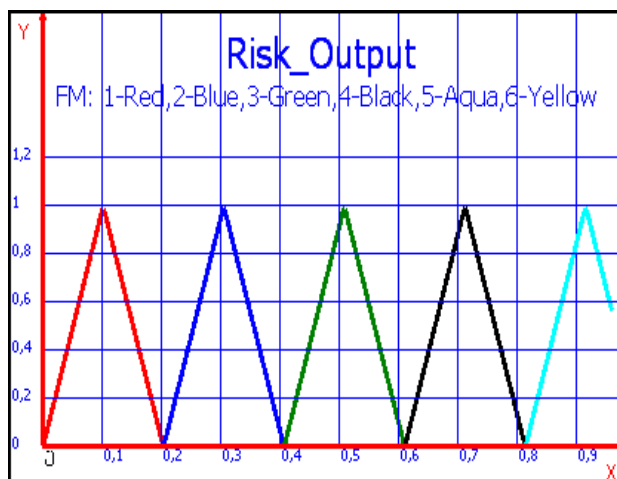


Рис. 2

В результате вычислительных экспериментов на ЭВМ получены зависимости величины риска от значений входных переменных X_1 (Надежность СОБЖ) и X_2 (Условия хранения ОХВ) (рис. 3, 4).

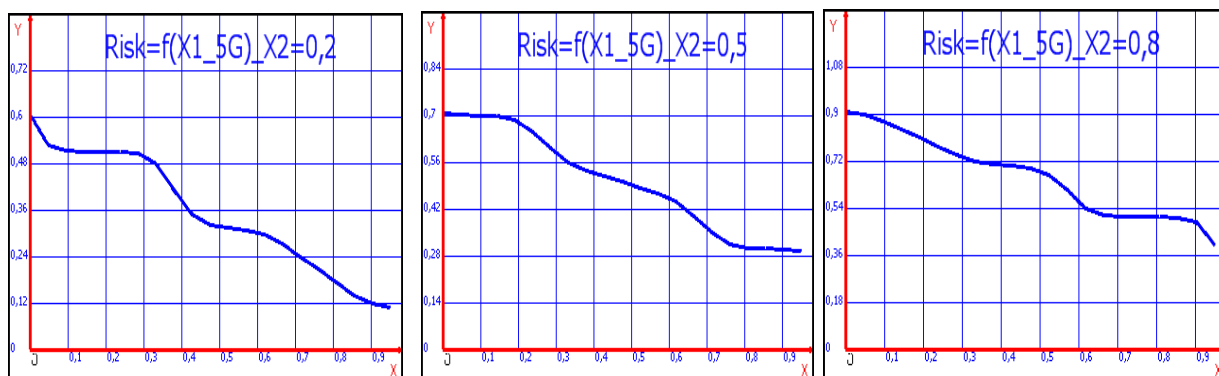


Рис. 3. Зависимости величины риска от четкой переменной X_1 ($X_2=0,2; 0,5; 0,8$)

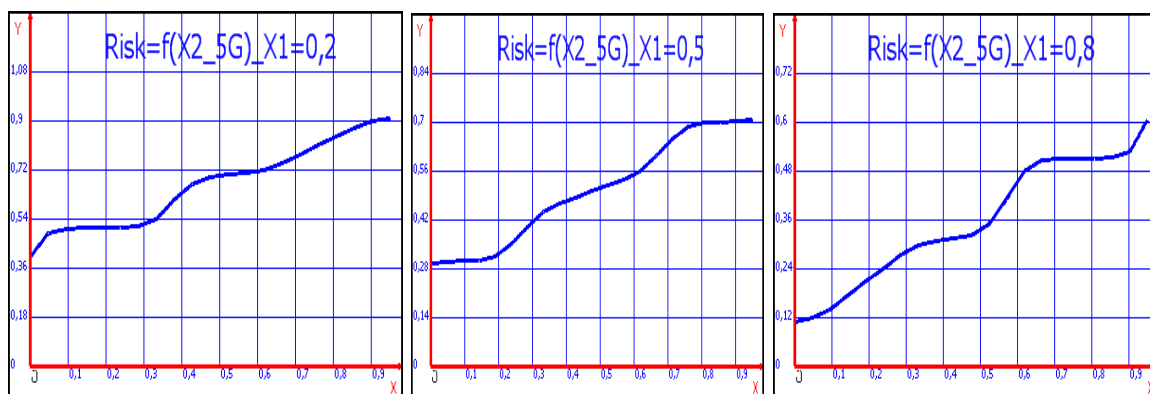


Рис. 4. Зависимости величины риска от четкой переменной X_2 ($X_1=0,2; 0,5; 0,8$)

Трехмерная поверхность нечеткого вывода $Z(\text{Risk})=f(X(X_1), Y(X_2))$ под различными углами просмотра представлена на рис. 5.

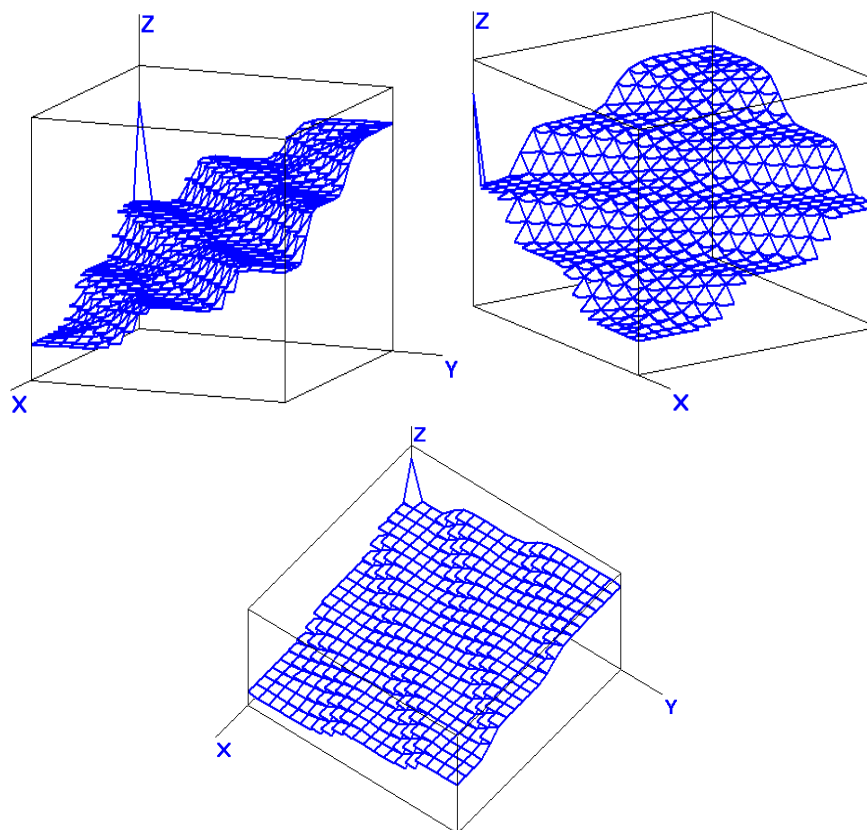


Рис. 5

При использовании четких функций принадлежности нужно задавать четкие значения точек, начиная с которых степень принадлежности становится отличной от нуля. Размытие этих точек до интервалов неопределенности является переходом от четких к нечетким функциям принадлежности. В случае использования нечетких функций принадлежности вид функций размывается и добавляется след неопределенности. Добавление нечеткости в функцию принадлежности позволяет учесть неполноту и неточность исходных данных [9].

Для нечетких функций принадлежности фаззификация входных и выходной переменных осуществлялась с помощью Triangle-образной и Гаусса нечетких функций принадлежности (рис. 6).

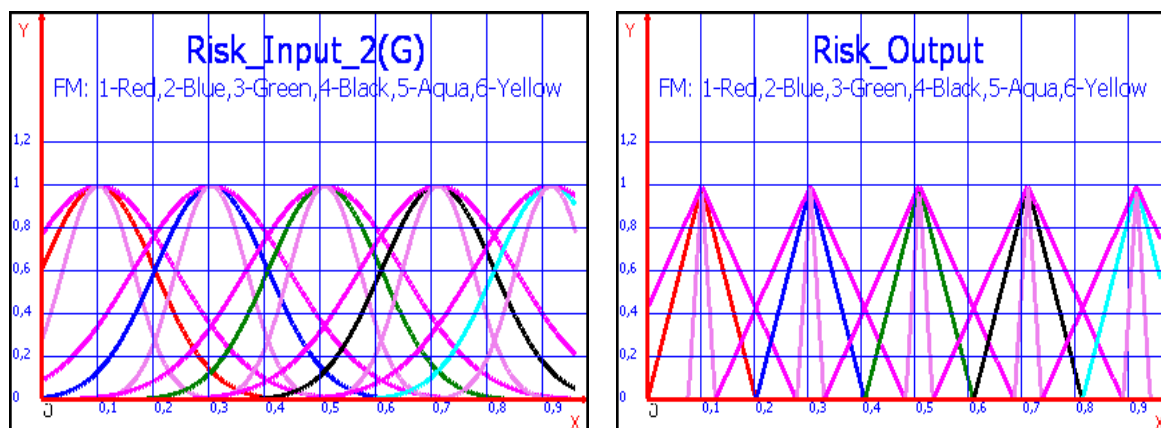


Рис. 6. Нечеткие функции принадлежности входной X_2 и выходной переменных

В результате вычислительных экспериментов на ЭВМ получены зависимости величины риска от значений нечетких входных переменных X_1 (Надежность СОБЖ) и X_2 (Условия хранения ОХВ) (рис. 7, 8).

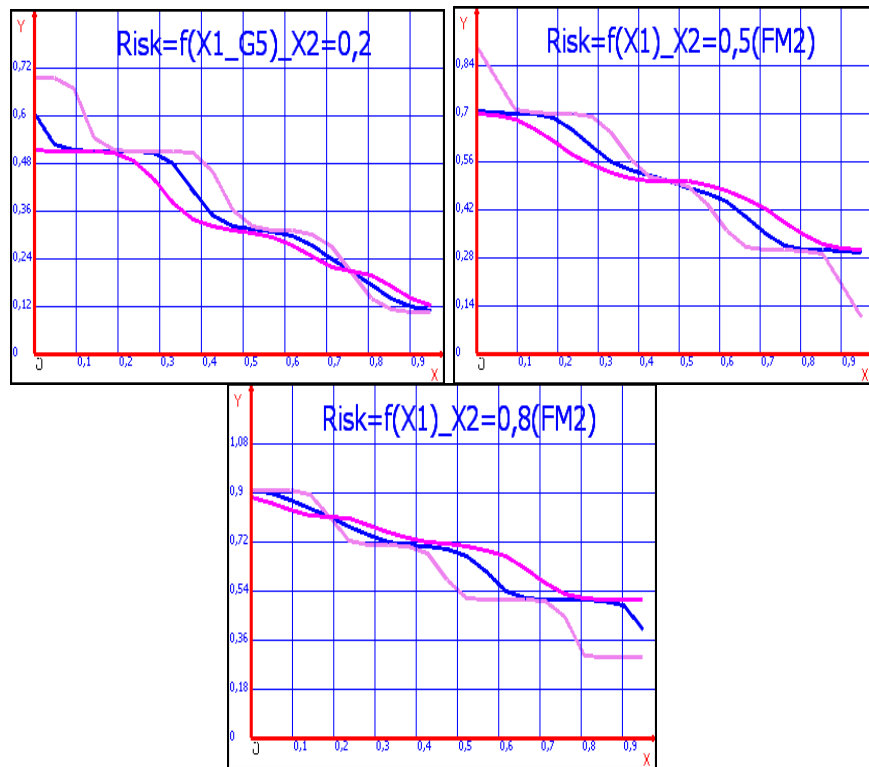


Рис. 7. Зависимости величины риска от нечеткой переменной X_1 ($X_2=0,2; 0,5; 0,8$)

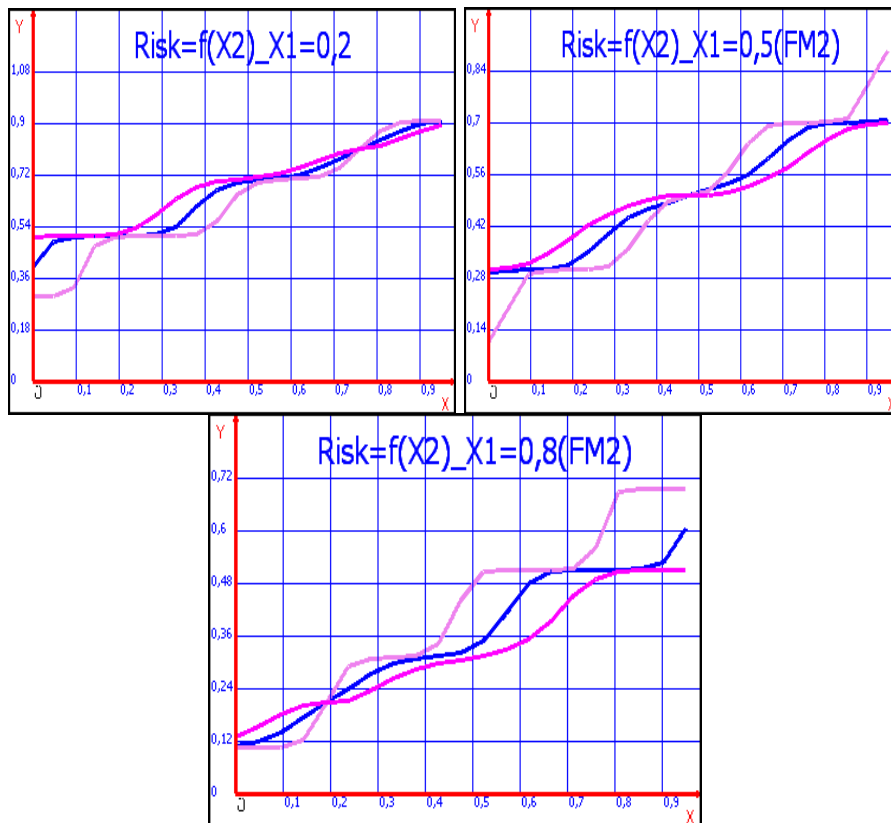


Рис. 8. Зависимости величины риска от нечеткой переменной X_2 ($X_1=0,2; 0,5; 0,8$)

Компьютерное моделирование оценки техногенного риска с помощью нечеткой логики происходит с заданием интервала возможных значений (интервала неопределенности) показателей надежности системы обеспечения безопасности жизнедеятельности (СОБЖ) и показателей условий хранения опасного химического вещества (ОХВ). Поэтому в результате может быть получен диапазон возможных значений показателей техногенного риска в зависимости от средних значений показателей надежности СОБЖ и условий хранения ОХВ.

Литература

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2010.
2. Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Салов С.С. Управление риском и устойчивое развитие. М.: Наука, 2011.
3. Черняева В.Г. Оценка рисков и управление рисками. М.: Академия, 2009.
4. Акимов А.В. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Проспект, 2013.
5. Толомин Г.Д. Теория и моделирование риска. М.: Прогресс, 2008.
6. Лабинский А.Ю. Использование нечеткой логики в оценке вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 1. С. 67–74.
7. Рудин М.Г. Справочник нефтепереработчика. Л.: Химия, 1989.
8. Лабинский А.Ю. Моделирование системы нечеткого вывода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 2 (18). С. 5–10.
9. Лабинский А.Ю., Уткин О.В. Система нечеткого вывода с нечеткими функциями принадлежности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 1. С. 68–74.

МЕТОДИКА ПАРОФАЗНОГО АНАЛИЗА ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ АВАРИЙНЫХ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

А.В. Красильников;

Ю.Н. Бельшина, кандидат технических наук, доцент;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Разработана установка циркуляционного парофазного анализа в сочетании с газожидкостной хроматографией и инфракрасной спектроскопией. Приведена принципиальная схема установки, ее основные элементы, механизм работы. Исследованы светлые товарные нефтепродукты, обращающиеся на объектах нефтегазового комплекса. Предложенная методика парофазного анализа горючих жидкостей позволяет решать криминалистические задачи иерархии обнаружение-диагностика-идентификация при исследовании аварийных пожароопасных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: парофазный анализ, газожидкостная хроматография, инфракрасная спектроскопия, светлые товарные нефтепродукты

THE TECHNIQUE OF VAPOR-PHASE ANALYSIS OF FLAMMABLE LIQUIDS IN THE STUDY OF EMERGENCY FIRE HAZARDOUS SITUATIONS AT OIL AND GAS FACILITIES

A.V. Krasilnikov; Yu.N. Belshina; A.S. Krutolapov.

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

Designed the installation of the circulating vapor-phase analysis in combination with gas-liquid chromatography and infrared spectroscopy. The schematic diagram of the installation, its main elements, the mechanism of operation. The light commercial oil products circulating at the oil and gas facilities were investigated. The proposed method of vapor-phase analysis of flammable liquids allows solving criminalistic problems of hierarchy detection-diagnosis-identification in the study of emergency fire situations at oil and gas facilities.

Keywords: vapor phase analysis, gas-liquid chromatography, infrared spectroscopy, light commercial oil products

На сегодняшний день научно-технический прогресс очевидно оказывает влияние на все сферы жизнедеятельности человека, в том числе пожарную и промышленную. Одновременно с этим человек прямо или косвенно может быть вовлечен в негативные сущности данного процесса, которые выражены возникновением аварийных и пожароопасных ситуаций.

По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), с начала 2018 г. произошло 10 аварий на объектах нефтегазового комплекса. В половине случаях элементами сценариев развития аварий являются возгорания и взрывы газозоудных смесей, при этом суммарный ущерб составил порядка 20 млн руб.

Так, например, на АО «Серпуховская нефтебаза» при сливе остатков нефтепродуктов из вертикального стального резервуара РВС-2000, оборудованного погружным нагревательным элементом, произошел взрыв газозоудной смеси внутри резервуара с воспламенением и разгерметизацией резервуара в верхней части его крыши (рис. 1).



Рис. 1. Последствия воспламенения газозоудной смеси на резервуаре РВС-2000

При производстве работ по капитальному ремонту скважины на ПАО «Татнефть» при спуске электро-центробежного насоса произошел выброс газонефтяной смеси с последующим возгоранием (рис. 2).



Рис. 2. Последствия выброса газонефтяной смеси из скважины

Очевидно, возникает необходимость принятия нормативных и технических мер по локализации и устранению причин аварий. Базисом технических мер является разработка методик анализа тех потенциально опасных веществ, которые обращаются на объектах нефтегазового комплекса. Такими объектами зачастую являются горючие (ГЖ) и легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ). Следует отметить, что согласно ст. 12 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по горючести вещества и материалы подразделяются на следующие группы: негорючие, трудногорючие, горючие, при этом из ГЖ выделяют группы ЛВЖ и особоопасных ЛВЖ. Согласно указанной правовой норме автомобильные бензины справедливо относить как к горючими, так и ЛВЖ.

Горение жидкостей рассматривается с позиций молекулярно-кинетической и электронной теорий строения материи. Необходимо обозначить тот факт, что горению подвергается именно пары, находящиеся над зеркалом конденсированного состояния жидкости. Поэтому становится актуальным исследование паровой фазы и, как следствие, разработки методики парового анализа ГЖ.

О терминологии, истории, метрологических характеристиках, возможных приложениях подробно изложено в отечественных [1–3], а также зарубежных публикациях [4–5].

В некоторых случаях проведение анализа ГЖ связано со стадией подготовки пробы к такому состоянию, при котором она сохраняет свойство нативности. На сегодняшний день существует множество вариаций пробоподготовки, в статье будет рассмотрен процесс экстракции. Факт того, что экстракция может проводиться при помощи экстрагентов различного агрегатного состояния послужил основной для классификации на газовую, жидкофазную и твердофазную.

Газовая экстракция широко распространена в аналитических методах пробоподготовки. За рубежом она получила название «solventless», дословно с английского означает – без растворителя, этимология понятия прямо указывает на достоинство данного метода. Возможность потери легколетучих компонентов, артифицирование исследуемого аналита вместе фокусируют внимание на газовой экстракции вместо жидкостной и твердофазной. Паровый анализ подразумевает проведение газовой экстракции. Единства аппаратного оформления данный метод анализа не имеет, поэтому в настоящей работе была сконструирована установка, схематично представленная на рис. 3.

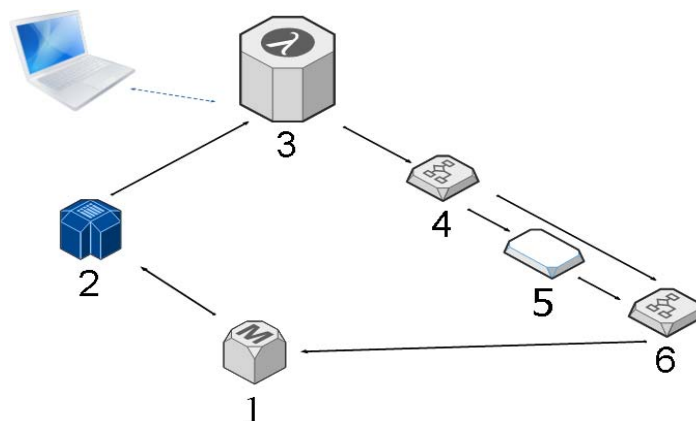


Рис. 3. Установка циркуляционного паровоздушного анализа:
1 – микрокомпрессор; 2 – колбонагреватель с колбой; 3 – газовая кювета инфракрасного (ИК) спектрометра; 4, 6 – распределители паровоздушного потока; 5 – ловушка с сорбентом (стрелками обозначено направление паровоздушного потока, элементы соединены фторопластовыми трубками)

Операции проводятся в следующем порядке: в колбу (2) помещается аналит, включается микрокомпрессор (1), который продувает аналит через газовую кювету, установленную в ИК-спектрометр (3), распределителем (4) поток направляется напрямую в распределитель (6), минуя ловушку с сорбентом (5). Из распределителя (6) поток направляется обратно в микрокомпрессор (1). Затем пары образца, пройдя последовательно через элементы 2, 3, распределителем (4) направляются через ловушку (5), а из ловушки (5) – в распределитель (6) и микрокомпрессор (1). Таким образом, соединение элементов образует собой замкнутую систему. Такой режим проведения паровоздушного анализа получил название «циркуляционный».

В качестве объектов исследования были выбраны автомобильный бензин АИ-95, также растворитель В-646. Объем наносимого образца составлял 25 мкл. Образцы наносились дозатором Sartorius Proline 10–100 мкл в круглодонную колбу 250 мл, установленную на колбонагреватель UT-4120D. Масса сорбентов составляла 0,25 гр. В качестве сорбентов для улавливания были выбраны уголь для гемодиализа, силикагель, инертон.

Для решения диагностической задачи была выбрана ИК-спектроскопия. Исследование проводилось на ИК-спектрометре «Инфралюм-ФТ 08» с установленной в нем газовой кюветой, тип светодетектора ZnSe, длина оптического пути 5 см, апподизация Бесселева, количество сканов 90, шаг 4 см^{-1} , время накопления 60 с. Спектры обрабатывались в программном обеспечении СпектрАЛЮМ. Для обеспечения большей наглядности в программе Microsoft Excel была составлена сводная диаграмма ИК-спектров (рис. 4).

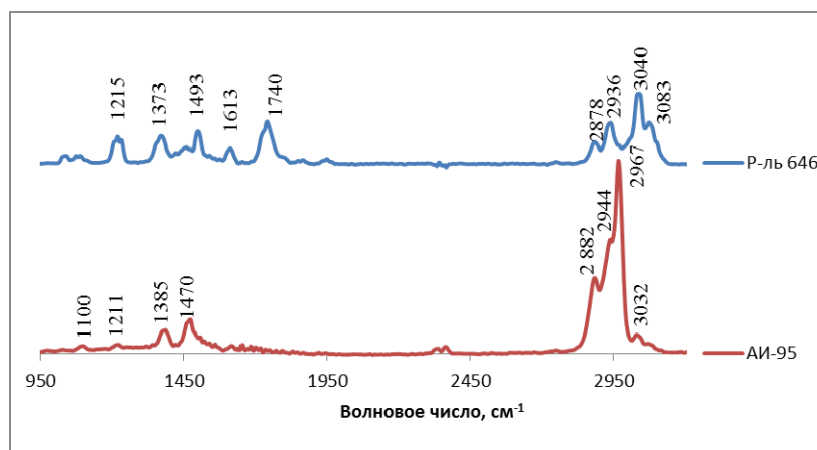


Рис. 4. Сводная диаграмма ИК-спектров бензина АИ-95 и растворителя В-646

На оси абсцисс отложено волновое число, измеряемое в обратных сантиметрах. Ось ординат ввиду ее неинформативности при данном способе построения диаграммы была удалена. Интерпретация ИК-спектров основывается на установлении наличия полосы поглощения при определенном волновом числе, хотя в тоже время отсутствие какой-либо полосы не позволяет с абсолютно точной достоверностью судить об отсутствии данной функциональной группировки.

Спектр паровой фазы растворителя 646 указан синим цветом. Полоса поглощения $1\,215\text{ см}^{-1}$ соответствует эфирной группировке со связью С-О, пара $1\,373\text{ см}^{-1}$ и $1\,493\text{ см}^{-1}$ является представителем группировок $\text{CH}_3\text{-CH}_2$, а $1\,613\text{ см}^{-1}$ и $1\,740\text{ см}^{-1}$ – ароматической и карбонильной группировкам соответственно. Пара $2\,878\text{ см}^{-1}$ и $2\,936\text{ см}^{-1}$ соответствует также группировкам $\text{CH}_3\text{-CH}_2$, отличающимся валентным типом колебаний, а $3\,040\text{ см}^{-1}$ и $3\,083\text{ см}^{-1}$ повторно свидетельствует о наличии ароматической группировки.

Спектр паровой фазы бензина АИ-95 указан красным цветом. В составе было установлено наличие трех функциональных группировок. В фингерпринтной области полосы поглощения $1\,100\text{ см}^{-1}$, $1\,211\text{ см}^{-1}$ принадлежат эфирной группировке, $1\,385\text{ см}^{-1}$, $1\,470\text{ см}^{-1}$ деформационным колебаниям алифатической группировки, $2\,882\text{ см}^{-1}$, $2\,944\text{ см}^{-1}$, $2\,967\text{ см}^{-1}$ валентным колебаниям алифатической группировки. Также полоса поглощения $3\,032\text{ см}^{-1}$ принадлежит ароматической группировке.

Далее исследовались образцы методом газожидкостной хроматографии на оборудовании Хроматэк Кристалл 5000.1 при следующем режиме измерения: система детектирования пламенно-ионизационная, колонка капиллярная Zebtron ZB-50, рабочий диапазон температур колонки $40\text{--}280^\circ\text{C}$, время анализа 65 мин, деление потока 1/400. В качестве устройства для извлечения паров образца выступал двухстадийный термодесорбер ТДС-1. Десорбция проводилась при 200°C , в течении 10 мин, расход продувочного газа 30 мл/мин. Хроматограммы, полученные при заданном режиме, указаны на рис. 5–7.

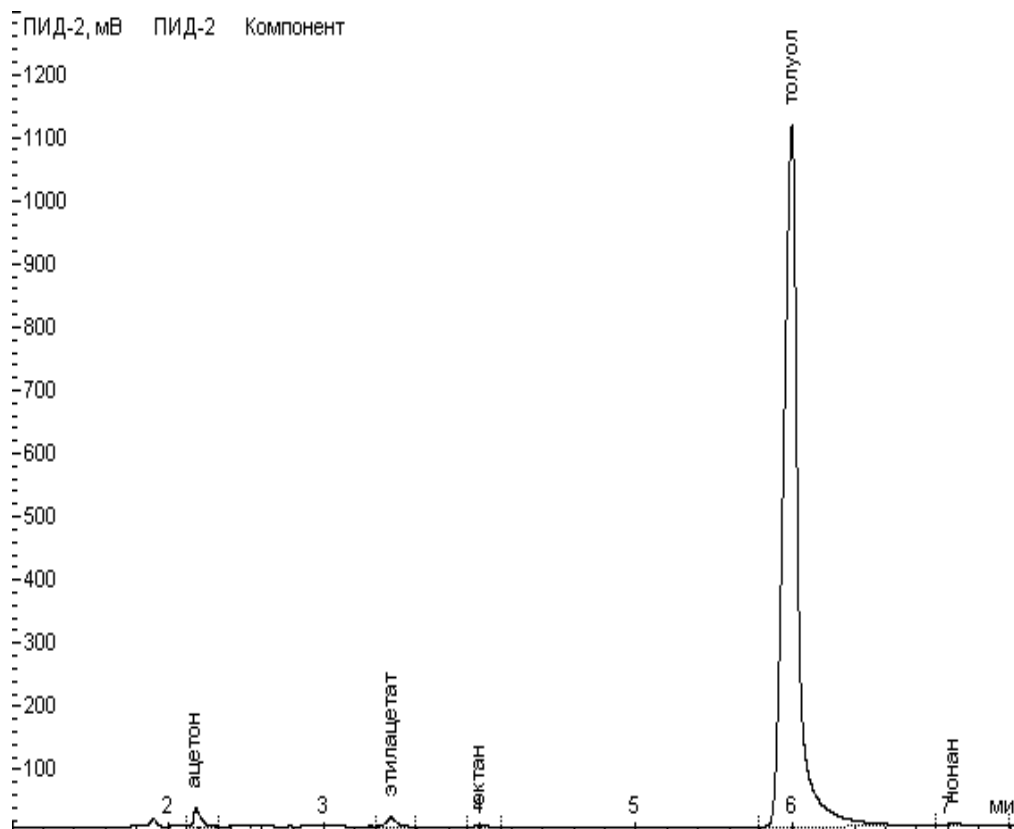


Рис. 5. Хроматограмма паровой фазы растворителя В-646 при 20°C , сорбент – уголь для гемодиализа

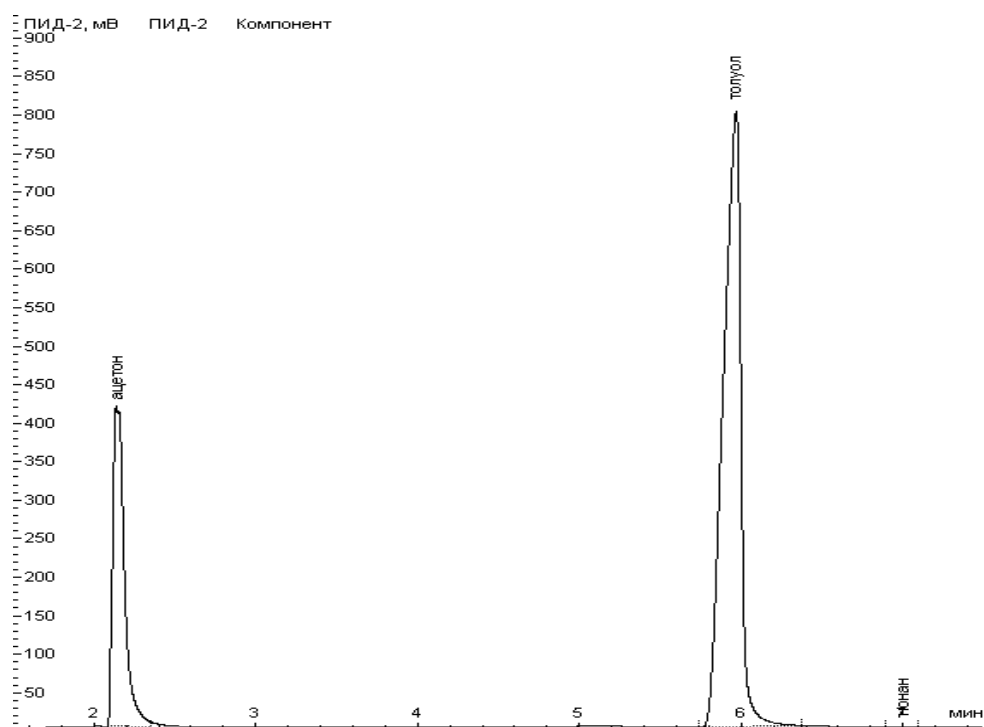


Рис. 6. Хроматограмма паровой фазы растворителя В-646 при 20 °С, сорбент – Silicagel L 40/100

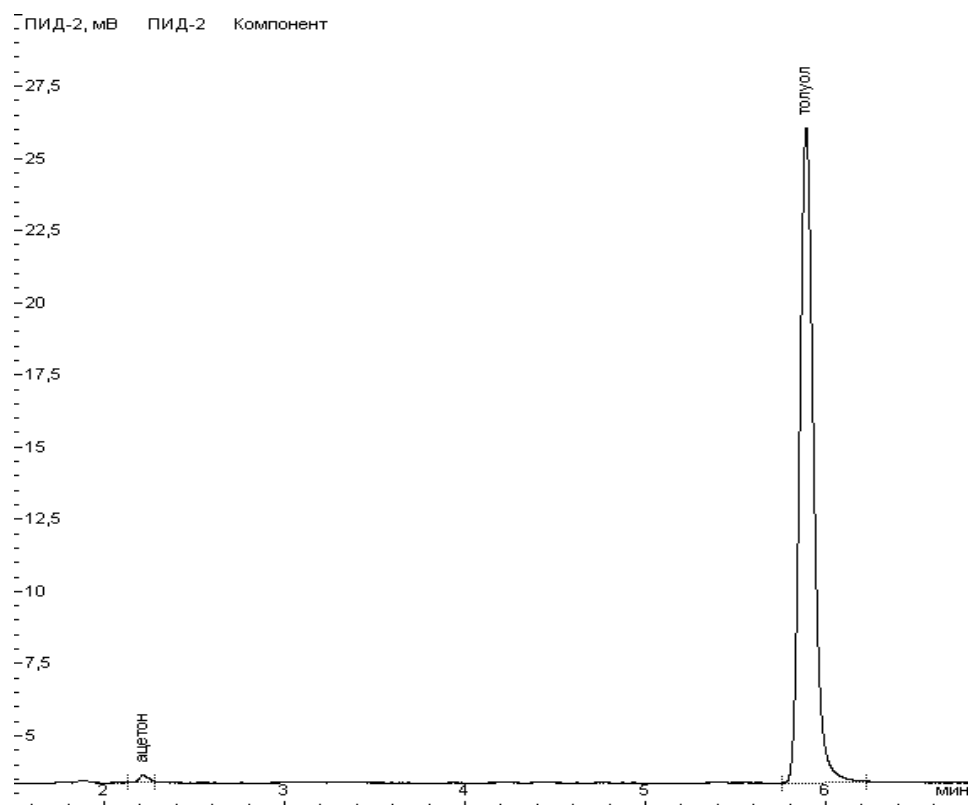


Рис. 7. Хроматограмма паровой фазы растворителя В-646 при 20 °С, сорбент – инертон супер для хроматографии

Как видно из представленных выше рисунков, наибольшее количество компонентов, а именно – ацетон, этилацетат, толуол, октан, нонан, удалось сорбировать на ловушке с активированным углем. Одинаковую качественную селективность по отношению к компонентам растворителя проявили силикагель и инертон с количественной разницей аналитического сигнала в несколько порядков.

Ввиду большого числа сорбентов, на современном рынке дальнейшее проведение исследования будет направлено на апробацию разнообразных видов молекулярных, полимерных и углеродных сорбентов, а также сравнительному анализу газовой термической экстракции с твердофазной микроэкстракцией.

Таким образом, представленная методика парофазного анализа ГЖ позволяет решать диагностические и идентификационные задачи при исследовании аварийных пожароопасных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса.

Литература

1. Витенберг А.Г. Статический парофазный газохроматографический анализ. Физико-химические основы и области применения // Рос. хим. журн. 2003. Т. 47. № 1. С. 7.
2. Яшин Я.И., Яшин А.Я. Аналитическая хроматография. Методы, аппаратура, применение // Успехи химии. 2006. Т. 75. № 4. С. 366–379.
3. Витенберг А.Г., Конопелько Л.А. Парофазный газохроматографический анализ: метрологические приложения // Журнал аналитической химии. 2011. Т. 66. № 5. С. 452–472.
4. Snow N.H., Slack G.C. Head-space analysis in modern gas chromatography // TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2002. Т. 21. № 9–10. С. 608–617.
5. Smith R.M. Before the injection – modern methods of sample preparation for separation techniques // Journal of chromatography A. 2003. Т. 1 000. № 1–2. С. 3–27.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМАМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОЛЕВЫХ ЛАГЕРЕЙ ВОЙСКОВЫХ ФОРМИРОВАНИЙ ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ В ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

**В.А. Седнев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Академия ГПС МЧС России**

Обоснованы показатели эффективности для выбора вариантов системы электроснабжения автономных полевых лагерей войсковых формирований и других объектов при их размещении и создании в труднодоступных районах арктического региона.

Ключевые слова: потребитель электрической энергии, требования к системам электроснабжения, надежность электроснабжения, критерии эффективности

SCIENTIFIC AND METHODOICAL APPROACH TO JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS TO SYSTEMS OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY FIELD CAMPS OF MILITARY UNITS WHEN PLACED IN REMOTE AREAS OF THE FAR NORTH

V.A. Sednev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The efficiency indicators for the choice of options for the system of power supply of Autonomous field camps of military formations and other facilities when they are placed and created in remote areas of the Arctic region are substantiated.

Keywords: consumer of electric energy, requirements for power supply systems, reliability of power supply, efficiency criteria

Обострение международных отношений вокруг запасов энергоносителей, биоресурсов, пресной воды, транспортных судоходных и воздушных путей создает опасность милитаризации Арктики [1]. Ежегодно по планам НАТО проводятся военные учения «Джоинт винтер», «Нозерн викинг», «Колд респонс», «Колд челендж», «Арктик тайгер» и др.

При этом США создают объединенную базу вооруженных сил на Аляске, Канада создает тренировочную базу вооруженных сил в Резольюте, Дания создала Объединенное арктическое командование вооруженных сил и др.

Перед Российской Федерацией стоит сложная задача освоения арктических ресурсов при соблюдении и обеспечении в регионе экологической безопасности. Это требует создания необходимой инфраструктуры, которая отсутствует, при этом Арктика – это суровые климатические условия и большие расстояния, которые необходимо преодолевать для доставки материалов. Две трети территории страны относятся к зоне Севера, а 60 % ее территории находятся в зоне многолетней мерзлоты.

В этих условиях на первоначальном этапе создания необходимых объектов стационарной инфраструктуры, а также при выполнении отдельных задач войсковыми формированиями, будут разворачиваться автономные полевые лагеря для собственного размещения, которые требуют гарантированного и бесперебойного электроснабжения своих потребителей.

В настоящее время применение разнообразного технического и технологического оборудования невозможно без использования электрической энергии (ЭЭ). При этом затраты на систему электроснабжения (СЭС), ее надежную работу и удобство эксплуатации зависят, главным образом, от правильного проектирования. Поэтому ниже рассмотрены вопросы разработки требований к СЭС объекта, выбора вариантов СЭС, определения мощности электрических станций (ЭС) и др.

Разработка требований к СЭС предполагает [2–3]:

1. Учет назначения объекта, для которого проектируется СЭС, анализ возможных схем его электроснабжения, общих требований к СЭС с учетом особенностей объекта.

К ним относятся:

– высокая надежность, то есть свойство обеспечивать потребителей ЭЭ требуемого качества и необходимой мощности в течение заданного времени. Это свойство оценивается [3–4] показателями надежности и достигается применением рациональной схемы электроснабжения, обоснованным выбором типа и мощности источников питания, резервированием элементов системы, применением надежного оборудования;

– высокая живучесть, то есть свойство сохранять работоспособность под воздействием поражающих факторов, – достигается размещением источников питания, распределительных устройств и силовых трансформаторов внутри сооружений, использованием кабельных линий, применением крепежных конструкций, использованием комплекса мер для защиты оборудования и линий;

– простота и безопасность эксплуатации СЭС достигается применением унифицированного оборудования, однотипных схем, автоматического управления и контроля за работой элементов СЭС, а также технических мер, предусмотренных правилами безопасности и специальными инструкциями;

– минимальное количество демаскирующих признаков, для чего целесообразно осуществлять переход воздушных линий электропередачи (ЛЭП) в кабельные при подходе к объекту; выносить питающие трансформаторные подстанции дальше от объекта; использовать для размещения источников электроэнергии (ИЭЭ) защитные свойства местности и др.;

– экономичность СЭС по капитальным и эксплуатационным затратам [5]. Для этого целесообразно использование типового оборудования, исключение завышения сечений

кабельных и воздушных ЛЭП, применение обоснованного резервирования источников питания и других элементов СЭС. При выборе оборудования необходимо стремиться, чтобы эксплуатация его не требовала дорогостоящих материалов, чтобы оно было ремонтнопригодным, имело малое время на восстановление и техническое обслуживание.

2. Изложение технических требований к СЭС объекта, включающих:

- назначение СЭС с указанием, для какого объекта она создается; основные сооружения объекта, степень их защиты; расстояния между сооружениями; режимы деятельности объекта и их продолжительность; продолжительность режима автономии, наличие объектов без постоянного обслуживания;

- состав СЭС с указанием, для каких целей служат ее части и в каких режимах они используются, пояснить может ли внутренняя часть СЭС служить резервом для внешней части, определить степень защиты внутренней части;

- источники электрической энергии с указанием их мощности в соответствии с расчетными электрическими нагрузками для отдельных сооружений и объекта в целом; группировки нагрузок, их максимальные и минимальные значения; целесообразное напряжение распределительной сети;

- категории потребителей ЭЭ и их ориентировочные мощности;

- требования к качеству ЭЭ по напряжению и частоте, колебаниям частоты и напряжения при питании потребителей от внешней части системы и резервных дизельных ЭС. Длительность переходных процессов и коэффициент искажения формы кривой напряжения указывается при наличии установок гарантированного питания (УГП). Требования к качеству ЭЭ должны соответствовать ГОСТ, а при ужесточении требований они должны обосновываться. Численные значения показателей могут быть выбраны в соответствии с нормами строительного проектирования;

- требования по надежности, которые должны включать значения коэффициента готовности и вероятности безотказной работы для определенной продолжительности режима работы. При отсутствии исходных данных должна быть указана необходимая продолжительность безотказной работы объекта;

- эксплуатационные требования, предполагающие простоту и безопасность эксплуатации и периодические регламенты технического обслуживания;

- требования к маскировке СЭС (при необходимости);

- экономические требования с указанием стоимости СЭС.

Располагая составом автономного полевого лагеря (АПЛ) и расположением его элементов на местности, необходимо обосновать варианты СЭС, при этом число ее вариантов должно быть не менее двух. Рассмотрим вопросы выбора источников ЭЭ, расчета мощности резервных ЭС, электрической сети, надежности и живучести вариантов СЭС, выбора оптимального варианта СЭС и др.

1. Выбор источников ЭЭ.

Для каждого варианта СЭС необходимо выбрать источники питания (для внешней и внутренней частей – местоположение и количество ИЭЭ) и составить схему распределения ЭЭ. Количество возможных ИЭЭ и их местоположение определяют схему электрической сети объекта, и, наоборот, – схема электрической сети определяет местоположение ИЭЭ. Система электроснабжения, при возможности, должна состоять из внешней и внутренней частей:

- внешняя часть используется при питании от государственной энергосистемы и включает трансформаторные подстанции энергосистемы;

- внутреннюю часть составляют электроустановки, участвующие в производстве, передаче и распределении ЭЭ при питании от автономных источников. В качестве автономного ИЭЭ можно рассматривать резервную (защищенную или незащищенную) дизельную электростанцию (ЭС). Если электроснабжение объекта нецелесообразно осуществлять от одной автономной электростанции, то должны предусматриваться автономные ИЭЭ на каждом элементе (функциональной зоне или в каждом сооружении).

Для электроснабжения элементов АПЛ, работающих эпизодически, в качестве автономных могут быть выбраны также передвижные ЭС.

Электроприемники (ЭП), в соответствии с Правилами устройства электроустановок, делятся на три категории по надежности питания. Принадлежность ЭП к категории определяет необходимое число ИЭЭ:

1) Электроприемники I-ой категории должны получать питание от двух независимых источников – перерыв в их электроснабжении допускается только на время автоматического ввода резервного питания. При этом под независимым ИЭЭ понимается источник питания объекта, который обеспечивает подачу напряжения при исчезновении его на других источниках;

2) Электроприемники II-ой категории также рекомендуется обеспечивать ЭЭ от двух независимых источников питания. При наличии централизованного резерва допускается питание ЭП по линии с одним трансформатором. Допустимый перерыв в электроснабжении определяется временем действия обслуживающего персонала по включению резервного питания;

3) Электроприемники III-й категории допускают перерыв в питании на время восстановления электроснабжения путем ремонта или замены вышедшего из строя элемента СЭС, но не более одних суток.

2. Построение схемы распределения ЭЭ в СЭС.

К внешней части СЭС не предъявляются требования живучести, что позволяет выполнять линии электропередачи воздушными и кабельными. Распределение ЭЭ может осуществляться по радиальным, магистральным или смешанным схемам [2] – правильным применением этих схем можно решить электроснабжение любой категории потребителей.

При выборе схемы распределения ЭЭ необходимо обосновать возможность использования ее в системе электроснабжения объекта или в схеме электроснабжения отдельного сооружения, привести принципиальную схему электрических соединений для разрабатываемых вариантов, указать достоинства и недостатки схемы.

Предлагаемые варианты должны содержать принципиальные отличия, а сравнение их необходимо производить по показателям надежности, живучести (при необходимости) и капитальным затратам. Так, повышения надежности СЭС можно достичь сокращением числа элементов в ней и упрощением схемы; применением различных способов резервирования и элементов СЭС с лучшими характеристиками безотказности и ремонтпригодности. Снижения капитальных затрат можно достичь, например, за счет: сокращения числа кабельных (воздушных) линий и их протяженности, конструктивного исполнения воздушных ЛЭП, выбора менее дорогих кабелей, сокращения числа электроагрегатов (ЭА), выбора их с более низкой степенью автоматизации и расположения вне защищенных сооружений.

На стадии проектирования СЭС не всегда удастся достигнуть улучшения всех показателей – в каком-то из вариантов удастся улучшить, например, надежность, а показатель живучести остается таким же, как и предыдущем варианте, то есть ожидается повышение капитальных затрат.

3. Определение мощности подстанции (при использовании) и резервных электрических станций.

После определения количества источников питания необходимо определить их единичную мощность. Выбор мощности осуществляется по расчетной мощности объекта.

Рекомендации по определению мощности ЭС сложны, поэтому предлагается при выборе единичной мощности электроагрегатов (ЭА):

– определить оптимальную величину коэффициента резерва:

$$K_p = \frac{P_{уст.}}{P_{р.ст.}},$$

где $P_{уст.}$ – установленная мощность ЭС; $P_{р.ст.}$ – расчетная нагрузка ЭС.

Для одноагрегатных ЭС ($n=1$) $K_p = 1$. Возможное расширение нагрузок учитывается расчетной нагрузкой электростанций, а не коэффициентом резерва, тем более что увеличение мощности ЭА не повышает надежности питания электроприемников.

Для многоагрегатных электростанций ($n>1$) [6]:

– если нет потребителей, которые можно отключить при аварийном выходе l -агрегатов (l – количество ЭА, при выходе из строя которых электростанция сохраняет способность обеспечивать ЭЭ деятельность объекта), то:

$$K_p = \frac{n}{n-l},$$

где n – количество источников питания на ЭС (с учетом резервных), предназначенных для работы в режиме максимальной нагрузки объекта;

– если есть возможность в аварийном режиме отключить потребители мощностью $P_{р.откл.}$, то:

$$K_p = \frac{n}{n-l} \left(1 - \frac{P_{р.откл.}}{P_{р.ст.}} \right),$$

определить номинальную мощность агрегата:

– для одноагрегатных ЭС ($n=1, K_p=1$): $P_{ном.агр.}=P_{р.ст.}$;

– для многоагрегатных ЭС ($n>1, K_p \neq 1$):

$$P_{ном.агр.} = \frac{K_p P_{р.ст.}}{n}.$$

Затем проводится проверка по режиму минимальной нагрузки:

$$0,3 \sum_{i=1}^m P_{ном.агр.} \leq P_{р.ст.миним.},$$

где m – количество ЭА для режима минимальной нагрузки (обычно $m=1$); $P_{р.ст.миним.}$ – расчетная минимальная нагрузка ЭС.

С некоторым запасом должно соблюдаться соотношение:

$$P_{ном.агр.} \leq \frac{2P_{р.ст.миним.}}{m}.$$

Если условие не выполняется, то необходимо увеличить число ЭА на ЭС или выбрать ЭА меньшей номинальной мощности.

Расчет рабочих ЭС аналогичен рассмотренному алгоритму, но всегда принимается $n \geq 2$, так как один ЭА должен быть в резерве. Выбор мощности трансформаторов производится по нормальному и аварийному режимам [7].

4. Расчет электрической сети (сечений линий).

Расчет сечений выполняется по экономической плотности тока с проверкой по допустимой потере напряжения. Проверка рассчитанных сечений по нагреву не производится, так как при расчетах по экономической плотности тока это требование выполняется.

Для выбора сечений проводов и жил кабелей необходимо определить максимальный расчетный ток линии [2]:

$$I_{\text{расч.}} = \frac{P_{\text{расч.}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi},$$

где $P_{\text{расч.}}$ – расчетная мощность нагрузки, кВт; $U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение линии электропередачи, кВ; $\cos \varphi$ – расчетный коэффициент мощности объекта (сооружения) (средневзвешенный коэффициент мощности объектов, присоединяемых к электрическим сетям энергосистемы, должен быть 0,92–0,95).

При определении сечения по экономической плотности тока расчетный ток линии определяется для нормального режима работы линии, увеличение нагрузки при аварийных режимах не учитывается.

Экономически целесообразное сечение (мм^2) определяется по расчетному току линии $I_{\text{расч}}$ (А) и экономической плотности тока $J_{\text{эк}}$ (А/мм^2):

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{расч}}}{J_{\text{эк}}}.$$

Правила устройства электроустановок определяют численные значения экономических плотностей тока в зависимости от материала провода и кабеля и продолжительности использования максимума нагрузки (рекомендуется принимать 3 000–5 000 ч в год). Полученное в результате расчета сечение определяется до ближайшего стандартного.

Принятые сечения проводов и жил кабелей необходимо проверить по допустимой потере напряжения:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{\text{расч.}} \cdot l (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi),$$

где l – длина линии, км; r_0 , x_0 – удельное активное и индуктивное сопротивление провода или кабеля, Ом/км; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки линии; $\sin \varphi$ – определяется по таблицам тригонометрических функций по заданному значению $\cos \varphi$.

Расчитанную величину потери напряжения следует сравнить с допустимой, если сечение провода или жилы кабеля не удовлетворяет требованиям, его необходимо увеличить и заново выполнить проверку по допустимой потере напряжения. При этом потеря напряжения на всех участках линии до наиболее удаленного объекта (сооружения) должна определяться как сумма потерь напряжения на отдельных участках, то есть должно выполняться условие:

$$\sum_{i=1}^n \Delta U_i \% \leq \Delta U_{\text{доп}} \%.$$

5. Расчет надежности СЭС.

Надежность СЭС – свойство соответствовать своему назначению, обеспечивая электроприемники электроэнергией в достаточном количестве и требуемого качества в течение времени выполнения объектом своих задач. Основная задача теории надежности – расчет показателей надежности, позволяющий сравнивать варианты СЭС, задавать требования по надежности, выявлять наименее надежные элементы, разрабатывать оптимальные схемы электроснабжения. Основные показатели надежности могут быть определены по известным формулам.

6. Расчет живучести вариантов СЭС (при необходимости).

Исследование живучести внутренней защищенной части СЭС может быть проведено методом статистического моделирования, сущность которого заключается в многократном воспроизведении случайных величин, характеризующих воздействие поражающих средств.

В результате расчета возможно при однократном воздействии по сооружению оценить вероятность сохранения работоспособности или безотказной работы СЭС и внутреннего электрооборудования сооружения для случая, когда строительные конструкции сооружения не разрушаются и технологические системы не поражаются.

Расчет живучести СЭС определяется полнотой и достоверностью данных о характеристиках системы и внутреннего оборудования сооружения. При этом отдельными элементами СЭС следует считать источники питания (ЭА, аккумуляторные батареи, УГП, преобразователи), распределительные устройства или их секции. Так как ЭП допускают перерывы в электроснабжении для пуска остановившегося ЭА или включения отключившихся выключателей, то расчетным показателем живучести СЭС является сохранение работоспособности.

7. Определение капитальных затрат.

Выбор рационального варианта СЭС происходит при наложении ограничений, так как невозможно одновременное увеличение всех параметров, благоприятно влияющих на ее эффективность. Например, стремление увеличить надежность работы СЭС приводит к необходимости резервирования ее элементов и увеличению стоимости установленного оборудования. В общем случае затраты на СЭС:

$$З=K+C,$$

где K – капитальные (единовременные) затраты:

$$K=K_p+K_n+K_g+K_{скл}+K_{смп}+K_m+K_n,$$

где K_p – расходы на разработку; K_n – расходы на серийное производство; K_g – расходы на доставку; $K_{скл}$ – складские расходы; $K_{смп}$, K_m , K_n – стоимость строительных, монтажных и наладочных работ; C – текущие затраты на СЭС (в расчете на год эксплуатации):

$$C=C_{оп}+C_{кр}+C_{отр}+C_{пз},$$

где $C_{оп}$ – затраты на содержание обслуживающего персонала; $C_{кр}$ – затраты на капитальный ремонт; $C_{отр}$ – затраты на текущий ремонт и обслуживание; $C_{пз}$ – стоимость потерь ЭЭ.

Критерием экономичности схемы электроснабжения может быть минимум приведенных затрат, тыс. руб/год:

$$З=P_{норм} K+C,$$

где $P_{норм}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (для СЭС – 0,12).

Точное получение составляющих затрат затруднительно из-за отсутствия достоверных данных, связанных со спецификой АПЛ и его объектов, поэтому в качестве экономического критерия можно принять только капитальные затраты, так как при сравнении вариантов текущие затраты мало влияют на конечный результат, – важны не сами приведенные затраты, а их соотношение, и укрупненные показатели стоимости элементов СЭС учитывают затраты на строительно-монтажные и погрузочно-разгрузочные работы, транспортировку и др., то есть являются достаточно полными.

8. Выбор оптимального варианта СЭС.

Для выбора варианта СЭС могут быть использованы следующие показатели и критерии эффективности:

1) Отражающие уровень выполнения поставленных задач при равных или заданных затратах. В качестве критерия эффективности можно использовать максимум вероятности выполнения СЭС своих задач:

$$P_3 = \text{макс.}, \text{ при } Z < Z_0,$$

где Z_0 и Z – заданные и фактически необходимые затраты, тыс. руб.

Критерий эффективности можно использовать, когда в требованиях к СЭС значения показателей надежности и живучести не задаются, а указываются лишь затраты на создание СЭС. Эти затраты могут быть заданы в результате определения укрупненных показателей стоимости элементов СЭС.

2) Определяющие уровень затрат при равных или заданных технических характеристиках. Критерием эффективности может быть минимум годовых расчетных затрат на СЭС при заданной вероятности выполнения своих задач P_0 :

$$Z = \text{мин}, \text{ при } P_3 \geq P_0.$$

Годовые расчетные затраты пропорциональны капитальным затратам, поэтому можно определять только капитальные затраты. Критерий целесообразно использовать для ответственных объектов. В этом случае в требованиях к СЭС должны быть заданы показатели надежности и живучести или вероятность выполнения СЭС своих задач.

3) Зависящие от соотношения объема выполняемых задач и необходимых для этого затрат. Для случая частных показателей СЭС выражение для критерия эффективности может иметь вид [7]:

$$E = \frac{P_3}{1 + \frac{K_3}{K_{об}}} = \text{макс.},$$

где K_3 – капитальные затраты на систему электроснабжения; $K_{об}$ – капитальные затраты на строительную часть объекта и оборудование, исключая систему электроснабжения.

Критерий можно использовать, когда в технических требованиях к СЭС показатели надежности и живучести не задаются. При этом рекомендуется определение капитальных затрат на строительную часть объекта и оборудование, исключая СЭС:

$$K_{об} = \frac{K_{эл}}{(0,15 \div 0,20)},$$

где $K_{эл}$ – капитальные затраты на СЭС для I-го варианта. Капитальные затраты на строительную часть объекта и его оборудование, исключая СЭС, должны приниматься одинаковыми для рассматриваемых вариантов СЭС объекта.

С учетом изложенного критерий эффективности I-го варианта СЭС:

$$E_1 = \frac{P_{эл}}{1 + (0,15 \div 0,20)} = \frac{P_{эл}}{(1,15 \div 1,20)}.$$

Критерии эффективности II-го и III-го вариантов СЭС (при необходимости – каждого последующего) вычисляются по формулам:

$$E_{II} = \frac{P_{эII}}{1 + \frac{K_{эII}}{K_{об}}},$$

$$E_{III} = \frac{P_{эIII}}{1 + \frac{K_{эIII}}{K_{об}}}.$$

При определении вероятности выполнения СЭС своих задач нужно учитывать значение, режимы и периоды работы АПЛ и объекты его условно можно разделить на группы:

1. Выполняющие задачи продолжительно. Объем выполняемых СЭС задач зависит, главным образом, от продолжительности функционирования объекта, и при отказе СЭС их объем лишь сокращается соответственно продолжительности перерыва в электроснабжении объекта. Срыва в выполнении задач объекта не происходит. К этой группе можно отнести объекты связи, системы обслуживания и ремонта, командные пункты. Для них:

$$P_э = K_r \cdot \Gamma \cdot P_a\left(\frac{t_a}{2}\right),$$

где K_r – коэффициент готовности; Γ – вероятность сохранения работоспособности внутренней части СЭС (живучести); $P_a\left(\frac{t_a}{2}\right)$ – вероятность выполнения СЭС своих задач в течение времени, равного половине периода автономности.

Если в период автономности безотказная работа СЭС необязательна (система восстанавливаемая), то вероятность выполнения ею своих задач:

$$P_э = K_r \Gamma K_{га},$$

где $K_{га}$ – коэффициент готовности СЭС в период автономности.

2. Выполняющие задачи кратковременно, поэтому задачи могут быть и не выполнены.

Перерыв в электроснабжении, независимо от его продолжительности, приводит к невыполнению объектом задач. Для них:

$$P_э = K_r \Gamma P_\delta(t_\delta),$$

где $P_\delta(t_\delta)$ – вероятность безотказной работы внутренней части СЭС в течение времени t_δ выполнения задачи.

Если рабочий режим начинается не сразу после функционирования объекта, а спустя некоторое время, то вероятность выполнения СЭС своих задач:

$$P_э = K_r \cdot \Gamma \cdot P_a\left(\frac{t_a}{2}\right) P_\delta(t_\delta).$$

Если $t_\delta < t_a$, то:

$$P_э = K_r \cdot \Gamma \cdot P_a\left(\frac{t_a}{2}\right).$$

Для восстанавливаемой СЭС:

$$P_{\gamma} = K_{\Gamma} \cdot \Gamma \cdot K_{\Gamma\alpha} P_{\delta}(t_{\delta}).$$

Если на объектах этих групп предполагается использовать установки гарантированного питания, то вероятность выполнения СЭС своих задач:

$$P_{\gamma} = K_{\Gamma} \cdot \Gamma \cdot K_{\Gamma\alpha} \cdot P_{\text{угп}}\left(\frac{t_{\alpha}}{2}\right),$$

где $P_{\text{угп}}\left(\frac{t_{\alpha}}{2}\right)$ – вероятность безотказной работы УГП в течение времени, равного половине периода автономности.

3. Выполняющие свои задачи продолжительно, но важность задач в различные промежутки времени неравноценна. Соответственно и значение отказов зависит от периодов времени, в которые они произошли. К этой группе объектов могут быть отнесены аэродромы, хранилища и др. Определив, к какой из перечисленных выше групп по режиму работы ближе заданные объекты, можно воспользоваться приведенными зависимостями для вычисления вероятности выполнения СЭС своих задач.

Реализация предлагаемого подхода позволяет обосновать оптимальный вариант СЭС для любого объекта при его автономном размещении.

Литература

1. Седнев В.А. Методика обоснования комплекса средств механизации работ по развертыванию аварийно-спасательных формирований в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. 2016. № 1 (21). С. 102–112.
2. Седнев В.А. Методология оптимального управления и прогнозирования параметров электропотребления объектов // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2009: труды III Междунар. конф. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С. 250–268.
3. Седнев В.А., Чердниченко С.В. Предложения по обеспечению надежности электроснабжения пункта временного размещения пострадавшего в ЧС населения // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2016. Вып. 4 (68). 6 с. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 12.03.2018).
4. Седнев В.А., Чердниченко С.В. Научно-методический подход организации электроснабжения пунктов временного размещения пострадавшего населения // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2016. № 3. С. 61–75.
5. Седнев В.А., Смуров А.В. Методика принятия должностными лицами РСЧС решения на резервирование элементов электроэнергетических систем регионов и мероприятия по повышению надежности их функционирования и электроснабжения потребителей // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2015. № 2. С. 100–114.
6. Электроснабжение военных объектов : учеб. пособие / А.Г. Качалов [и др.]. Калининград: КВИУИВ им. А.А. Жданова, 1982. 88 с.
7. Быстрицкий Г.Ф., Кудрин Б.И. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Изд. центр «Академия», 2003. 174 с.



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

**А.Г. Хайдаров, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет).**

**Л.А. Королева, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Обоснована эксергетическая концепция оценки эффективности, экологической и пожарной опасности процессов получения и использования энергии. Выявлены термодинамические закономерности протекания процессов на основе эксергетических оценок. Проведена оценка точности определения параметров потока и аппаратов, эксергии в зависимости от выбранного программного обеспечения.

Ключевые слова: эксергия, экологическая, пожарная опасность, моделирование, химико-технологическая система

EXERGY THE CONCEPT OF PERFORMANCE EVALUATION, ENVIRONMENTAL AND FIRE HAZARD OF PROCESSES FOR THE PRODUCTION AND USING OF ENERGY

A.G. Haydarov. Saint-Petersburg state institute of technology (technical university).
L.A. Koroleva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Exergy the concept of performance evaluation, environmental and fire hazard of processes for the production and using of energy is substantiated. The thermodynamic regularities of the processes on the basis of exergy estimations are revealed. The estimation of accuracy of determination of parameters of a stream and devices, exergy depending on the chosen software is carried out.

Keywords: exergy, environmental, fire hazard, modeling, chemical-technological system

В современных условиях глобализации экономики все большую актуальность приобретают вопросы научного обоснования устойчивого развития. Его реализация направлена, с одной стороны, на достижение максимальной эффективности и конкурентоспособности технологий. С другой – на обеспечение безопасности, сохранение окружающей среды и человеческих ресурсов.

Основными источниками сырья и энергии в настоящее время остаются природные энергоносители. Энергия – это движущая сила любого производства. Однако получение

и потребление энергии характеризуется значительной экологической и пожарной опасностью.

Возможность экономии топливно-энергетических ресурсов является одной из приоритетных задач исследований. Расход энергии в химических производствах составляет большую часть затрат в себестоимости готовой продукции, что особенно проявляется при увеличении объемов производства, при создании химико-технологических систем (ХТС), включающих оборудование высокой мощности.

Оптимальная эксплуатация действующих производств и разработка новых технологических процессов переработки, транспортировки углеводородного сырья невозможна без использования моделирующих программ, которые позволяют получить высокую точность расчета параметров, так как учитывают влияние большого количества факторов на качественные и количественные показатели процессов.

Модель ХТС, построенная с использованием программного обеспечения, имеет модульную структуру. Точность результатов, полученных при моделировании ХТС, определяется целью исследования на отдельной стадии проектирования, продолжительностью решения на рассматриваемой стадии, заданной допустимой погрешностью.

Важное значение имеет оценка устойчивости полученных решений (значений параметров стационарных режимов) и обеспечение сходимости результатов. Ввиду сложности и продолжительности расчетов при моделировании всегда приходится искать компромисс между точностью модели и возможностью ее практического применения.

Основу расчетов химико-технологических процессов составляют материальные и энергетические балансы. Определив параметры материальных потоков, можно провести расчеты конструкции производственного оборудования, оценить экономическую и экологическую эффективность, целесообразность проведения процесса.

Существенной задачей моделирования ХТС является разработка энергетического баланса (часто это тепловой баланс), а именно – соотношения полученной и рационально использованной энергии. Анализ энергетических балансов позволяет получить информацию, необходимую для решения задач оптимизации производства, возможности замены одного энергоносителя другим, использования в его качестве вторичных энергетических ресурсов, обеспечения пожарной и экологической безопасности.

В настоящее время для моделирования химико-технологических процессов разработано большое количество программных средств. Все системы моделирования включают в себя ряд основных элементов, обеспечивающих решение основной задачи:

- совокупность термодинамических показателей для чистых компонентов (база данных) и средства, позволяющие выбирать определенные компоненты для описания качественного состава рабочих смесей;
- методы расчета термодинамических свойств, например энтропии, энтальпии, коэффициента фазового равновесия;
- модели для расчета отдельных элементов ХТС;
- методы расчета технологических схем, включающих большое количество элементов, соединенных между собой определенным образом.

В связи с тем, что представленные выше элементы могут иметь некоторые различия, итоговые результаты для идентичных исходных данных при использовании разных программ моделирования могут отличаться.

Стержнем для принятия правильных решений при управлении производством является своевременная, достоверная и полная информация о ситуации, в которой принимается решение, а также пути его реализации. Важным фактором являются цели управления и возможные последствия.

Вероятность принятия оптимального решения выше при наличии более полной информации. Уравнение энергетического баланса системы не учитывает различия количества и качества энергии, поэтому оно недостаточно для оценки совершенства преобразования энергии.

Основой эксергетического анализа является понятие эксергии. Эксергия системы в данном состоянии определяется количеством энергии, не характеризующейся энтропией, которое может быть получено от системы или передано ей в результате обратимого перехода системы из данного состояния в состояние полного термодинамического равновесия с окружающей средой.

С помощью эксергетического анализа оценивается степень термодинамического совершенства технологической системы. Ранжирование стадий по величине эксергетических потерь позволяет осуществлять мероприятия, направленные на повышение эффективности использования энергоресурсов.

Применяемые при этом эксергетические показатели легко могут быть связаны с технико-экономическими, так как эксергия, так же как и стоимость, может создаваться и уничтожаться, что не характерно для энергии. Потери эксергии напрямую связаны с генерацией энтропии в результате неравновесных процессов.

В последнее время увеличивается значение эксергетического метода при оценке негативного воздействия процессов и оборудования на человека и окружающую среду, он может быть использован при анализе пожарной опасности процессов. Это обусловлено тем, что эксергия является единственным понятием в термодинамике, в определение которого включены категории «окружающая среда», «окружение технической системы». Потенциал негативного воздействия от пожаров, загрязнение почвы, воздуха и водных объектов предлагается оценивать по химической эксергии веществ. Для химических соединений основной процесс преобразований в окружающей среде связан с химическими реакциями деэвалюации, приводящими к их превращению в компоненты окружающей среды. При горении топлив реакция деэвалюации совпадает с реакцией горения, энтальпия деэвалюации – с теплотой сгорания.

При наличии двух систем, находящихся в разных состояниях, появляется возможность выполнения работы при переходе к состоянию равновесия. Эксергия материального потока может быть разделена на ряд компонентов (рис. 1).

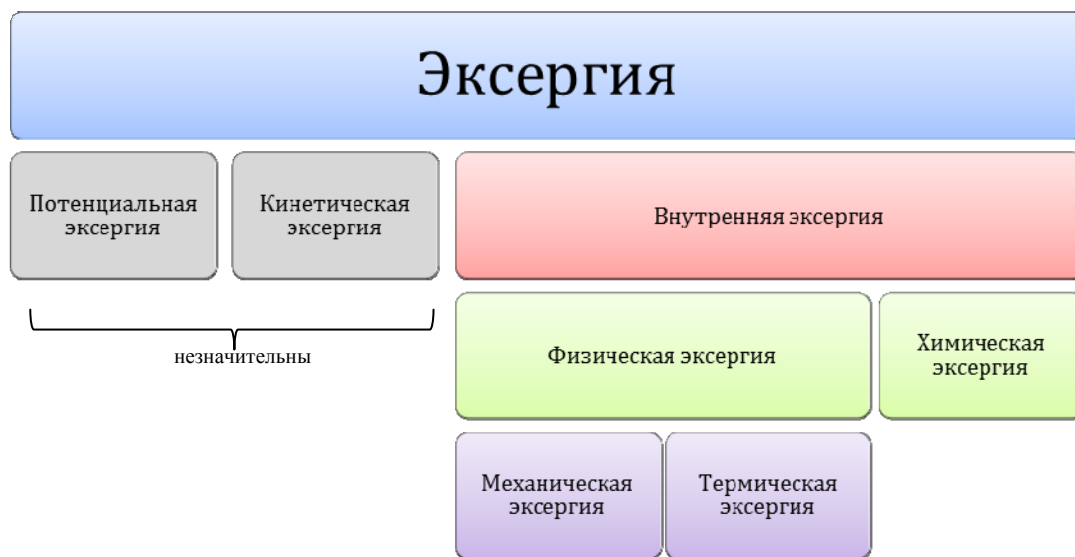


Рис. 1. Компоненты эксергии

Введем три фундаментальных состояния:

1. «Текущее состояние системы» (исходное состояние) – это первоначальное состояние исследуемой системы с его температурой, давлением и составом T, P, z .

2. «Состояние частичного равновесия», когда температура и давление системы равны температуре и давлению окружающей среды T^{00}, P^{00}, z .

3. «Состояние равновесия (покоя)», которое характеризуется полным термодинамическим равновесием между системой и окружающей средой. При этих условиях

температура, давление и состав системы соответственно равны температуре, давлению и составу окружающей среды T^{00}, P^{00}, z^{00} , значение эксергии (работоспособность системы) равно нулю.

Проведем расчеты химической эксергии. Она связана с достижением равенства химических потенциалов между соответствующими компонентами рабочего тела и окружающей среды и измеряется количеством работы, которое может быть получено в обратимом процессе установления равновесия компонентов рабочего тела с соответствующими компонентами среды при P^{00} и T^{00} [1].

Для оценки химической эксергии потока, свойства веществ, составляющих этот поток, должны быть соотнесены со свойствами веществ в окружающей среде. Такие вещества называют эталонами (рис. 2).

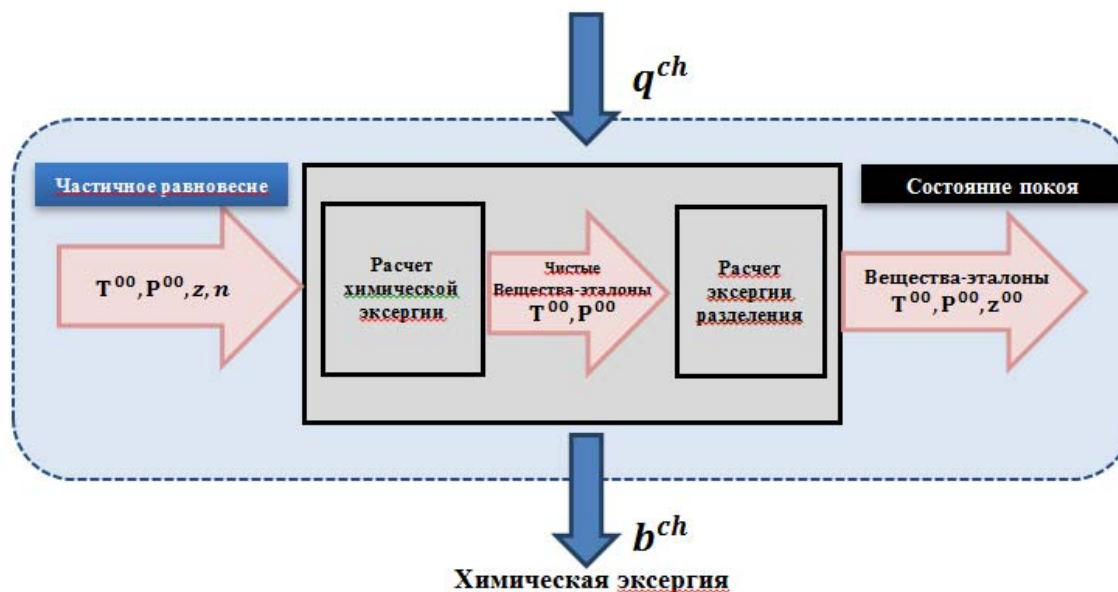


Рис. 2. Расчет химической составляющей эксергии

Рассмотрим два варианта расчета химической эксергии:

1. Если исследуемое вещество является одним из эталонных веществ (например CO_2 , содержащийся в атмосфере), то вычисление его химической эксергии соответствует максимальной работе в процессе перехода к состоянию равновесия с окружающей средой.

2. Если исследуемое вещество не относится к веществу-эталону, то для вычисления эксергии требуется смоделировать обратимую химическую реакцию, которая преобразовала бы исходное вещество в несколько чистых веществ-эталон. После чего приведем концентрацию получившихся веществ к их концентрации в окружающей среде.

Основываясь на представленной выше формулировке, выразим химическую эксергию b^{ch} для состояния «окружающей среды» при T^{00}, P^{00} :

$$b^{ch} = h(T^{00}, P^{00}, z) - T^{00}s(T^{00}, P^{00}, z) - \frac{1}{n} \sum_i^{N_c} \left[\sum_{j=1}^{N_{ref,i}} n_{j,i} [h_j(T^{00}, P^{00}, z^{00}) - T^{00}s_j(T^{00}, P^{00}, z^{00})] \right],$$

где n – расход потока; $n_{j,i}$ – расход j вещества-эталона сгенерированного i веществом потока; $N_{ref,i}$ – количество веществ-эталон для i вещества потока; N_c – общее количество веществ потока; h – энтальпия; s – энтропия.

Для упрощения метода вычисления эксергии Я. Шаргут [1] ввел понятие молярная стандартная химическая эксергия b_i^0 – это молярная химическая эксергия чистых компонентов в газовом состоянии при (T^0, P^0) .

Тогда:

$$b_i^0 = h_i^{0*}(T^0, P^0) - T^{00} s_i^{0*}(T^0, P^0) - \sum_{j=1}^{N_{ref,i}} \frac{n_{i,j}}{n_i} [h_j(T^{00}, P^{00}, z^{00}) - T^{00} s_j(T^{00}, P^{00}, z^{00})] \quad (1)$$

Стандартная химическая эксергия может быть вычислена для отдельных компонентов и входящих в их состав элементов. Для заданной стандартной химической эксергии отдельного элемента b_j^0 стандартная химическая эксергия для i вещества может быть рассчитана по формуле:

$$b_i^0 = \Delta G_f^0 + \sum_{j=1}^{N_{el,i}} n_{i,j} b_j^0$$

где ΔG_f^0 – стандартная энергия Гиббса образования вещества.

Первый вариант таблицы со значениями стандартной химической эксергии для веществ-эталонов был предложен Я. Шаргутом [2] и позже был обновлен Р. Риверо [3]. Если допустить, что окружающая среда находится в нормальных условиях ($T^{00}=T^0$, $P^{00}=P^0$), то химическая эксергия компонента может быть рассчитана по формуле (1).

Рассмотрим различные ситуации при расчете химической эксергии многофазных потоков.

– для газообразной смеси веществ:

$$b_{chem} = \sum_{i=1}^{N_c} y_i (b_{chem,i}^0 + RT^{00} \ln(y_i))$$

– для смеси жидкостей:

$$b_{chem} = \sum_{i=1}^{N_c} x_i (b_{chem,i}^0 + G_{f,cond}^0 + RT^{00} \ln(y_i x_i))$$

где y, x – концентрация i вещества в газовой и жидкой фазе соответственно; $G_{f,cond}^0$ – стандартная энергия Гиббса конденсации;

– для смеси жидкой и газообразных фаз:

$$b_{chem} = (1 - \omega) \left[\sum_{i=1}^{N_c} x_i (b_{chem,i}^0 + G_{f,cond}^0 + RT^{00} \ln(y_i x_i)) \right] + \omega \left[\sum_{i=1}^{N_c} y_i (b_{chem,i}^0 + RT_0 \ln(y_i)) \right]$$

где ω – коэффициент пара (vapourratio).

Аналогичные формулы получены для смеси жидких фаз и смеси жидких и газообразных фаз.

Проверим методику расчета химической эксергии, используя данные из источников [4–7].

Пример 1. Газовая смесь. В качестве исходного потока рассматривается смесь воздуха и СО при давлении 2,1 бар и температуре 125 °С [4]. Этот поток является газообразным при данной температуре и давлении и при стандартных условиях. Молярная доля воздуха – 0,85, монооксида углерода – 0,15. Массовый расход воздуха 0,5 кг/с. Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчета химической эксергии смеси газов

	HYSYS, кВт	AliGhannadzadeh, 2012, кВт	Kotas, 1985, кВт	Погрешность, % AliGhannadzadeh	Погрешность, % Kotas
Химическая эксергия	697,0	697,7	698,4	0,10	0,20

Пример 2. Природный газ. Пример реализован в работе [6]. Параметры потока представлены в табл. 2. Этот поток является газообразным как при заданной температуре и давлении, так и при стандартных условиях.

Таблица 2. Исходные данные для расчета эксергии природного газа и потока жидкость/газ

Природный газ		Жидкость/газ	
параметр	значение	параметр	значение
Массовый расход (кмоль/ч)	500	Молярный расход (моль/с)	1 000
Молярная доля N ₂	0,001	Молярная доля H ₂ O	0,22
Молярная доля H ₂ S	0,01544	Молярная доля N ₂	0,75
Молярная доля CO ₂	0,02835	Молярная доля CO ₂	0,02
Молярная доля CH ₄	0,8982	Молярная доля NO	0,005
Молярная доля C ₂ H ₆	0,03098	Молярная доля CO	0,005
Молярная доля C ₃ H ₈	0,01479	Т (°С)	150
Молярная доля i-C ₄ H ₁₀	0,0059	Р (атм)	1
Молярная доля n-C ₄ H ₁₀	0,003	Модель	Soave-Redlich-Kwong
Молярная доля i-C ₅ H ₁₀	0,001	—	—
Молярная доля n-C ₅ H ₁₀	0,0005	—	—
Молярная доля H ₂ O	0,00086	—	—
Т (К)	303,15	—	—
Р (кПа)	6 200	—	—

Результаты расчетов эксергии представлены в табл. 3.

Таблица 3. Рассчитанные значения химической эксергии для природного газа

	HYSYS, кВт	(Farzad Abdollahi Demneh, 2011), кВт	Отклонение, %
Химическая эксергия	120377,0	118437,1	1,6

Пример 3. Жидкость/газ. В качестве данного примера рассматривается поток со свойствами, представленными в табл. 2 [5]. Результаты расчета занесены в табл. 4.

Таблица 4. Рассчитанные значения эксергии для потока жидкость/газ

	Физическая эксергия, кВт	Химическая эксергия, кВт	Эксергия смешения, кВт	Итоговая эксергия, кВт
Hinderlink, 1996	2 532	3 123	-1 678	3 977
FarzadAbdollahi-Demneh, 2011	1 287,4	2 446,3	Отдельно не рассчитывается	3 733,7
AliGhannadzadeh, 2012	Не приводится	Не приводится	Не приводится	3 746,8
HYSYS	1 288,6	2 946	-1 686	2 548,4

Рассматривая этот пример, следует отметить, что не все авторы отдельно рассчитывают эксергию смешения, что затрудняет сравнение отдельных компонентов эксергии. Сравнение возможно только по итоговому значению.

Отклонение значений эксергии в расчетах различных авторов вызвано рядом причин:

- в зависимости от выбора программного обеспечения (HYSYS, ProSimPlus) составы потоков могут незначительно отличаться (табл. 5);
- вследствие использования таблиц с различными значениями стандартной химической эксергии [1, 3].

Таблица 5. Сравнение состава потока при T^{00} , P^{00}

	HYSYS		ProSimPlus		Aspen Plus	
Фаза	Жидкость	Пар	Жидкость	Пар	Жидкость	Пар
Мольные доли						
H ₂ O	1,00	0,0309	1,00	0,0310	1,00	0,0227
N ₂	0,00	0,9318	0,00	0,9317	0,00	0,9398
CO ₂	0,00	0,0248	0,00	0,0248	0,00	0,0251
NO	0,00	0,0062	0,00	0,0062	0,00	0,0063
CO	0,00	0,0062	0,00	0,0062	0,00	0,0063

Таким образом, авторами были изучены вопросы, связанные точностью определения параметров потока и аппаратов, эксергии в зависимости от выбранного для расчетов программного обеспечения. Выявлены основные положения термодинамических закономерностей протекания процессов на основе эксергетических оценок, позволяющие анализировать качественные и количественные характеристики химических превращений. Теоретически обоснован подход к организации процессов производства и использования энергии на основе эксергетической концепции. Определены пути оценки экологической и пожарной опасности процессов, связанных с получением и использованием энергии.

Литература

1. Szargut J., Morris D.R., Steward F.R. Exergy analysis of thermal, chemical and metallurgical processes. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1988. 332 p.
2. Szargut J. Standard chemical exergy of some elements and their compounds based upon the concentration in the Earth's crust // Bull. Polish Acad. Sci., Techn. Ser. 1987. Vol. 35. P. 53–60.
3. Rivero R., Garfias M. Standard chemical exergy of elements updated // Energy. 2006. Vol. 31. P. 3 310–3 326.

4. Kotas T.J. The Exergy Method of Thermal Plant Analysis. USA: Krieger Publishing Company, Malabar. 1985. 320 p.
5. Hinderink A.P. Exergy analysis with a flowsheeting simulator. Theory calculating exergies of material streams // Chemical Engineering Science. 1996. Vol. 51 (20). P. 4 693–4 700.
6. Abdollahi-Demneh F. Calculating Exergy in a Widely-Used Flowsheeting Simulator // Energy. 2011. Vol. 36 (8). P. 5 320–5 327.
7. Ghannadzadeh A. General methodology for exergy balance in ProSimPlus process simulator // Energy. 2012. Vol. 44 (16). P. 38–59.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ, НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

**Е.Е. Горшкова, кандидат педагогических наук;
В.В. Дехтерёва;
Н.В. Удальцова, кандидат юридических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены организационно-правовые аспекты обеспечения пожарной безопасности многоквартирных и индивидуальных жилых домов, приведена статистика пожаров в жилых зданиях, число погибших и травмированных людей. Раскрыты некоторые особенности пожарной опасности зданий и сложности при проведении профилактических работ.

Ключевые слова: жилые дома, пожар, проектирование, степень огнестойкости, пожарный отсек, риск, эвакуация

FEATURES OF FIRE SAFETY OF RESIDENTIAL BUILDINGS, LEGAL ASPECTS

**E.E. Gorshkova; V.V. Dekhtereva; N.V. Udaltsova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The organizational and legal aspects of fire safety of apartment and individual houses are considered, the statistics of fires in residential buildings, the number of dead and injured people are given. Discloses some of the features of fire hazard of buildings and complexity at carrying out of preventive works.

Keywords: residential house, fire, design, degree of fire resistance, fire compartment, risk, evacuation

Указом Президента Российской Федерации от 1 января 2018 г. № 2 были утверждены «Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года». Второй раздел «Оценка состояния пожарной безопасности и основные тенденции развития системы ее обеспечения» определил основные факторы, влияющие на состояние пожарной безопасности, одними из которых являются «уровень сознательности населения в вопросах обеспечения пожарной безопасности», а также состояние строительных конструкций и инженерных систем зданий и сооружений [1].

Влияние данных факторов чрезвычайно важно, так как прослеживается их прямая взаимосвязь с причинами и последствиями возникновения пожаров в жилых зданиях.

Если обратиться к статистике пожаров, то наибольший процент приходится на жилой сектор, то есть от 70 до 80 % от общего числа пожаров, происходящих ежегодно в Российской Федерации. Всего в 2017 г. в России было зарегистрировано 132 406 пожаров [2]. Из них:

- здания жилого назначения – 92 929;
- здания производственного назначения – 2 795;
- складские здания – 1 430;
- здания общественного назначения 576;
- транспортные средства – 16 521;
- строящиеся здания – 712;
- прочие здания, сооружения – 11 327 [2].

Несмотря на уменьшение числа пожаров, а также погибших и травмированных людей, процент пожаров в жилых домах от общих данных по России вырос по сравнению с 2016–2017 гг. и является самым большим от числа пожаров, которые произошли в производственных зданиях, складах и общественных зданиях.

В табл. 1–3 представлена статистика пожаров только в жилых домах за период 2015–2017 гг.

Таблица 1. **Число возникновения пожаров в жилых зданиях в 2017 г. [2]**

Объект, на котором возник пожар		Абсолютные данные за 12 месяцев		+ или - в % к предыдущему году	Процент от общих данных по России
		2016 г.	2017 г.		
Здание жилого назначения	кол-во пожаров, ед.	97 049	92 929	-4,25	70,18
	погибло людей при пожарах, чел.	8 005	7 201	-10,04	92,53
	травм. людей при пожарах, чел.	7 230	6 982	-3,43	75,03

Таблица 2. **Число возникновения пожаров в жилых зданиях в 2016 г. [3]**

Объект, на котором возник пожар		Абсолютные данные за 12 месяцев		+ или - в % к предыдущему году	Процент от общих данных по России
		2015 г.	2016 г.		
Здание жилого назначения	кол-во пожаров, ед.	100 746	96 777	-3,94	69,58
	погибло людей при пожарах, чел.	8 532	7 968	-6,61	91,47
	травм. людей при пожарах, чел.	8 075	7 181	-11,07	72,94

Таблица 3. **Число возникновения пожаров в жилых зданиях 2015 г.** [4]

Объект, на котором возник пожар		Абсолютные данные за 12 месяцев		+ или - в % к предыдущему году	Процент от общих данных по России
		2014 г.	2015 г.		
Здание жилого назначения	кол-во пожаров, ед.	105 001	100 599	-4,19	69,05
	погибло людей при пожарах, чел.	9 449	8 510	-9,94	90,75
	травм. людей при пожарах, чел.	8 161	8 044	-1,43	73,66

В данных таблицах процент пожаров в жилых домах (от общих данных по России) в 2017 г. составил 70,18 %, что показывает незначительный рост по сравнению с 2015 и 2016 гг. (69,05 % и 69,58 %). Число погибших и травмированных людей при пожаре уменьшилось по сравнению с 2015 г. на 1 309 и 1 062 человек, но эти цифры очень далеки от нормативных значений величины индивидуального пожарного риска, установленных ст. 79 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 4 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в редакции Федерального закона от 29 июля 2017 г. № 244-ФЗ) («Технический регламент о требованиях пожарной безопасности») [5].

Следует отметить, что жилище человека всегда было пожароопасным, а если там проживает несколько семей, то пожарная опасность возрастает в разы. Особенно это касается коммунальных квартир, расположенных в старом жилом фонде. Во многих зданиях длительное время не проводился капитальный ремонт, а, следовательно, там могут сохраниться перекрытия по деревянным балкам с большими воздушными пустотами, что способствует быстрому распространению пожара. Число проживающих в таких квартирах и в доме в целом гораздо больше, чем в аналогичном доме, но с отдельными квартирами, это касается также и величины горючей нагрузки.

Право каждого на жилище закреплено ст. 40 Конституции Российской Федерации 1993 г., оно гарантирует возможность стабильного пользования имеющимся жильем и его неприкосновенность. Сотрудники государственного пожарного надзора (ГПН) МЧС России могут войти в него только с разрешения владельца или, в исключительных случаях, только с санкции судебных органов, при поддержке судебных приставов. Данное обстоятельство делает жилище тяжело профилактируемой категорией объектов. Сотрудники органов ГПН могут осуществлять проверку только территории общего пользования жилых домов (коридоры, подвалы, чердаки, холлы и т.п.), а, как показывает практика расследования причин пожаров, пожары начинаются именно в квартирах.

Основное количество пожаров происходит по вине людей, так в 2017 г. основными причинами возникновения пожаров были:

- неосторожное обращение с огнем – 39 701 случаев (из них – неосторожное обращение с огнем детьми – 1 825 случаев);
- поджоги – 14 046 случаев;
- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования – 40 390 случаев;
- нарушение правил устройства и эксплуатации печей – 20 167 случаев;
- неисправность производственного оборудования, нарушения технологического процесса производства – 522 случая;

- нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных и огневых работ – 1 275 случаев;
- прочие причины 16 305 случаев [2].

При этом часто граждане, виновные в возникновении пожара, часто находились в состоянии ограниченной дееспособности (опьянение, психические заболевания, возрастная немощь и т.д.). В жилых домах процент гибели людей составляет 90–92 % от общего количества погибших при пожаре по стране. Основные причины гибели – действие продуктов горения (до 76 % от общего числа погибших) и высокая температура (до 19 % от общего числа погибших).

В табл. 4 приведена динамика пожаров и ущерб от них за период с 2011 г. по июнь 2017 г. Данные показатели приводят аналитики Института риска «АльфаСтрахование», основываясь на данных МЧС России. При этом они отмечают снижение количества поджогов. На их долю пришлось всего 9,3 % случаев. В лидерах основных причин пожаров традиционно остается – неосторожное обращение с огнем, неправильная эксплуатация электроприборов и неисправность печного отопления. В целом за январь–июнь 2017 г. в России было зафиксировано около 65 000 пожаров. Это соответствует показателю аналогичного периода 2016 г. (67 864 случая). В целом за 2016 г. было насчитано почти 138,5 тыс. возгораний. Это на 30 тыс. меньше, чем в 2011 г., когда произошло 168 528 пожаров [6].

Таблица 4. Динамика пожаров и нанесенного ими ущерба (2011–2017 гг.) [6]

Параметры	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	январь -июнь 2016 г.	2016 г.	январь -июнь 2017 г.
Пожары всего, ед.	168528	162975	153208	153002	146209	67864	139703	64921
В результате поджога, ед.	15821	16593	16678	18769	17755	6838	15662	6019
% пожаров по причине поджога	9,4	10,2	10,9	12,3	12,1	10,1	11,2	9,3
Ущерб от пожаров, млрд руб.	17,3	14,4	13,7	18,7	22,9	5,3	14,3	5,7
% ущерба от поджогов	13,2	25,9	22,9	21,9	15,4	15,9	19,5	17,9
% пожаров в жилом секторе (жилые дома, общежития, дачи, садовые домики, надворные постройки)	70,7	69,3	68,1	68,5	68,9	70,5	69,5	71,7
Ущерб от пожаров в жилом секторе, млрд руб.	5,2	4,3	4,2	5,3	5,2	2,3	5,1	2,3
% ущерба от пожаров в жилом секторе	30,4	30,5	30,9	28,7	22,9	44	35,3	41,2

К числу причин распространения пожаров и их быстрое развитие в жилом секторе можно отнести высокую степень изношенности жилого фонда, причем следует отметить, что это относится как к конструкциям здания, так и их инженерному обеспечению; отсутствие экономических возможностей поддержания противопожарного состояния зданий, изношенная электрическая проводка, отсутствие в старом фонде систем обнаружения и оповещения о пожаре, а также возможное отсутствие первичных средств пожаротушения. Во многих домах, построенных еще в XIX и в начале XX вв. и находящихся под охраной Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры, сохранились перекрытия по деревянным балкам с большими пустотами, что при пожаре будет способствовать быстрому распространению огня, что часто затрудняет выполнение в полном объеме нормативных требований по обеспечению пожарной безопасности данных конструкций.

В квартирах, в большинстве – на небольшой площади, сосредоточена большая горючая нагрузка: это легковоспламеняющиеся предметы, много изделий из синтетических материалов, а также разнообразная бытовая техника большой мощности. Во многих домах старая электропроводка, выполненная алюминиевыми проводами, не рассчитанная на одновременное применение бытовой техники (электронагревательные приборы, микроволновые печи, стиральные машины и др.). В последнее время выпускается бытовая техника меньшей мощности, но не все могут по экономическим причинам заменить устаревшую.

При возникновении даже небольшого возгорания оно представляет опасность для жизни и здоровья людей, так как при горении материалов, особенно синтетических, выделяются ядовитые газы. Среди условий, способствующих гибели людей, на первом месте по-прежнему стоит алкогольное (или наркотическое) опьянение. К факторам, которые также способствуют гибели людей, можно отнести увеличение насыщенности помещений мебелью, выполненной из синтетических материалов, а также увеличение количества энергетических источников большой мощности.

В России сохранилось также еще много деревянных домов с печным отоплением, которые всегда представляли большую пожарную опасность. По статистике, примерно каждый десятый пожар в жилом доме происходит от неисправности печей и дымоходов, их неправильного устройства или эксплуатации.

Основной вид жилья в крупных городах – это многоквартирные дома, в том числе и высотные.

Обычно жилые дома и здания в России классифицируются по этажности:

- малоэтажные – 1–2 этажа;
- средней этажности – 3–5 этажей;
- многоэтажные – 6 и более этажей;
- повышенной этажности – 11–16 этажей;
- высотные – более 16 этажей.

Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности установлены классы функциональной пожарной опасности для жилых зданий: Ф1.2 (общежития, гостиницы), Ф1.3 (многоквартирные жилые дома), Ф1.4 (одноквартирные жилые дома) [5]. Максимальная высота зданий класса Ф1.2 – 50 м (16 этажей), многоквартирных домов Ф1.3 ограничена нормами – 75 м (25 этажей), для одноквартирных домов, в том числе блокированных, Ф1.4 нормы установили не более чем 3 этажа [7, 8].

При необходимости проектирования и строительства зданий высотой более нормативной необходимо разрабатывать специальные технические условия.

Следует обратить внимание на частоту проводимых проверок жилых зданий, дающих 70 % пожаров по России, 92 % погибших и 70–72 % травмированных людей при пожаре. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 17 августа 2016 г. № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства

Российской Федерации» [9] к категории среднего риска относятся жилые здания класса Ф1.3, высотой более 28 м, периодичность проверок для которых определена не чаще чем один раз в 7 лет. Здания высотой ниже 28 м и составляющие большую часть жилого фонда отнесены к категории умеренного риска с периодичностью проверок один раз в 10 лет, а здания класса Ф1.4 – к категории низкого риска и плановые проверки не проводятся. Только для зданий Ф1.2 (общежития, гостиницы) установлена периодичность проверок один раз в 4 года, как для зданий категории значительного риска [9].

При подобной периодичности проверок сложно достигнуть значительных успехов в сторону снижения количества пожаров, особенно учитывая, что сами жилые помещения (квартиры) проверкам не подлежат.

Еще одна особенность, которая может увеличить пожарную опасность жилых зданий – это встроенные общественные помещения: магазины, кафе, детские дошкольные организации, библиотеки и др. При возникшем там пожаре возникает угроза для жизни людей, живущих на верхних этажах.

При строительстве жилых зданий в городах используются конструкции из негорючих материалов, но здесь пожарная опасность кроется в другом. В качестве теплоизоляционных материалов могут быть использованы сгораемые материалы, в том числе и полимерные. Для теплоизоляции наружных стен здания в последнее время нашли широкое применение фасадные системы, в том числе и навесные фасадные системы с воздушным зазором. На рис. 1–2 показаны фотографии пожаров жилых зданий с фасадными системами.



Рис. 1. Распространение пожара по фасаду

На рис. 1 – пожар в высотном здании «Атлантик» в г. Владивостоке 21 июля 2007 г. Жилой дом еще не был заселен и жертв удалось избежать, пожарные лестницы не доставали до верхних этажей. Дом практически весь был отделан обычным пенопластом [10].

Рис. 2 [11] иллюстрирует вид фасада после пожара в г. Тюмени. Пожар на ул. Олимпийской 8 января 2018 г. начался в шесть часов вечера с квартиры на восьмом этаже, затем огонь перекинулся на фасад и крышу здания. От пламени пострадали рядом стоящие жилые дома. В пожаре погиб мужчина.



Рис. 2. Фасад здания после пожара

Для зданий повышенной этажности характерны быстрое развитие пожара по вертикали и сложность проведения спасательных работ. Продукты горения распространяются в направлении лестничных клеток и шахт лифтов. Скорость их распространения может превышать 10 и более метров в минуту. В течение нескольких минут здание полностью задымляется, и находиться в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей. Еще одним фактором, повышающим пожарную опасность многоэтажных зданий, является высокая вероятность позднего обнаружения возгорания, если отсутствует или находится в неисправном состоянии соответствующая система пожарной автоматики.

Нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности жилых зданий классов Ф1.2, Ф1.3 и Ф1.4 изложены в сводах правил (СП1.13130 – СП10.13130), а также в разделе 7 «Противопожарные требования» СП54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные. Правила проектирования» [7] и СП55.13330.2016 «Дома жилые одноквартирные» [8].

К многоквартирным домам относятся здания, в которых квартиры имеют общие внеквартирные помещения и инженерные системы. В СП54.13330 приводится классификация многоквартирных жилых домов:

- коридорного типа: где квартиры на каждом этаже имеют выходы через общий коридор, в две лестничные клетки (не менее) и (или) лестнично-лифтовые узлы;
- секционного типа: здание, состоящее из одной или нескольких секций, отделенных друг от друга стенами без проемов; квартиры одной секции должны иметь выход на одну лестничную клетку непосредственно или через коридор;
- галерейного типа: в котором все квартиры каждого этажа имеют входы через общую галерею не менее чем в две лестничные клетки и (или) лестнично-лифтовые узлы [7].

Существует тенденция проектирования и строительства в основном домов секционного типа. Выбор степени огнестойкости, класса конструктивной пожарной опасности и площадь пожарного отсека здания не вызывает вопросов.

Актуален вопрос и эвакуации из зданий. В секционных зданиях каждая секция площадью 500–550 м² имеет только одну лестницу для эвакуации, и так как секции отделены между собой глухой противопожарной преградой, то это может затруднять процесс эвакуации при возможном задымлении лестничной клетки, если лестницы расположены в лестничных клетках типа Л1 (высота здания до 28 м).

При площади секции 500 м² и менее при одном эвакуационном выходе с этажа каждая квартира, расположенная на высоте более 15 м, кроме эвакуационного должна иметь аварийный выход – п. 5.4.2 СП1.13130.2009 [12].

Если в первоначальном варианте «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» было понятие аварийного выхода и варианты его устройства, в том числе на балкон (лоджию), оборудованную наружной лестницей, соединяющей поэтажно балконы (лоджии), причем данный вариант аварийного выхода никогда не работал из-за ненадлежащего содержания жильцами этого выхода, то в 2012 г. п. 6 ст. 89 был отменен (как понятие аварийного выхода, так и их устройство). При этом свод правил (СП1.13130.2009) сохранил требование в некоторых случаях о необходимости устройства аварийных выходов.

Выполнение требования об устройстве аварийного выхода возможно для строящихся зданий. При этом в зданиях старой дореволюционной постройки, где имеются балконы, которые не соответствуют требованиям к аварийному выходу, а если и имеются балконы или лоджии, то использовать их как аварийные выходы часто не представляется возможным, выполнение требований крайне сложно.

Пункт 7.2.15 СП54.13330.2016 «При размещении в верхнем этаже многоквартирного здания мастерских художников и архитекторов, а также конторских помещений допускается принимать в качестве эвакуационных выходов лестничные клетки жилой части многоквартирного здания, при этом сообщение этажа с лестничной клеткой следует предусматривать через тамбур с противопожарными дверями....» [7]. В данном случае никак не регламентирован вопрос со вторым выходом, в тексте не указаны ни ограничения по количеству людей, ни допускаемой общей площади помещений, в каких случаях допустимо наличие одного выхода (такое ограничение в данном пункте дано для помещений учреждений общественного назначения, размещаемых в первом и цокольном этажах многоквартирного здания).

Согласно п. 7.2.9 СП 54.13330.2016 «для многоуровневой квартиры допускается не предусматривать выход в лестничную клетку с каждого этажа при условии, что помещения квартиры расположены не выше 18 м и этаж квартиры, не имеющий непосредственного выхода в лестничную клетку, обеспечен аварийным выходом в соответствии с требованиями Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [7].

Таким образом, возникает вопрос, на какой эвакуационный путь должен вести упоминаемый аварийный выход согласно п. 1 ст. 2 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности? В соответствии с требованиями п. 6 ст. 89 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности были установлены требования к аварийным выходам, ведущим на балкон с глухим простенком или оборудованными наружной лестницей, соединяющей поэтажно балконы, на кровлю здания и т.д. Однако в 2012 г. п. 6 утратил силу [13].

Исходя из вышеизложенного, особенностями обеспечения пожарной опасности многоквартирных жилых домов являются: нахождение в подобного типа зданиях большого количества людей; присутствие в некоторых из них общественных помещений; наличие чердачных и подвальных помещений (часто неконтролируемых); большая плотность размещения горючей нагрузки на единицу площади застройки; быстрое распространение пожара и его опасных факторов в вертикальном направлении; длинные пути эвакуации (в том числе вертикальные); небольшое количество времени для проведения эвакуации; пожары в ночное время.

Также хотелось бы остановиться на высотных зданиях, строительство которых вызвано нехваткой свободной территории под застройку в крупных городах, стремлением инвестора получить максимальную прибыль с наименьшими затратами, а также необходимостью реализации государственных программ по обеспечению жильем, запросы общества на значимые объекты в градостроительной инфраструктуре. Высотные здания – необходимость сегодняшнего времени, это современный облик многих городов. Однако надо понимать, что такие здания являются технически сложными, а часто – уникальными

объектами (здания высотой более 100 м), кроме этого, они представляют большую материальную ценность. Пожары в таких зданиях, как правило, приводят к человеческим жертвам, так как связаны с большими трудностями тушения и проведения спасательных работ, особенно для зданий со «стилобатом». Многие люди психологически не выдерживают прибытия спасателей и начинают спасаться сами, связывая простыни или выпрыгивают из окон, что приводит к неоправданным жертвам.

Таким образом, ранее перечисленные особенности обеспечения пожарной безопасности в многоквартирных домах здесь также уместны. Главной же сложностью будет то обстоятельство, что имеющаяся в распоряжении пожарных техника имеет ограниченную высоту применения как по подаче воды на большую высоту, так и для проведения аварийно-спасательных работ. Поэтому для зданий свыше 28 м нормами предусмотрены дополнительные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности как объемно-планировочные, так и инженерные (незадымляемые лестничные клетки, противодымная защита здания и в зданиях свыше 28 м – установка лифтов для транспортирования пожарных подразделений).

Литература:

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 г.: Указ Президента Рос. Федерации от 1 янв. 2018 г. № 2 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2018. № 2. Ст. 411.
2. Электронная энциклопедия пожарного дела. URL.: [http://wiki-fire.org/Статистика пожаров-РФ-2017](http://wiki-fire.org/Статистика%20пожаров-РФ-2017) (дата обращения: 28.06.2018).
3. Электронная энциклопедия пожарного дела. URL.: [http://wiki-fire.org/Статистика пожаров-РФ-2016](http://wiki-fire.org/Статистика%20пожаров-РФ-2016) (дата обращения: 28.06.2018).
4. Электронная энциклопедия пожарного дела. URL.: [http://wiki-fire.org/Статистика пожаров-РФ-2015](http://wiki-fire.org/Статистика%20пожаров-РФ-2015) (дата обращения: 28.06.2018).
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 4 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 30. Ч. 1. Ст. 3579.
6. Динамика пожаров и нанесенного ими ущерба 2011–2017 гг. URL.: <https://www.alfastrah.ru/news/8158696/> (дата обращения: 28.06.2018); МЧС России. URL.: <http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari> (дата обращения: 28.06.2018).
7. СП 54.13330.2016. Здания жилые многоквартирные. М.: Стандартинформ, 2016.
8. СП 55.13330.2016. Дома жилые одноквартирные. М.: Минрегион России, 2016.
9. О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 17 авг. 2016 г. № 806 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2016. № 35. Ст. 5326.
10. Пожар во Владивостоке. URL.: <https://fishki.net/12348-pozhar-vo-vladivostoke-11-foto.html> (дата обращения: 28.06.2018).
11. Новости региона «72.RU». URL.: <https://72.ru/text/gorod/385293316538368.html> (дата обращения: 02.07.2018).
12. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
13. О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: Федер. закон Рос. Федерации от 10 июля 2012 г. № 117-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2012. № 29. Ст. 3997.



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

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ РЕЗЕРВОВ ФИНАНСОВЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИЯХ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

Н.П. Воропаев, кандидат военных наук;

В.А. Зокоев, кандидат юридических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

С.В. Иванов.

**Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение
дополнительного профессионального образования «Учебно-методический
центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»**

Показана актуальность создания резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций. Рассмотрены организационные основы создания резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций в организациях, расположенных на территории Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: банковская гарантия, ликвидация чрезвычайных ситуаций, обязательное страхование гражданской ответственности, опасный производственный объект, резервы финансовых и материальных ресурсов, чрезвычайные ситуации

PROBLEM QUESTIONS OF CREATION OF RESERVES OF FINANCIAL AND MATERIAL RESOURCES FOR LIQUIDATION OF EMERGENCIES IN ORGANIZATIONS (ON EXAMPLE OF SAINT-PETERSBURG)

N.P. Voropaev; V.A. Zokoev.

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

S.V. Ivanov.

Saint-Petersburg state institution of additional professional education «Training center for civil defense and emergency situations»

This article shows the relevance of the creation of reserves of financial and material resources for emergency situations. The organizational bases of creation of reserves of financial

and material resources for liquidation of emergency situations in the organizations located in the territory of Saint-Petersburg are considered.

Keywords: bank guarantee, liquidation of emergency situations, compulsory insurance of civil liability, dangerous production facility, reserves of financial and material resources, emergency situations

В начале XXI в. в России риск возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) продолжает оставаться высоким. При этом масштабы ежегодно имеющих место ЧС имеют тенденцию к возрастанию. На основании данных, представленных в Государственном докладе МЧС России [1], только в 2017 г. на территории Российской Федерации произошло 257 ЧС, в том числе локальных – 111, муниципальных – 108, межмуниципальных – 13, региональных – 18, межрегиональных – 3, федеральных – 4.

Структура количественных показателей ЧС по их видам приведена на рисунке.

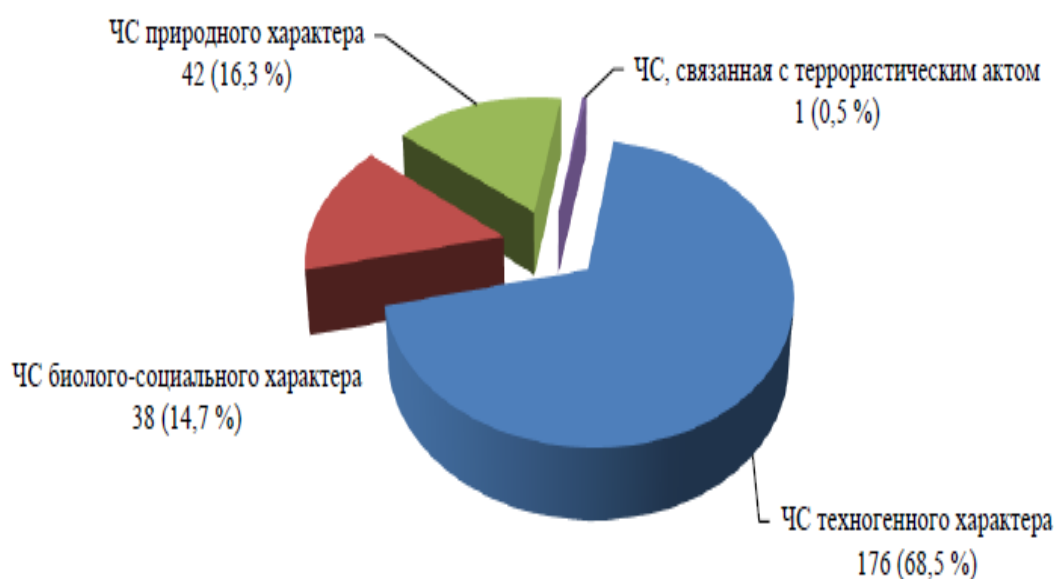


Рис. Структура количественных показателей по видам ЧС, ед. (%)

Наибольшее количество ЧС зарегистрировано в Республике Дагестан, Краснодарском крае, Иркутской, Московской, Саратовской областях.

Высокий уровень защиты от ЧС обеспечивается слаженными совместными действиями органов государственной власти Российской Федерации в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

Вместе с тем постоянные риски в области защиты населения и территорий от ЧС определяют необходимость выработки новых подходов к развитию и совершенствованию РСЧС, ее территориальных и функциональных подсистем.

В соответствии с Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. № 68–ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» одной из основных задач, возложенных на РСЧС, является создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС [2]. При этом необходимо подчеркнуть, что в постановлении Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» четко определено требование по созданию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС на каждом уровне РСЧС [3].

В настоящее время в Российской Федерации работа по созданию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС ведется на федеральном, региональном,

муниципальном и объектовом уровнях. Данные по состоянию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС отражаются в ежегодном государственном докладе о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от ЧС природного и техногенного характера, ежеквартальном бюллетене МЧС России о создании, наличии, использовании и восполнении резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС, издаваемом со II квартала 2003 г.

Согласно Государственному докладу МЧС России [1] в 2017 г. в отдельных субъектах Российской Федерации сформирован недостаточный уровень резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС. В этих субъектах Российской Федерации объемы фактически созданных резервов финансовых и материальных ресурсов, приходящиеся на душу населения, не превышают 30 руб. на человека. При этом необходимо отметить, что работа по созданию резервов финансовых и материальных ресурсов в 2017 г. осуществлялась и на муниципальном уровне.

Но наиболее актуальными остаются проблемы создания резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС в организациях. Здесь важно подчеркнуть, что федеральные законы от 21 июля 1997 г. № 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и от 21 декабря 1994 г. № 68–ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» обязывают организации всех форм собственности создавать указанные резервы [2, 4].

Одним из проблемных вопросов в настоящее время остается отсутствие конкретных методик по созданию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС, например, по определению их объемов. Хотя в развитие Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 68–ФЗ, в части создания резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС, Правительством Российской Федерации было принято постановление от 10 ноября 1996 г. № 1340 «О Порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», который определяет основные принципы создания, хранения, использования и восполнения резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС природного и техногенного характера [5].

В п. 4 данного Порядка определено, что резервы материальных ресурсов для ликвидации ЧС создаются, исходя из прогнозируемых видов и масштабов ЧС, предполагаемого объема работ по их ликвидации, а также максимально возможного использования имеющихся сил и средств для ликвидации ЧС. При этом номенклатура и объемы, а также контроль за созданием, хранением, использованием и восполнением указанных резервов, устанавливаются создавшим их органом.

Данным постановлением задачи по осуществлению методического руководства созданием, хранением, использованием и восполнением резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС возложены на МЧС России. Для этого МЧС России разработаны и утверждены только методические рекомендации по созданию и использованию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС органов местного самоуправления [6].

В методических рекомендациях [6] содержатся основополагающие принципы создания и использования резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС. В них рекомендуется конкретную номенклатуру и объемы резервов материальных ресурсов определять, исходя из множества факторов. При этом методики, которые позволили бы обоснованно определить номенклатуру и объемы указанных резервов, в документе отсутствуют. Таким образом, возникает неопределенность при создании резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС, что позволяет органам местного самоуправления создавать такой резерв, который, в первую очередь, будет выгоден с экономической точки зрения для бюджета муниципалитета.

Кроме того, в методических рекомендациях [6] приведены способы создания резервов материальных ресурсов. При этом отсутствуют конкретные критерии, которые бы позволили

обоснованно осуществлять выбор между закупкой и закладкой на хранение материальных ресурсов за счет средств собственного бюджета и заключением договоров с организациями на экстренную их поставку из текущих запасов. Практика ликвидации ЧС указывает на необходимость иметь заложенные в резерв материальные ресурсы, которые в любое время можно изъять со склада, что, безусловно, обеспечит их оперативную доставку к местам ликвидации ЧС. В этом случае способ создания резервов материальных ресурсов путем заключения указанных договоров неэффективен, так как ответственность за их создание практически перекладывается на организации, которые принимают на себя соответствующие обязательства.

В части создания резервов финансовых ресурсов, в методических рекомендациях [6] основной акцент делается только на то, что для ликвидации ЧС могут создаваться как целевые финансовые резервы, так и общие резервные фонды. При этом обязательно должно быть утверждено положение (порядок) о выделении средств из указанных резервов на ликвидацию ЧС. Но ведь в организации целевой финансовый резерв может быть сформирован различными способами, например, выделением на отдельном расчетном счету организации собственных денежных средств, заключением договора страхования расходов на ликвидацию ЧС. При этом в Письме МЧС России от 15 января 2015 г. № 7-2-59 «О формировании резервов финансовых средств на ликвидацию чрезвычайных ситуаций» на формирование резервов финансовых средств через механизм страхования обращается особое внимание [7].

Получается, сегодня не существует утвержденных МЧС России и приемлемых для практического использования на всей территории Российской Федерации методических рекомендаций по созданию и использованию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС в организациях.

Применительно к Санкт-Петербургу, порядок создания, использования, хранения и восполнения резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС утвержден постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 30 ноября 2012 г. № 1246 «О резервах материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Санкт-Петербурга» [8].

В п. 9 постановления Правительства Санкт-Петербурга от 30 ноября 2012 г. № 1246 организациям, расположенным на территории Санкт-Петербурга, рекомендуется:

- определить порядок создания, использования, хранения и восполнения объектовых резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС локального характера (объектовый резерв);
- утвердить номенклатуру и объем объектовых резервов;
- создать объектовые резервы материальных ресурсов для ликвидации ЧС природного и техногенного характера за счет собственных средств.

В Порядке, утвержденном постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 30 ноября 2012 г. № 1246, определено, что объектовые резервы (резервы организаций) создаются из расчета на 10 человек, пострадавших от ЧС, и необходимости обеспечения их жизнедеятельности в течение трех суток. Необходимо отметить, что в данном Порядке для определения объемов объектовых резервов материальных ресурсов установлены только количество пострадавших, принятое в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [9], и продолжительность периода их жизнеобеспечения. При этом другие сведения, которые позволили бы обоснованно определить номенклатуру и объемы объектовых резервов материальных ресурсов, в документе отсутствуют. Но объектовые резервы материальных ресурсов используются не только для выполнения мероприятий, связанных с обеспечением жизнедеятельности пострадавших от ЧС, но и при выполнении других мероприятий, например, при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

В связи с этим, в настоящее время наиболее актуальным документом, который можно использовать для определения номенклатуры и объемов объектовых резервов материальных ресурсов, являются методические рекомендации по организации первоочередного жизнеобеспечения населения в ЧС и работы пунктов временного размещения пострадавшего населения [10].

Далее рассмотрим проблемные вопросы создания резервов финансовых ресурсов для ликвидации ЧС в организациях, расположенных на территории Санкт-Петербурга.

С целью оказания практической помощи в создании резервов финансовых ресурсов Главное управление МЧС России по Санкт-Петербургу подготовило для организаций соответствующие методические рекомендации [11].

В соответствии с вышеуказанными методическими рекомендациями целевой финансовый резерв организации может быть сформирован одним из трех способов:

- выделением на отдельном расчетном счету организации собственных денежных средств;
- оформлением банковской гарантии;
- заключением договора страхования расходов на ликвидацию ЧС.

Наряду с этим в зависимости от наличия в своем составе опасных производственных объектов организациям рекомендованы минимальные объемы этих резервов.

В настоящее время для организаций, расположенных на территории Санкт-Петербурга, конкретные объемы финансовых резервов для ликвидации ЧС не установлены региональными нормативными правовыми актами. При этом объем финансового резерва организации может быть определен множеством способов. Например, если в составе организации присутствует опасный производственный объект, то финансовый резерв может быть определен на основании данных декларации промышленной безопасности или паспорта безопасности опасного объекта. Организации, имеющие опасный производственный объект, в соответствии со ст. 15 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ обязаны страховать гражданскую ответственность за причинение вреда в результате аварии или инцидента на опасном производственном объекте. Основным документом, регламентирующим вопросы страхования в области промышленной безопасности, является Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте». В остальных случаях необходимый объем финансового резерва определяется руководителем самостоятельно, исходя из наиболее опасной из возможных на территории организации ЧС [11].

Таким образом, для организаций, расположенных на территории Санкт-Петербурга, на сегодняшний момент также отсутствуют конкретные методики, которые позволили бы обоснованно определить объемы резервов финансовых ресурсов.

В таких условиях одним из перспективных и экономичных для руководителей организаций способов формирования целевого финансового резерва является заключение договора страхования расходов на ликвидацию ЧС. Данный способ особенно удобен для тех организаций, которые испытывают нехватку финансовых средств. Это позволит организациям направить денежные средства на другие не менее важные цели и в то же время сформировать посредством страхования резерв финансовых ресурсов на ликвидацию ЧС. Тем более оформить договор страхования значительно проще и выгоднее, чем оформить банковскую гарантию. Кроме того, заключая договор страхования расходов на ликвидацию ЧС с включением гражданской ответственности от воздействий пожаров, организации получают дополнительную защиту за вред жизни и здоровью, а также имуществу пострадавших третьих лиц [13].

В настоящее время должностные лица надзорных органов в ряде случаев указывают организациям на то, что договор страхования должен быть заключен со страховой компанией, имеющей согласованную с МЧС России методику оценки объемов финансовых резервов для ликвидации ЧС.

Сегодня ряд страховых компаний Российской Федерации рассматривает вопрос разработки единых правил страхования расходов организаций на ликвидацию ЧС, а также методики определения соответствующих страховых сумм. В дальнейшем единые правила и методика будут согласованы соответствующими профильным ведомствами – МЧС России и Ростехнадзором.

Из вышеизложенного можно заключить, что в настоящее время при создании резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС у руководителей организаций будет возникать множество вопросов.

Сегодня создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС является весьма актуальной задачей, возложенной на РСЧС. Указом Президента Российской Федерации от 11 января 2018 г. № 12 утверждены «Основы государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года», где создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС является одним из основных механизмов ресурсного обеспечения мероприятий по реализации государственной политики в области защиты от ЧС [14].

Отсутствие конкретных методик по созданию объектовых резервов финансовых и материальных ресурсов практически обуславливает привлечение резервов муниципального и регионального уровней к ликвидации локальной ЧС. В связи с этим, для решения имеющихся проблемных вопросов при создании объектовых резервов материальных ресурсов необходимо иметь такие методики, которые позволят не только создавать наиболее эффективный для ликвидации ЧС резерв, но и снизить нагрузку на бюджет организации. Кроме того, необходимо решить задачу по выбору рационального способа создания резервов материальных ресурсов, а именно – непосредственная закупка и закладка на хранение материальных ресурсов за счет средств собственного бюджета или заключение договоров с организациями на гарантируемую экстренную их поставку из текущих запасов.

Одним из путей решения проблемных вопросов, в части создания объектовых резервов финансовых ресурсов, является дальнейшее развитие механизма страхования расходов на ликвидацию ЧС.

Развитие данного вида страхования будет интересно как для страховых компаний (расширение рынка страховых услуг), так и для организаций (обеспечение финансовой устойчивости в условиях ЧС), а также надзорных органов (обеспечение соблюдения требований законодательства как в области промышленной безопасности, так и в области защиты населения и территорий от ЧС).

Опыт ликвидации ЧС, а также их предупреждения, показывает невозможность эффективного функционирования системы РСЧС без привлечения резервов финансовых и материальных ресурсов различного уровня. Стоит отметить, что наличие резервов является ключевым в первые сутки после возникновения ЧС. Решающую роль в данном случае играют резервы, хранящиеся на складах и отпускаемые в кратчайшие сроки без необходимости дополнительных согласований. Наличие достаточного объема материальных ресурсов в резерве позволяет снизить потери, которые вызваны нарушениями условий жизнедеятельности пострадавшего населения. Низкий уровень работы по созданию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС может привести к ослаблению защиты населения и территорий от ЧС.

Литература

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году: Гос. доклад. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018. 376 с.

2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

4. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. О Порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Правительства Рос. Федерации от 10 нояб. 1996 г. № 1340. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

6. Методические рекомендации по созданию и использованию резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций органов местного самоуправления (утв. МЧС России 21 дек. 2007 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. О резервах финансовых средств и материальных ресурсов для ликвидации ЧС: Письмо МЧС России от 15 янв. 2015 г. № 7-2-59 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 14.04.2018).

8. О резервах материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Санкт-Петербурга: постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30 нояб. 2012 г. № 1246 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 14.04.2018).

9. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 304. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

10. Методические рекомендации по организации первоочередного жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях и работы пунктов временного размещения пострадавшего населения (утв. МЧС России 25 дек. 2013 г. № 2-4-87-37-14) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.04.2018).

11. Об утверждении Методических рекомендаций по созданию, использованию и восполнению объектового резерва финансовых средств на ликвидацию чрезвычайных ситуаций: Приказ Главного управления МЧС России по Санкт-Петербургу от 5 дек. 2007 г. № 571. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

12. Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте: Федер. закон от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

13. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

14. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 11 янв. 2018 г. № 12. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ОБЪЕКТАХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

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

Ю.В. Рева, кандидат военных наук;

О.А. Рыбин, доктор технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы, связанные с анализом аварийности и причин столкновений судов в море, на реках, в проливах и на рейдах, а также тяжести последствий от этих столкновений. Показаны факторы, влияющие на число столкновений судов и пути их преодоления.

Ключевые слова: безопасность на объектах водного транспорта, столкновение судов, правила предупреждения столкновения судов, правила плавания по внутренним водным путям Российской Федерации

WAYS OF ENSURING SECURITY IN EMERGENCY SITUATIONS OF TECHNOGENIC CHARACTER ON OBJECTS OF WATER TRANSPORT

O.M. Troyanov; Yu.V. Reva; O.A. Rybin.

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

Devoted to the consideration of issues related to the analysis of accidents and causes of collisions at sea, on rivers, in Straits and roads, as well as the severity of the consequences of these collisions. Shows the factors influencing the number of collisions and ways to overcome them.

Keywords: safety on objects of water transport, collision of ships, rules for preventing collisions, navigation rules on inland waterways of the Russian Federation

В старинных сводах морских законов, регламентировавших плавание судов на Балтийском и Северном морях, содержались некоторые правила по предупреждению столкновений судов.

Бурное развитие мореплавания в XVIII, и особенно в XIX в.в, когда на морях и реках появились и паровые суда, потребовало разработки и специальных правил предупреждения судов.

В настоящее время основным руководящим документом в вопросах предупреждения столкновений судов при плавании их в водах являются Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 г. (МППСС-72), которые имеют силу международного закона, а также Приказ Минтранса РФ от 14 октября 2002 г. № 129 «Об утверждении Правил плавания по внутренним водным путям Российской Федерации» (ППВВП-2002) (Правила) для обеспечения безопасности эксплуатации и плавания малоразмерных судов.

Правила распространяются на все плавучие средства, подпадающие под понятие «судно», без различия их вида, предназначения, технической оснащенности, ведомственной и национальной принадлежности. Они действуют как в открытых морях, так и в соединенных с ними водах, по которым могут ходить морские и речные суда.

Под «открытым морем» (международными водами) понимают районы морей и океанов, не входящие в территориальные воды прибрежных государств. В этих районах международные правила действуют в полном объеме.

Воды, соединенные с открытым морем, включают в себя территориальные воды и внутренние воды прибрежного государства, имеющие естественный и искусственный выход в открытое море.

Территориальные воды представляют собой морской пояс определенной ширины, примыкающий к берегу прибрежного государства. Внешняя граница территориальных вод является морской государственной границей.

Внутренние воды прибрежного государства, соединенные с открытым морем, располагаются в сторону берега от внутренней границы территориальных вод.

Столкновение – это аварийное соприкосновение двух или нескольких судов, если они (или хотя бы одно из них) находится «на ходу». Исключением являются случаи аварийного соприкосновения судов в результате швартовых операций, так называемые «навалы» (при походе одного судна к другому или отходе от него). Столкновение, как правило, является действием непреднамеренным и свидетельствует о непринятии должных мер для его предупреждения.

Анализ аварийности на объектах водного транспорта показывает, что ежегодно в среднем в мире сталкиваются до 1 500 судов, причем значительное их количество погибло от столкновений и последовавших за этим взрывами и пожарами [1].

Число столкновений во многом зависит от следующих факторов:

1. Район плавания.

Наибольшее число столкновений – в проливах и на фарватерах, затем на каналах и реках и несколько меньше в открытых морях.

2. Вид встречи в различную видимость.

Наибольшее число столкновений – на встречных курсах (55,6 %), несколько меньше столкновений на пересекающихся курсах (33,7 %) и наименьшее число их при обгонах (10,7 %).

3. Видимость.

При ограниченной видимости частота столкновений в 10 раз выше, чем при неограниченной видимости. Наибольшее число столкновений при ограниченной видимости является следствием:

- плавания с чрезмерной скоростью при использовании радиолокационных станций (РЛС);

- пренебрежения требованиями по использованию радиолокационной информации, а также пренебрежения ведением радиолокационной прокладки;

- бездействия при заблаговременном обнаружении цели;

- позднего радиолокационного обнаружения судов;

- не выполнения требований Правил, когда, по-видимому, впереди траверза услышан туманный сигнал другого судна или когда судно обнаружено РЛС на опасном расстоянии.

4. Темное или светлое время суток.

В темное время (ночью) число столкновений при неограниченной видимости более чем в два раза превышает число столкновений в светлое время суток.

5. Время суток.

Большее число столкновений приходится на периоды с 20 до 8 и с 12 до 16 ч (в этот период наиболее опасная вахта – с 0 до 4 ч; опасные вахты – с 4 до 8 и с 20 до 24 ч, также с 12 до 16 ч).

6. Время вахты.

При смене вахт (промежуток 35 мин: 15 мин до конца и 20 мин от начала вахты) число столкновений более чем в 1,5 раза превышает число столкновений в другое время.

7. Время года.

В зимнее время происходит больше столкновений, чем в летнее.

8. Типы (тоннаж) судов.

Столкновения между разнотипными или резко различающимися по тоннажу судами происходит чаще, чем между однотипными или судами примерно равного тоннажа [2].

9. Наибольшее число столкновений с судами, стоящими на якоре, происходит:

- при ограниченной видимости;
- в темное время суток;
- в проливах, на фарватерах, реках, каналах.

Основными причинами столкновений судов являются:

- невыполнение требований руководящих документов (уставов, правил, руководств, приказов, наставлений, инструкций и т.п.);
- недостаточная подготовка, отсутствие необходимых качеств, понятий и навыков для выполнения обязанностей по предупреждению столкновений судов как у лиц, управляющих маневрами судна, так и у лиц, обеспечивающих плавание;
- отсутствие необходимого опыта по предупреждению столкновений, самоуверенность при выполнении своих обязанностей, недисциплинированность, безответственность, беспечность должностных лиц;
- некачественная или неполная подготовка судна к походу и изготовление его к плаванию в сложных условиях (шторм, узкость, мелководье, ограниченная видимость, район интенсивного судоходства и т.п.);
- отсутствие для данных условий плавания надлежащей организации службы – важнейшего условия безопасности плавания. Особенно это относится к ходовому мостику и постам, непосредственно обеспечивающим безопасность плавания судна;
- отсутствие на судне необходимых откорректированных документов, определяющих его плавание в данном районе;
- неправильное применение требований руководящих документов из-за нетвердого знания или непонимания их смысла;
- слабое знание обстановки в районе плавания;
- невыполнение установленного порядка плавания (в том числе и установленного местными правилами). Особенно это касается узкостей, подходов к портам, районов интенсивного судоходства;
- неудовлетворительное наблюдение, отсутствие сочетания необходимых видов наблюдения, позднее обнаружение;
- неумение своевременно правильно оценить обстановку и развитие событий в районе плавания;
- запоздалые действия по предупреждению столкновения;
- безрасчетность и элементы авантюризма в вопросах предупреждения судов (расхождение «на глаз», чрезмерная скорость, чрезмерное сближение, пренебрежение разумной осторожностью, безрассудное лихачество и т.п.);
- формальное, слепое выполнение требований по предупреждению столкновений судов – без учета всякого рода опасностей плавания, опасности столкновения и особых обстоятельств;
- пренебрежение необходимыми для данного случая мерами предосторожности, требующимися обычной морской практикой или особыми обстоятельствами конкретного случая;
- неумелое использование технических средств обеспечения безопасности плавания. Особенно это относится к средствам наблюдения, движения и управления судном, сигнализации и связи, кораблевождения, анализа обстановки и расчетов на расхождение;
- непонимание необходимости достичь в кратчайшее время взаимопонимания в расхождении с другим судном;
- отсутствие стремления к упрощению обстановки при расхождении;

– расхождение на опасных расстояниях, чрезмерных или заниженных скоростях; выбор расхождения в наиболее сложных условиях – при постоянных помехах, в опасных местах, при скоплении судов и т.п.;

– пренебрежение ведением радиолокационной прокладки при ограниченной видимости, ночью, в районах интенсивного судоходства, в слабопросматриваемых местах района плавания;

– неоставление резерва времени, пространства и возможностей своего судна для выполнения дополнительных действий по расхождению на случай неожиданностей;

– неиспользование или неумелое использование радиосвязи для получения информации об обстановке в районе плавания и для достижения согласованных действий при расхождении судов. Это, прежде всего, относится к плаванию в узкостях, а также к случаям, при которых радиосвязь надежно обеспечивает достижение взаимопонимания при предупреждении столкновений;

– слабое знание маневренных возможностей своего судна и судов, с которыми производится расхождение;

– снижение бдительности при смене вахт и небрежность в передаче необходимых данных по вахте;

– непригодность необходимых резервных средств по управлению судном при выходе из строя основных средств;

– назначение неподготовленных лиц для выполнения обязанностей по обеспечению безопасности плавания, недостаточный инструктаж заступающих на вахту и слабый контроль за выполнением ими обязанностей в процессе вахты;

– допуск на вахту лиц, которые по неподготовленности или по своему состоянию не смогут нормально выполнить обязанности;

– неготовность дополнительных средств, которые могут понадобиться в конкретных случаях расхождения;

– отсутствие необходимой организации обеспечения порядка плавания в сложных для плавания районах;

– нарушения в выставлении своих судовых навигационных огней, знаков и в использовании звуковых и световых сигналов, предписанных МППСС-72 и особыми правилами, а также неумение своевременно разобраться в наблюдаемых огнях, знаках и сигналах других судов.

Каждое расхождение с приближающимся судном – всегда новая задача, требующая и своего решения. Организация судна и подготовленность его экипажа должны надежно обеспечивать выполнение МППСС-72 и Правил плавания по внутренним водным путям Российской Федерации ППВВП-2002 в различных условиях. Успешное решение задач предупреждения столкновений судов в море возможно лишь при твердом знании, правильном толковании, глубоком понимании смысла положений этих Правил и умении выполнить их практически на конкретном судне, любого тоннажа, в различной обстановке [3].

Литература

1. Безопасность на водных объектах: учеб. / под общ. ред. В.А. Пучкова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. 480 с.

2. Ефремов С.В., Цаплин В.В. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие. СПб.: СПб ГАСУ, 2011. 296 с.

3. Ацеров Ю.С., Зурабов Ю.Г. Развитие технических средств судовождения и связи. М.: Знание, 1979.

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СБОРА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ (РАЗРУШЕНИЙ) ПОДВИЖНЫХ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

**О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
А.А. Аксенов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается решение проблемы по оперативному сбору исходной информации для проведения прогнозирования последствий на подвижных химически опасных объектах с частичной разгерметизацией цистерн путем устройства, установленного на них.

Ключевые слова: подвижный химически опасный объект, аварийно химически опасное вещество, центр управления в кризисных ситуациях

ON IMPROVING THE COLLECTION OF INITIAL DATA FOR OPERATIONAL PREDICTION OF THE CONSEQUENCES OF ACCIDENTS (DISRUPTIONS) OF MOBILE CHEMICALLY HAZARDOUS OBJECTS

O.N. Savchuk; A.A. Aksenov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In the article the solution of the problem on the operative collection of initial information to carry out prediction of the effects on moving chemically hazardous objects with partial depressurization of tanks by means of a device installed on them.

Keywords: mobile chemically dangerous object, chemically dangerous substance, emergency control center in crisis situations

Обеспечение безопасности населения в условиях современной техногенной, природной, международной обстановки является одним из важнейших приоритетов Правительства Российской Федерации. Эту функцию в большой мере осуществляет МЧС России. Одной из важных задач министерства в этой области является предотвращение и снижение опасности поражения людей в случаях техногенных, природных чрезвычайных ситуаций (ЧС), террористических актов и возможных ЧС военного времени. Одну из актуальных опасностей представляют аварии (разрушения) подвижных химически опасных объектов (ХОО) на маршрутах транспортировки аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

Транспортировка АХОВ может осуществляться автомобильным, железнодорожным, водным транспортом. Наибольшее количество АХОВ транспортируется автомобильным и железнодорожным транспортом.

До 60 % опасных грузов в стране перевозится автомобильным транспортом на расстояния до 420 км, из них 2,1 % составляют АХОВ. Интенсивность аварий при перевозке автомобильным транспортом составляет $1,2 \cdot 10^{-6}$ [1]. Перевозки АХОВ автотранспортом вынуждено иногда осуществляют в населенных пунктах, что представляет угрозу жизни и здоровью людей в случае аварии [2].

Ежедневно на станциях и участках железных дорог России находятся около 16–20 тыс. вагонов с опасными грузами, а в год ими перевозится до 400 млн т этих грузов. Второе место по количеству перевозимого АХОВ занимает железнодорожный транспорт. Только хлора ежегодно перевозится более 500 тыс. т. Интенсивность аварий при перевозке составляет $3,8 \cdot 10^{-7}$ на один вагон [3]. В связи с ростом плотности населения вблизи железнодорожных объектов

и путей возрастает опасность массового поражения людей в случае разгерметизации железнодорожных цистерн с АХОВ, а также при перевозке их автомобильным транспортом в пределах населенных пунктов.

Подвижные ХОО представляют потенциальную угрозу безопасности населения и сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России в случае их попадания в зону возможного химического заражения при авариях с проливом АХОВ. Несмотря на количественное уменьшение ЧС на подвижных ХОО, остается довольно высокая вероятность риска аварий в связи с появлением новых угроз, связанных с возможным осуществлением террористических актов на таких объектах в крупных населенных пунктах [4].

Так, например, в 1978 г. в результате железнодорожной катастрофы в штате Флорида США была пробита цистерна с жидким хлором. В результате химического заражения населенного района погибли 8 человек, 70 человек получили интоксикационные поражения [5].

В 1988 г. ночью в результате железнодорожной катастрофы в г. Ярославле произошла разгерметизация трех цистерн с гептилом, что привело к химическому заражению, приведшему к госпитализации 58 человек и значительному объему работ по дегазации места разлива.

При разгерметизации цистерн с АХОВ, перевозимых железнодорожным и автомобильным транспортом, возможны следующие сценарии аварий:

1. Полная разгерметизация резервуаров с АХОВ в момент аварии (разрушения, подрыва), а при транспортировке железнодорожным транспортом – сход их с рельс.

2. Частичная разгерметизация автомобильных резервуаров с АХОВ, а железнодорожных цистерн с АХОВ без схода их с рельсов, при этом вероятнее всего возможны следующие варианты:

- пробоина (аварийная трещина) в днище резервуара;
- пробоина (аварийная трещина) в боковой части резервуара;
- полное разрушение резервуара с проливом всего АХОВ.

Особенностью прогнозирования последствий при авариях на подвижных ХОО является раздельное определение глубины распространения зараженного облака не только с участка пролива АХОВ при разгерметизации резервуара в момент аварийной остановки, но и с участка пролива на аварийном тормозном пути [3].

В основу методики прогнозирования последствий аварий подвижных ХОО [3] заложено знание основных исходных параметров, таких как: количество и тип АХОВ, размеры цистерны, площадь разгерметизации (пробоины), метеоусловия, тип транспорта и скорость его перемещения, характер подстилающей поверхности.

Для оперативной оценки последствий аварий на подвижных ХОО методом прогнозирования в случаях их не полной разгерметизации особенно важно достоверное знание таких исходных параметров, как количество пролитого АХОВ, размеры пробоины (разгерметизации) и площадь пролива на участке торможения и в районе остановки.

Если в случаях полной разгерметизации цистерн с АХОВ (в случае аварии (разрушения)) прогнозируемая химическая обстановка оперативно возможна с учетом имеющихся исходных данных и стандартных программ ЭВМ Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России, то в случаях с частичной разгерметизацией таких цистерн оперативное получение исходных данных для прогнозирования химической обстановки будет крайне затруднено вследствие невозможности оперативного определения данных о месте и главное о размерах пробоины (трещины) в транспортируемом резервуаре с АХОВ.

Получение этой информации в кратчайшие сроки после реализации химически опасной аварии весьма проблематично еще и тем, что прибытие оперативной группы ЦУКС МЧС России к месту аварии, которая может определить эти параметры и передать их в ЦУКС в крупных населенных пунктах, может составить не менее 30–40 мин. За это время пролив АХОВ из аварийного транспорта может полностью произойти не только на участке торможения, но и в районе остановки, и определение зон химического заражения

методом прогнозирования в целях обеспечения безопасности населения жилой части города в районе аварии теряет смысл.

В целях оперативного сбора исходной информации для прогнозирования глубины химического заражения при авариях (разрушениях) таких объектов [3] предлагается устанавливать в перевозимых цистернах с АХОВ устройство на основе способа определения уровня АХОВ при ее разгерметизации в ходе движения [6]. Это позволит в случае аварии с проливом АХОВ оперативно по радиосвязи передавать данные об уровне жидкого АХОВ в цистерне на момент аварийной остановки, что будет определять количество АХОВ пролитого на участке торможения, а затем в режиме онлайн фиксировать уровень в районе аварийной остановки до прекращения или полного истечения из цистерны.

Для определения количества пролитого АХОВ в сервере ЦУКС МЧС России закладывается программа, которая по показаниям $h_{нач}$ и $h_{ав.ост}$ рассчитывает количество пролитого АХОВ на участке торможения, где $h_{нач}$ – величина уровня жидкого АХОВ в цистерне в момент разгерметизации; $h_{ав.ост}$ – величина уровня АХОВ в цистерне в момент аварийной остановки.

Определение глубины порогового химического заражения осуществляется по формуле:

$$\Gamma_n = 0,95_{1+b+d} \sqrt{\frac{m_1}{0,13(2\pi)^{\frac{3}{2}} \cdot a \cdot c \cdot C_n}} \cdot K^6 \cdot K^t, \quad (1)$$

где Γ_n – глубина порогового химического заражения; m_1 (m_2) – количество пролитого АХОВ на участке торможения (в районе аварийной остановки), кг; K^6 и K^t – поправочные коэффициенты учета величины скорости ветра и окружающей температуре воздуха соответственно; a, b, c, d – коэффициенты степенных моделей дисперсии, определяемые по табл. 2 (Приложение 2 [3]); C_n – значение концентрации порогового поражения рассматриваемого типа АХОВ.

Высота поражающего подъема облака для пороговой степени поражения с учетом укрытия населения в зданиях определяется по формуле:

$$H_{п} = c \cdot \Gamma_n^d \sqrt{\frac{2 \ln \frac{Q_0 \cdot \rho_v (1 - e^{-\kappa_v \cdot t_{лок}})}{\rho_g \cdot 0,13 \cdot (2\pi)^{\frac{3}{2}} C_n \cdot a \cdot c \cdot \Gamma_n^{1+b+d}}}{\rho_g \cdot 0,13 \cdot (2\pi)^{\frac{3}{2}} C_n \cdot a \cdot c \cdot \Gamma_n^{1+b+d}}}}, \quad (2)$$

где ρ_v и ρ_g – плотность воздуха и плотность газа соответствующего типа АХОВ соответственно, кг/м³; κ_v – кратность воздухообмена жилых помещений здания, ч⁻¹; $t_{лок}$ – время локализации аварии, экспозиции в помещении, ч.

Следует заметить, что определение глубин химического заражения и высот подъема облака следует осуществлять с учетом подстановки в формулы C_n при соответствующем времени экспозиции.

Значение расчетной глубины заражения определяется по формуле:

$$\Gamma_{расч} = \min (\Gamma_g ; \Gamma_{пер} = V_n \cdot t_{исп}),$$

где $\Gamma_{пер}$ – глубина переноса зараженного облака; V_n – скорость переноса зараженного облака; $t_{исп}$ – время испарения АХОВ.

Алгоритм определения массы пролитого АХОВ по измерению уровня жидкого АХОВ в цистерне после разгерметизации и уровня при заполнении ее следующий.

Перед отправкой транспорта с АХОВ в сервер программного блока по определению массы и глубины химического заражения ЦУКС [7] согласно формулам (1, 2) заносят все исходные данные и, в том числе, параметры цистерны (рис.), тип и плотность АХОВ. Далее включается предлагаемое устройство и измеряется $h_{нач}$, тем самым проверяется

работоспособность и сопряжение его с ЦУКС МЧС России. Данные об уровне жидкости АХОВ в цистерне поступают в момент аварийной остановки, а затем с периодичностью в 30 с в режиме онлайн поступают на сервер ЦУКС МЧС России. Определение массы АХОВ в цистерне осуществляется по формуле (3) – в случае если $h > R$, или по формуле (4) – в случае, когда $h < R$.

Таким образом, подставляя в формулы (1, 2) найденное значение массы пролитого АХОВ на участке аварийного торможения и в районе остановки, оперативно определяется глубина химического заражения и высота подъема зараженного облака. Причем это дает возможность осуществлять прогнозирование в районе аварийной остановки в режиме онлайн.

$$m = \frac{R^2 \cdot L \cdot \rho_{ж}}{2} \left[\left(\arcsin \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_{нач} - R)^2}}{R} \right) - \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_{нач} - R)^2}}{R} \right) \right) - \left(\arcsin \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h - R)^2}}{R} \right) - \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h - R)^2}}{R} \right) \right) \right] ; \quad (3)$$

$$m = \pi \cdot R^2 \cdot L \cdot \rho_{ж} - \frac{R^2 \cdot L \cdot \rho_{ж}}{2} \left[\arcsin \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_{нач} - R)^2}}{R} \right) - \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_{нач} - R)^2}}{R} \right) \right] - \frac{R^2 \cdot L \cdot \rho_{ж}}{2} \left[\pi - \arcsin \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h - R)^2}}{R} \right) + \left(\frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h - R)^2}}{R} \right) \right] , \quad (4)$$

где m – масса пролитого АХОВ; L – длина цистерны; R – радиус цистерны; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости; $h_{нач}$ – исходный уровень жидкости в цистерне; h – уровень жидкости после разгерметизации цистерны.

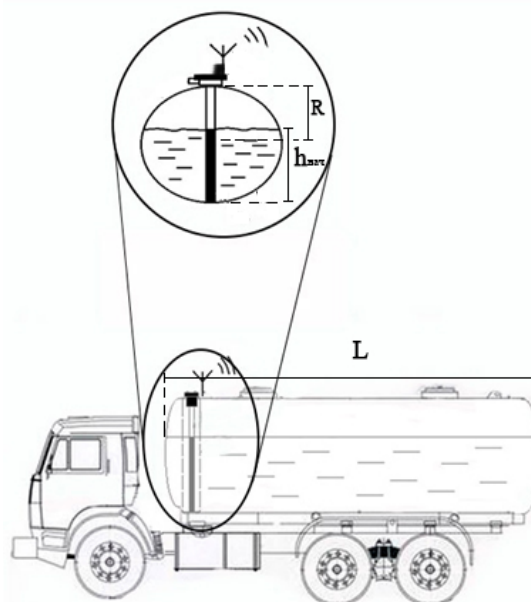


Рис. Цистерна с АХОВ

При определении глубины химического заражения $\Gamma_{\text{расч}}$ на участке аварийного торможения следует вводить поправочный коэффициент $K_m = L_{\text{прол}}/D_p$:

$$D_p = 2 \sqrt{\frac{m_T}{\pi \cdot h_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{ж}}}},$$

где m_T – количество пролитого АХОВ на участке торможения; $h_{\text{пр}}$ – высота пролива АХОВ на подстилающую поверхность; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность данного типа АХОВ.

Это обусловлено спецификой пролива на этом участке, представляющем с учетом допущения участок заражения в виде прямоугольника с довольно большой длиной $L_{\text{прол}}$.

Определение $\Gamma_{\text{расч}}$ по формуле (5) на участке торможения следует проводить как стационарное истечение при разгерметизации с разливом диаметром D_p , то есть представляя в этом случае распространение зараженного воздуха от элементарных участков стационарного пролива по всей длине $L_{\text{прол}}$.

Тогда:

$$\Gamma_{\text{расч}} = \Gamma_{\text{расч}}(m_T)/K_m. \quad (5)$$

В этой связи представляется трудность оперативного получения $h_{\text{пр}}$, которое вычисляется по формуле:

$$h_{\text{пр}} = \frac{m_T}{\rho_{\text{ж}} \cdot S_{\text{пр}}},$$

где $S_{\text{пр}}$ – площадь пролива АХОВ на участке торможения.

Определение с достоверной точностью этой площади возможно путем экспериментального определения удельной площади разлива данного типа АХОВ ($\text{кг}/\text{м}^2$) с учетом вида подстилающей поверхности, вязкости, температуры окружающего воздуха. В этом случае не потребуется определение площади разгерметизации емкости с АХОВ в случае аварии.

Таким образом, путем установки предлагаемого устройства оперативного получения данных о количестве пролитого АХОВ в цистерне, перевозимой автомобильным транспортом, и, зная значение удельной площади разлива данного типа АХОВ, легко определить площадь разлива и осуществить расчет глубины химического заражения как на участке торможения при разгерметизации (разрушении) ее, так и в районе аварийной остановки.

Литература

1. Буралев Ю.В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте: учеб. 2-е изд. М.: Изд. центр «Академия», 2007.
2. Невмержицкий Н.В., Ложкина О.В., Ложкин В.Н. Расчетная методика и компьютерная программа для оценки и прогнозирования загрязнения воздуха на автомагистралях мелкодисперсными взвешенными частицами $\text{PM}_{2.5}$ и PM_{10} // Научно-технический журнал «Вестник гражданских инженеров». 2016. № 2 (55). С. 206–209.
3. Савчук О.Н., Антонов С.Ю., Егоров П.А. Химическая безопасность. Выявление и организация ликвидации последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2016.
4. Европейское Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) (ECE/TRANS/175). Нью-Йорк и Женева: Организация Объединенных Наций, 2005.

5. Савчук О.Н. Системный анализ прогнозирования возможных последствий при авариях (разрушениях) химически опасных объектов: монография. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2012.

6. Савчук О.Н., Аксенов А.А. Способ оперативного определения массы пролитого ОХВ при аварии перевозимого резервуара: заявка на изобретение. Рег. № 2018109003/28 от 13.03.2018 г. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2018.

7. Савчук О.Н., Аксенов А.А. Прогнозирование последствий аварий на транспорте, перевозящем аварийно химически опасные вещества (АХОВ): свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Рег. № 2015610163. М., 2015.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

**А.В. Фомин, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
Ф.Ф. Шахманов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Анализ применения риск-ориентированного подхода при осуществлении федерального государственного пожарного надзора в отношении автомобильных газозаправочных станций выявил, что критерии оценки не учитывают риск причинения вреда людям. Предлагается математическая модель определения коллективного пожарного риска, учитывающая вероятность и тяжесть потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения обязательных требований пожарной безопасности.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, автомобильные газозаправочные станции

MATHEMATICAL MODEL OF DEFINITION OF THE COST OF THE COLLECTIVE FIRE RISK OF AUTOMOTIVE GAS FILLING STATIONS

A.V. Fomin; F.F. Shakhmanov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Analysis of the application of the risk-based approach in the implementation of federal state fire supervision for gasoline filling stations, revealed that the evaluation criteria do not take into account the risk of harm to people. A mathematical model for determining collective fire risk is proposed, taking into account the probability and severity of potential negative consequences of possible non-compliance with mandatory fire safety requirements.

Keywords: risk-oriented approach, automobile gas stations

Основным методом осуществления федерального государственного пожарного надзора (ГПН) является организация и проведение проверок состояния объектов защиты. Риск-ориентированный подход представляет собой метод осуществления государственного

надзора, при котором выбор периодичности проверок определяется отнесением объектов защиты к определенной категории риска. Цель риск-ориентированного подхода: оптимальное использование ресурсов и повышение результативности деятельности органов ГПН, снижения издержек юридических лиц и индивидуальных предпринимателей [1].

Анализ применения риск-ориентированных подходов при осуществлении федерального ГПН выявил несоответствие между существующими и требуемыми значениями качества принципов категорирования:

- критерии отнесения автомобильных газозаправочных станций (АГЗС) к определенной категории риска не связаны с уровнем риска причинения вреда людям, что не позволяет точно оценить уровень пожарной опасности АГЗС и уравнивает их по категории риска;

- параметры, по которым определяется категория риска АГЗС, не учитывают вероятность и тяжесть потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения обязательных требований пожарной безопасности, как того требует федеральное законодательство, что также не позволяет объективно судить об уровне пожарной опасности АГЗС.

Необъективная оценка влияет на частоту проверок. Следствием частых проверок является повышение издержек владельцев АГЗС и надзорных органов, а редкие проверки или их отсутствие увеличивают взрывопожарную опасность АГЗС.

Это позволило выдвинуть гипотезу о том, что система риск-ориентированного пожарного надзора на АГЗС будет объективна и эффективна, если ее дополнить дополнительным элементом: функциональной подсистемой расчета риска, которая будет учитывать вероятность и тяжесть негативных последствий от возможного несоблюдения обязательных требований пожарной безопасности.

Анализ существующей и утвержденной МЧС России методики по определению расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [2] в целях риск-ориентированного подхода показал, что она не применима по следующим основным причинам:

- значительная часть большого объема информации, которая необходима при расчете риска, не доступна без проведения проверки на объекте, например информация о наличии и техническом состоянии средств пожарной автоматики;

- информации об объекте защиты, содержащейся в декларациях и паспортах безопасности, которая может быть необъективной и недостоверной.

Разработка математической модели расчета риска в целях риск-ориентированного подхода потребовала получения ответов на следующие вопросы:

1. Какова вероятность несоблюдения требований пожарной безопасности на АГЗС?
2. Как влияет несоблюдение требований пожарной безопасности на АГЗС на тяжесть негативных последствий от пожаров на них?

В целях получения ответов на данные вопросы был проведен статистический эксперимент, в ходе которого собраны материалы по результатам плановых и внеплановых проверок органов ГПН, Ростехнадзора, прокуратуры [3], а также судебная практика [4] в части нарушения требований пожарной безопасности на АГЗС в Республике Башкортостан, в период с 1 января 2016 г. по 31 декабря 2017 г. (табл. 1), при этом учитывалось, что некоторые нарушения, выявляемые не органами ГПН, соотносятся с нарушениями требований норм пожарной безопасности. Так, отсутствие лицензии на эксплуатацию взрывопожароопасных производственных объектов можно соотнести с нарушением п. 439 постановления Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме» [5], так как лицензия является обязательным эксплуатационным документом.

Таблица 1. Сведения о количестве и уровне опасности нарушений обязательных требований пожарной безопасности, выявленных при проведении проверок АГЗС в Республике Башкортостан за 2016–2017 гг.

№ пп	Наименование АГЗС	Год проверки	Вид проверки	Количество выявленных нарушений	Уровень опасности в баллах
1	2	3	4	5	6
1	АГЗС, ООО «Газпром трансгаз Уфа», г. Салават	2016	ПВП	3	1
2	АГЗС ООО «УНП Газ», г. Уфа	2016	ПВП	14	1
3	АГЗС ИП Матренин, Давлеканово РБ	2016	ПВП	11	3
4	АГЗС № 9 ООО «Сжиженный газ Уфа», г. Белорецк	2016	ВВП	1	1
5	АГЗС ООО «Форсаж», с. Мишкино	2016	ПВП	6	2
6	АГЗС ООО «Сжиженный газ Уфа», г. Учалы	2016	ПВП	2	1
7	АГЗС ООО «Сжиженный газ», г. Стерлитамак	2016	ВВП	1	1
8	АГЗС, с. Ермолаево	2016	ВВП	1	1
9	АГЗС, г. Уфа	2016	ВВП	1	1
10	АГЗС ИП Ихсанов, г. Уфа	2016	ПВП	9	3
11	АГЗС, г. Туймазы	2016	ВВП	1	1
12	АГЗС ООО «Газ-Трейд», г. Уфа	2016	ВВП	2	4
13	АГЗС ООО «РегионПоставка», с. Ермолаево	2016	ПВП	1	2
14	АГЗС ООО «ЭКОРЭТ ФИНАНС», г. Стерлитамак	2017	ВВП	9	1
15	АГЗС ООО «УНП Газ», г. Уфа	2017	ВВП	2	2
16	АГЗС ЗАО «Пропан», г. Уфа	2017	ВВП	2	3
17	АГЗС ООО «Меркурий-Ойл», г. Янаул РБ	2017	ПВП	4	2
18	АГЗС, с. Малояз	2017	ВВП	1	1
19	АГЗС ООО «ТеплоМастер», с. Верхнеяркеево	2017	ВВП	1	1
20	АГЗС, с. Новобелокатай	2017	ВВП	1	4
21	АГЗС ООО «Транс-Магистраль», г. Туймазы	2017	ВВП	1	4
22	АГЗС, г. Октябрьский	2017	ВВП	1	1
23	АГЗС № 11 ООО «Регион-Поставка», г. Белорецк	2017	ВВП	1	1

Таким образом, была получена малая выборка – проверенные АГЗС в Республике Башкортостан с объемом $n=23$, при генеральной совокупности – общее количество АГЗС в Республике Башкортостан (табл. 2).

Таблица 2. Распределение выборки уровень опасности АГЗС

Варианта x_i	0	1	2	3	4
Частота n_i	0	13	4	3	3

Для установления шкалы измерения уровня опасности допущенных нарушений требований норм пожарной безопасности, выявленных при проверках АГЗС, применили установленные надзорными или судебными органами меры наказания:

- отсутствие наказания – 0 баллов (неопасно);
- административное наказание в виде штрафа – 1 балл (малоопасный);
- временная приостановка деятельности – 2 балла (опасно);
- полный запрет деятельности – 3 балла (высокая опасность);
- уголовное наказание в виде лишения свободы – 4 балла (критическая опасность).

Распределение шкалы основано на принципе соответствия назначенного наказания тяжести правонарушения.

Качественная репрезентативность выборки обеспечивается однородным составом генеральной совокупности, случайным выбором единиц совокупности.

Количественная репрезентативность подтверждается большим процентом выборки по отношению к генеральной совокупности – 14,3 %.

Основные выводы по итогам статистического эксперимента:

1. Во всех проверенных АГЗС выявлялись нарушения требований норм пожарной безопасности, то есть вероятность нарушения требований пожарной безопасности равна 1.

2. Все АГЗС имеют разный уровень пожарной опасности, что подтвердило нашу гипотезу.

3. В среднем на каждом АГЗС выявлялось три нарушения обязательных требований пожарной безопасности, которые по установленной шкале имеют средний уровень опасности.

4. Количество нарушений не влияет на уровень опасности, так как объекты защиты с одним нарушением могут иметь высокий уровень опасности и, наоборот, объекты защиты с большим количеством нарушений могут иметь низкий уровень опасности.

5. Наиболее опасные нарушения выявлялись при внеплановых проверках, что подтверждает утверждение о том что, отсутствие проверок повышает опасность АГЗС.

6. Не соответствие минимальных расстояний от АГЗС до жилых и общественных зданий является характерным нарушением и встречается на каждом пятом АГЗС, что подтверждает утверждение авторов о том, что оценка риска должна учитывать опасность для всех людей, оказавшихся в зоне негативных последствий от пожара.

Создаваемая система оценки риска АГЗС является функциональной подсистемой системы риск-ориентированного подхода к осуществлению ГПН на АГЗС (рис. 1). Назначение системы: расчет количественного параметра риска для дальнейшего категорирования.

Процесс – расчет вероятности и тяжести негативных последствий возможного несоблюдения требования пожарной безопасности.

Входным элементом являются количественные показатели, характеризующие пожарную опасность АГЗС.

Система является искусственной, организационно-технической и создается для выполнения определенной операции. Операцией является расчет риска.

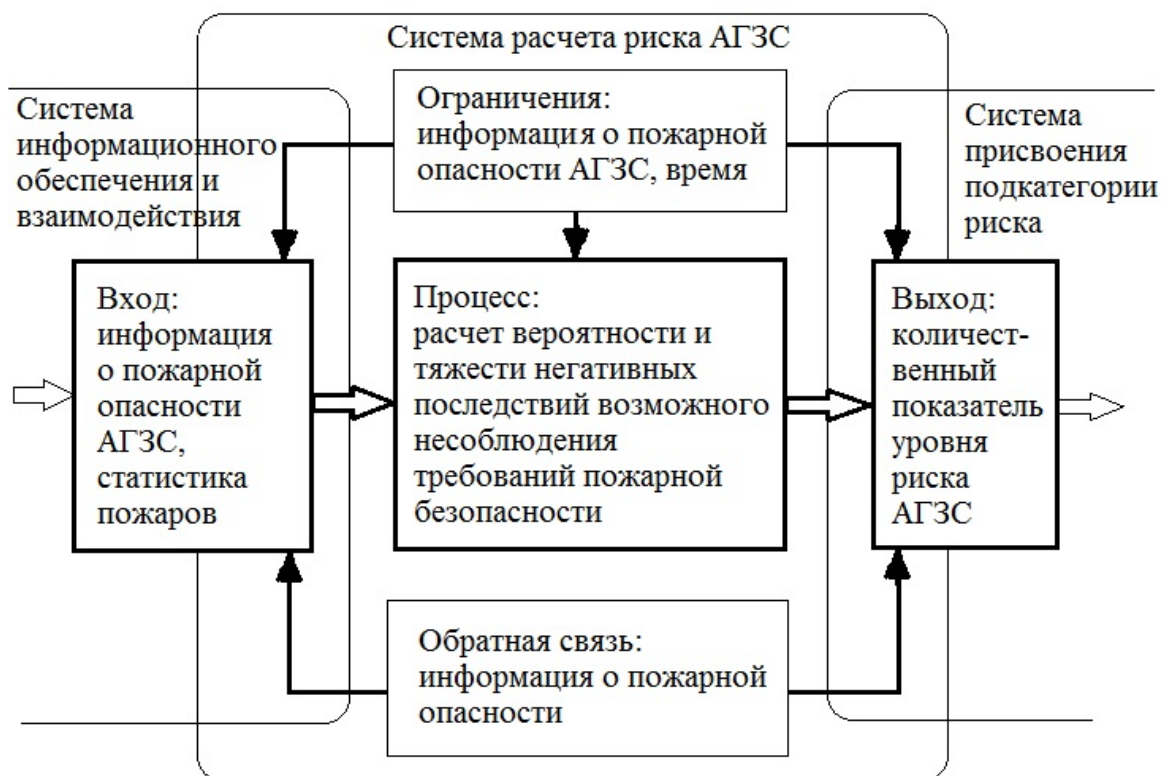


Рис. 1. Система оценки риска АГЗС

В целях создания адекватной модели расчета риска сформулированы принципиальные допущения (упрощения):

1. В качестве тяжести последствий учитывается ущерб жизни и здоровью человека. Не учитываются проявления опасных факторов пожара (ОФП) в отношении животных, материальных ценностей и другие виды ущерба.

2. Риск рассчитывается в равной степени для всех людей, оказавшихся в зоне поражения, независимо от нахождения от эпицентра проявления ОФП.

3. Модель должна рассчитать коллективный пожарный риск, без деления людей на группы и социумы.

4. Не различаются погибшие и травмированные, объединенные под общим термином «пострадавшие».

5. Принимаем, что в реализации негативного события участвует весь объем опасных веществ, который может присутствовать на АГЗС.

6. Принимаем развитие опасного события – пожара – по наихудшему сценарию.

7. Размер зоны поражения принимается в соответствии с проведенными ранее исследованиями и расчетами в этой области.

8. Средства аварийной защиты и другие автоматические средства обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения на момент возникновения пожара находятся в нерабочем состоянии.

9. В целях исключения субъективной составляющей в разрабатываемой модели не используется информация, содержащаяся в декларациях пожарной безопасности, не используется любое экспертное оценивание.

Риск определяется рядом случайных событий. Оценивая величину риска R , необходимо учитывать те случайные события, которые влияют на его величину. Такими случайными явлениями в нашем случае являются:

– степень вероятности несоблюдения обязательных требований пожарной безопасности (R_1);

– степень тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения обязательных требований пожарной безопасности (R_2).

$$R = \{R_1, R_2\}.$$

Учитывая, что проведенный статистический эксперимент показал, что на сегодняшний день вероятность несоблюдения требований пожарной безопасности равна 1, будем оценивать вероятность самого события и вероятную тяжесть последствий этого опасного события, то есть пожара. В итоге, математическая модель определения коллективного пожарного риска АГЗС принимает следующий вид:

$$R_{\kappa n} = \frac{n}{tN} \left(\frac{n_n}{tN_n} N_{nn} \right),$$

где n – количество произошедших аварий на АГЗС, связанных пожарами, статистические данные, шт.; N – число АГЗС в стране, статистические данные, шт.; t – наблюдаемый (анализируемый) период, год; n_n – число пострадавших на пожарах, случившихся на АГЗС в стране, статистические данные, чел.; N_n – число людей, подверженных опасности в стране, чел.; N_{nn} – количество возможных пострадавших, находящихся в зоне поражения при пожаре на АГЗС, чел.

Математическая модель разработана на основе научных определений теории вероятностей. Получаемый в результате расчетов результат выражает степень риска в виде числового показателя от 0 до 1.

Показатели переменных n и n_n опираются на статистические данные об авариях, взрывах, пожарах, происходивших на АГЗС [6].

Переменная N_n выражает число людей, подверженных опасности в стране, то есть людей, которые гипотетически могут оказаться близ АГЗС. В целях упрощения расчетов и учитывая, что АГЗС имеются во всех регионах нашей страны, расположены на основных транспортных магистралях, в населенных пунктах, принимаем за количество рискующих все население нашей страны: $N_n = 145\,000\,000$ чел.

N_{nn} – количество возможных пострадавших, находящихся в зоне поражения, в целях исключения сложных расчетов необходимо принять в соответствии с проведенными исследованиями в этой области ранее. Наиболее подходящим являются Методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях [7].

Таким образом, информация, необходимая при расчетах, имеется в общем доступе или может быть запрошена официально. Недостатка в необходимых данных нет, применение субъективных оценок исключено.

Работа по экспериментальной апробации модели проводилась в сентябре–октябре 2017 г. при уточнении периодичности надзорных мероприятий на АГЗС в республике Башкортостан. В соответствии с критериями [8] все АГЗС подходят под категорию значительного риска, однако применение такого динамического показателя, как отсутствие пожаров на объекте за последние 5 лет, относит их к категории среднего риска, которая предусматривает проведение проверки не чаще чем раз в 7 лет. Если учесть, что категория умеренного риска предусматривает проведение проверки не чаще чем один раз в 10 лет, то объекты, отнесенные к категории среднего риска, один раз в 7 лет, один раз в 8 лет и один раз в 9 лет. Для разбиения на подкатегории применили нормативные и допустимые значения, установленные для социального пожарного риска [9].

Если разложить на шкале от 0 до 1 предельные значения социального пожарного риска для производственных объектов, то можно выделить три промежутка (рис. 2), которые и стали критериями для определения степени коллективного пожарного риска (табл. 3).

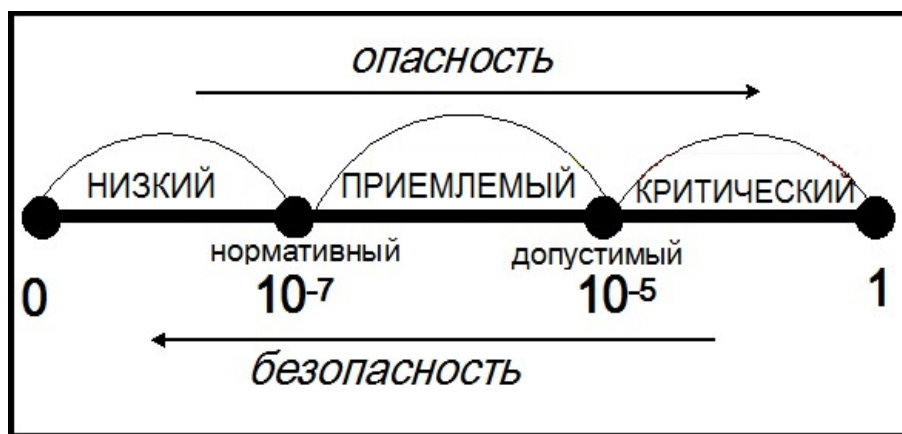


Рис. 2. Критерии коллективного пожарного риска АГЗС

Таблица 3. Отнесение объектов защиты к определенной категории и подкатегории риска, применяемой к АГЗС

Категория риска	Условные признаки	Подкатегория риска	Уровень риска	Периодичность проверок
средний	– объекты, относящиеся по функциональной пожарной опасности к классу Ф5.1 и по пожарной и взрывопожарной опасности к категориям А, Б и В; – наружные установки, относящиеся к категориям АН и БН по взрывопожарной и пожарной опасности	критический	более $1 \cdot 10^{-5}$	один раз 7 лет
		приемлемый	от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-5}$	один раз 8 лет
		низкий	менее $1 \cdot 10^{-7}$	один раз 9 лет

Экспериментальная апробация показала, что математическая модель:

1. Соответствует требованиям действующего законодательства Российской Федерации в части учета вероятности и тяжести потенциальных негативных последствий для людей от возможного пожара.

2. Позволяет определить периодичность плановых проверок АГЗС внутри категории по количественному показателю уровня риска.

3. Позволяет устранить неопределенность и уточнить распределение периодичности плановых проверок, тем самым устраняет проблему необъективности существующего метода категорирования.

4. Применима к другим стационарным производственным объектам, применяющим в процессе эксплуатации легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, горючие газы.

Литература

1. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федер. закон Рос. Федерации от 26 дек. 2008 г. № 294-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. Прокуратура республики Башкортостан. URL: bashprok.ru (дата обращения: 21.03.2018).

4. Судебные и нормативные акты РФ. URL: sudact.ru (дата обращения: 21.03.2018).

5. О противопожарном режиме: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

6. Фомин А.В., Шахманов Ф.Ф. Анализ статистики пожаров на автомобильных газозаправочных станциях в России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 87–91.

7. Методические рекомендации по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях (утв. МЧС России от 1 сент. 2007 г. № 1-4-60-9-9). URL: mchs.gov.ru/upload/site21/iblock/b51/ (дата обращения: 07.03.2018).

8. О федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 апр. 2012 г. № 290. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

9. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.03.2018).

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ К МЕСТУ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОИСШЕСТВИЙ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ

М.В. Буйневич, доктор технических наук, профессор;

А.В. Вострых;

Д.Г. Шуракова;

А.Д. Анашечкин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Показывается актуальность задачи выбора оптимального маршрута следования сил и средств подразделений МЧС России к месту возникновения происшествий. В качестве инструментария ее решения выбраны электронные карты и алгоритм Дейкстры. На реальном примере г. Костромы произведена его итерационная работа с учетом проблемных участков дорог. Приведен интерфейс авторской программы построения оптимального маршрута.

Ключевые слова: силы и средства, подразделения МЧС России, место возникновения происшествий, оптимальный маршрут следования, алгоритм Дейкстры, электронные карты

TASK'S SOLUTION OF THE OPTIMAL ROUTE OF EMERCOM DIVISION'S FORCES AND RESOURCES TO INCIDENTS OCCURRENCE PLACE BY THE DIJKSTRA ALGORITHM

M.V. Buinevich; A.V. Vostrykh; D.G. Shurakova; A.D. Anashechkin.

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

The tasks relevance of choosing the optimal route for following the forces and resources of EMERCOM divisions to the incidents occurrence place is shown. As a tool for solution,

it is proposed to use electronic maps and the Dijkstra algorithm. Iterative work was performed taking into account the problematic sections of the Kostroma roads is done as a real example. The interface of the author's program for constructing the optimal route is given.

Keywords: forces and resources, EMERCOM divisions, incidents occurrence place, optimal route, Dijkstra algorithm, electronic maps

В современном стремительно развивающемся мире проблемы безопасности, оценки риска и защиты населения от чрезвычайных ситуаций (ЧС) являются наиболее актуальными. Ежедневно МЧС России предотвращает появление десятков ЧС, а также ликвидирует последствия уже произошедших ЧС как техногенного, так и природного характера [1].

Вследствие стремительного роста городов, увеличения количества автотранспорта и возросшей в разы нагрузки на автомобильные дороги все чаще возникает вопрос о своевременной доставке сил и средств (СиС) подразделений МЧС России к месту происшествия, так как скорость реагирования на происшествия и время следования СиС к месту ликвидации ЧС играет ключевую роль в выполнении нормативов прибытия и сведения тем самым материального ущерба к минимуму.

Современные геоинформационные технологии по составлению маршрутов следования и расчету времени, используемые в подразделениях МЧС России, обладают целым рядом ограничений и не гарантируют безотказного применения и, как следствие, оптимально устойчивого решения задачи. Одним из таких ограничений является обязательное наличие интернет-соединения, поэтому актуальным является разработка инструментария выбора оптимального маршрута следования СиС подразделений МЧС России к месту возникновения происшествий при его отсутствии [2].

Отметим, что необходимым условием решения задачи выбора оптимального маршрута является актуализация районов выезда зон подразделений МЧС России для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, которые ассоциируются с соответствующими зонами прикрытия населенного пункта при возникновении происшествий [3–5]. Процедура решения задачи формирования актуальных субоптимальных зон прикрытия территории на примере г. Костромы подразделениями МЧС России описана авторами в работе [6].

Сложность задачи выбора оптимального маршрута следования заключается в том, что с увеличением количества объектов, которые прикрывают подразделения МЧС России, растет и число комбинаций имеющихся маршрутов, а вместе с тем возрастает время расчетов. Поэтому основной идеей должно являться изначальное отсеечение заведомо не оптимальных маршрутов. В качестве инструментария нахождения оптимальных маршрутов на графе выберем известный алгоритм Дейкстры [7], который в общем случае состоит из следующих шагов:

1. Вершине-истоку присваивается постоянное значение метки $L=0$. Для всех остальных вершин L равно бесконечности (∞).

2. Берется вершина графа, получившая на последней итерации постоянную метку L , и рассматриваются смежные с ней вершины на предмет возможного уменьшения временных меток L . Метка Q смежных вершин получает номер постоянной вершины.

3. Из всего множества вершин с переменными метками L выбирается та вершина, у которой L минимальна, и она переводится в статус постоянной.

4. Шаги 2 и 3 повторяются до тех пор, пока метка L вершины-стока не станет постоянной.

Строится маршрут от вершины-стока до вершины-истока с помощью меток Q .

Применим этот алгоритм для нахождения оптимального (кратчайшего) маршрута от пожарно-спасательной части (ПСЧ) № 4 «Центрального района» г. Костромы до гимназии № 28. Синими кружками на рис. 1 обозначены вершины (пересечение улиц), яркими розовыми линиями – пути между ними (ребра графа); в кружках обозначены номера вершин, над ребрами обозначен их вес – длина пути; рядом с каждой вершиной красным обозначена метка – длина кратчайшего пути в эту вершину из вершины ПСЧ № 4.

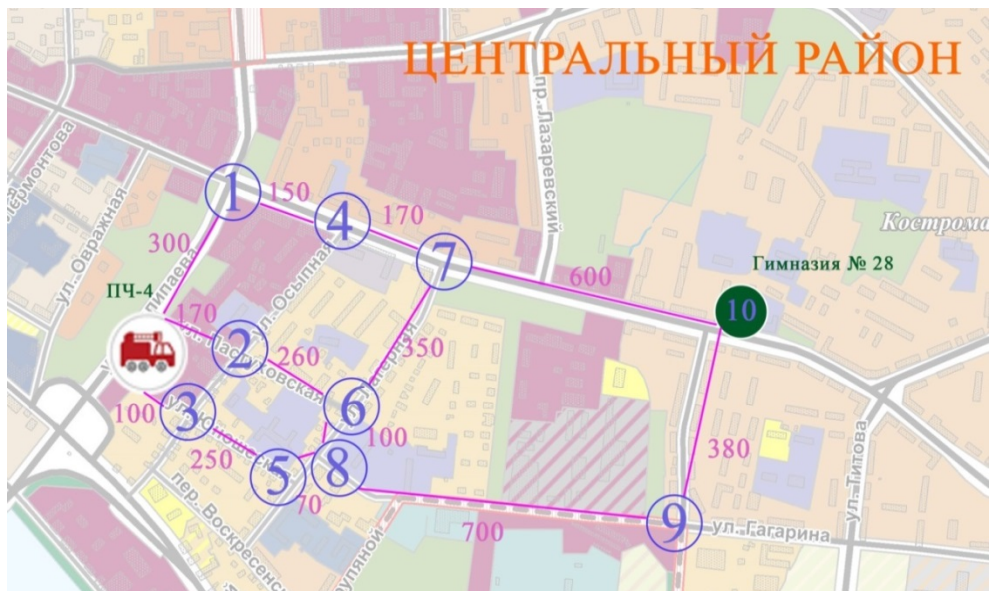


Рис. 1. Алгоритм Дейкстры, определение вершин и ребер

Инициализируем вершины (рис. 2): ПСЧ № 4 вершина-исток с меткой $L=0$, метки остальных вершин – ∞ (это означает, что расстояния от начальной до других вершин пока неизвестны). Все вершины графа помечаются как не посещенные. Гимназия № 28 – вершина-сток.

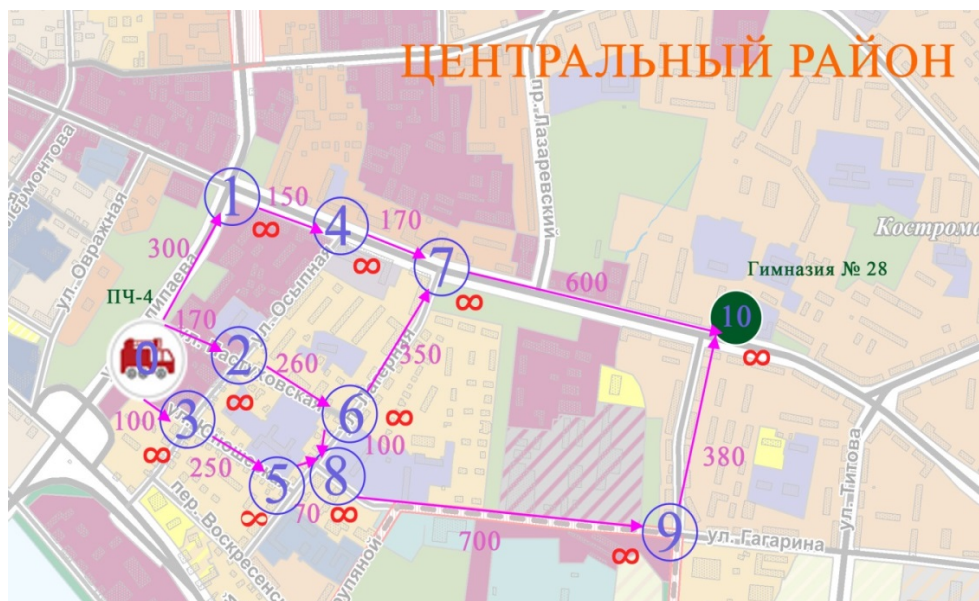


Рис. 2. Алгоритм Дейкстры, инициализация вершин

Итерация 1. Минимальную метку $L=0$ имеет вершина ПСЧ № 4; рассмотрим смежные с ней вершины, а именно 1, 2 и 3. Сравниваем имеющиеся на данный момент значения вершин (∞) с полученными при переходе с вершины-источка. Получаем для 1 вершины 300, $300 < \infty$, поэтому записываем 300 в значение вершины 1. То же самое делаем с вершинами 2 и 3. Из посещенных вершин выбираем обладающую минимальным весом – это вершина 3 со значением 100. Присваиваем вершине 3 статус постоянной и рассматриваем уже смежные с ней вершины (рис. 3).

Итерация 4. Вершина 1 имеет единственную смежную вершину – это вершина 4. Переходим в вершину 4 и присваиваем ей значение 450 ($300+150=450$); $L(4)=450$. Далее, выбираем из всего множества переменных с меткой L метку с минимальным значением. Таковой является вершина 5 с $L(5)=350$. Переводим ее в статус постоянной (рис. 6). Так как метка L вершины-стока не стала постоянной, продолжаем выполнять 2 и 3 шаг алгоритма.

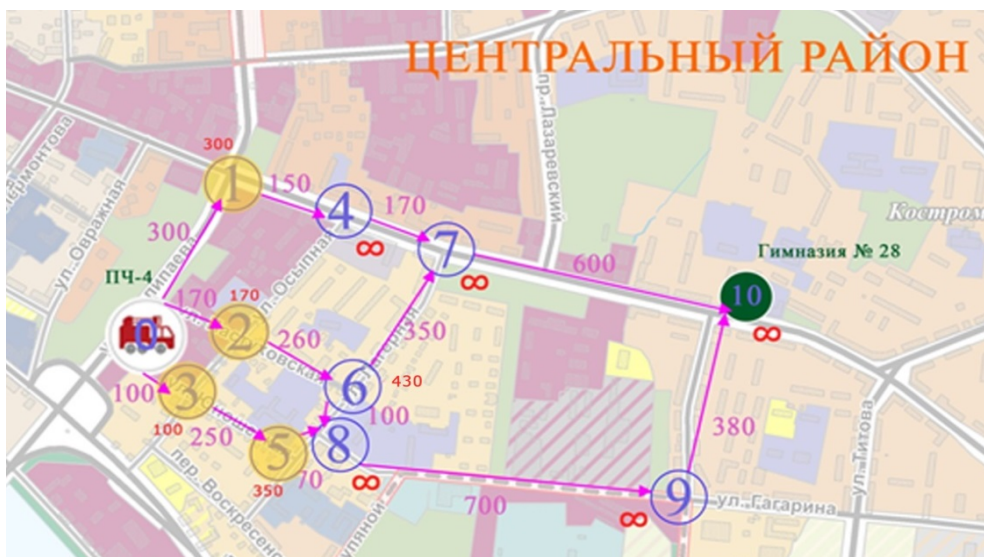


Рис. 5. Алгоритм Дейкстры, итерация 3

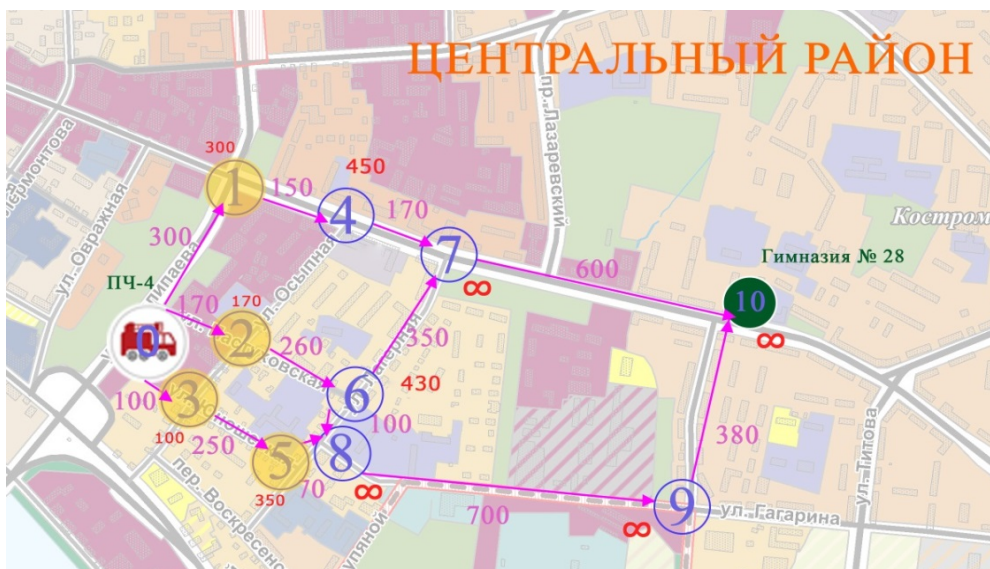


Рис. 6. Алгоритм Дейкстры, итерация 4

Итерация 5. Вершина 5 имеет единственную смежную вершину – это вершина 8. Переходим в вершину 8 и присваиваем ей значение 420 ($350+70=420$); $L(8)=420$. Далее, выбираем из всего множества переменных с меткой L метку с минимальным значением. Таковой является вершина 8 с $L(8)=420$. Переводим ее в статус постоянной (рис. 7). Так как метка L вершины-стока не стала постоянной, продолжаем выполнять 2 и 3 шаг алгоритма.

И так продолжаем до 10 итерации. На 10 итерации метка L вершины-стока становится постоянной, поэтому алгоритм останавливается.

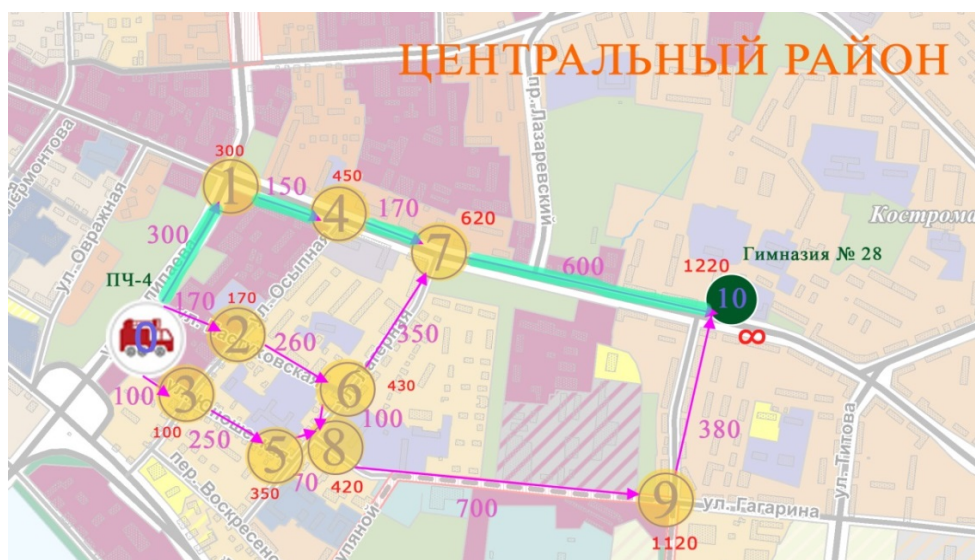


Рис. 8. Алгоритм Дейкстры, итерация 10

Таким образом, в результате вычислений получаем кратчайший маршрут следования СиС ПЧ-4 к месту возможного происшествия – гимназия № 28. Данный маршрут является самым коротким, но воспользоваться им можно только с 01:00 и до 06:00, так как в процессе исследования территории г. Костромы было обнаружено, что ул. Подлипаева является проблемным участком и имеет среднюю скорость движения 5 км/ч, что существенно может повлиять на время прибытия (табл. 2).

Также ул. Советская в точке слияния с ул. Подлипаева до первого перекрестка с ул. Осыпной имеет в этот промежуток времени среднюю скорость 10 км/ч, что также вносит негативные последствия при выборе такого маршрута.

Таблица 2. Проблемный участок дороги Центральный район, ул. Подлипаева

Время/ День недели	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
00:00							2
01:00							
02:00-05:00							
06:00							
07:00	3	2		3		4	
08:00	7	6	6	7	7	6	6
09:00	6	5	6	7	6	6	2
10:00	9	8	10	9	8	6	2
11:00	10+	10+	10+	10		10	5
12:00	10+	10+	10+	10+	10+	10	5
13:00	10+	10+	10+	10+	10+	9	8
14:00	10+	10+	10+	10+	10+	10	5
15:00	10+	10+	10+	10+	10+	10	7
16:00	9	9	10	10	8	10+	7
17:00	8	9	10	8	4	10+	7
18:00	8	9	10+	7	6	9	3
19:00	9	10	10+	6	6	8	3
20:00	7	9	9	6	6	7	2
21:00	6	8	6	4	6	4	
22:00	6	7	5	5	6	4	
23:00	6	6	5	5	6	5	

Примечание:

- 1) скорость движения транспортного потока/цвет: 0–3 км/ч – бордовый цвет; 7–10 км/ч – красный; 15 км/ч – желтый; от 30 км/ч – зеленый;
- 2) балльная оценка протяженности заторов (метры/баллы): 100/1; 200/ 2; 400/3; 600/4; 800/5; 1000/6; 1500/7; 2000/8; 2500/9; 3000/10

Исключим данные промежутки дорог из нашего графа для отрезка времени с 06:00 до 01:00 и пересчитаем маршрут следования с учетом новых условий (рис. 9).

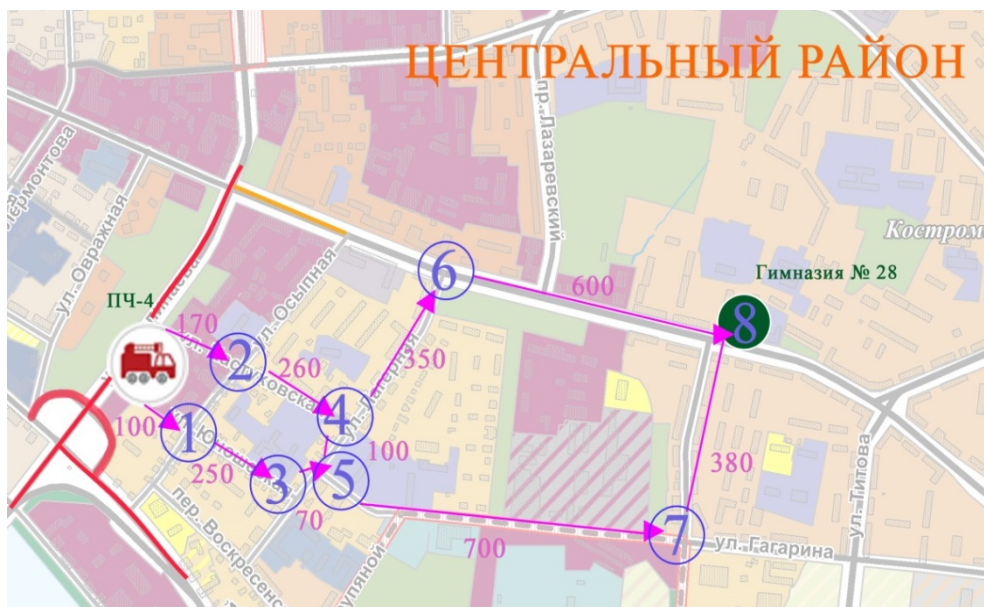


Рис. 9. Реализация алгоритма Дейкстры с учетом новых условий

Еще раз проведем таблично-графические расчеты (табл. 3).

Таблица 3. Результаты вычислений с учетом автомобильных пробок

Итерация	Метка	Вершины								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	L	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	Q									
1	L	0	100	170	∞	∞	∞	∞	∞	∞
	Q		0	0						
2	L	0	100	170	350	∞	∞	∞	∞	∞
	Q		0	0	1					
3	L	0	100	170	350	430	∞	∞	∞	∞
	Q		0	0	1	2				
4	L	0	100	170	350	430	420	∞	∞	∞
	Q		0	0	1	2	3			
5	L	0	100	170	350	430	420	∞	1120	∞
	Q		0	0	1	2	3		5	
6	L	0	100	170	350	430	420	780	1120	∞
	Q		0	0	1	2	3	4	5	
7	L	0	100	170	350	430	420	780	1120	1380
	Q		0	0	1	2	3	4	5	6
8	L	0	100	170	350	430	420	780	1120	1380
	Q		0	0	1	2	3	4	5	6

В результате получим новый оптимальный маршрут следования (выделен зеленым цветом) с учетом проблем на автомобильных дорогах (рис. 10).

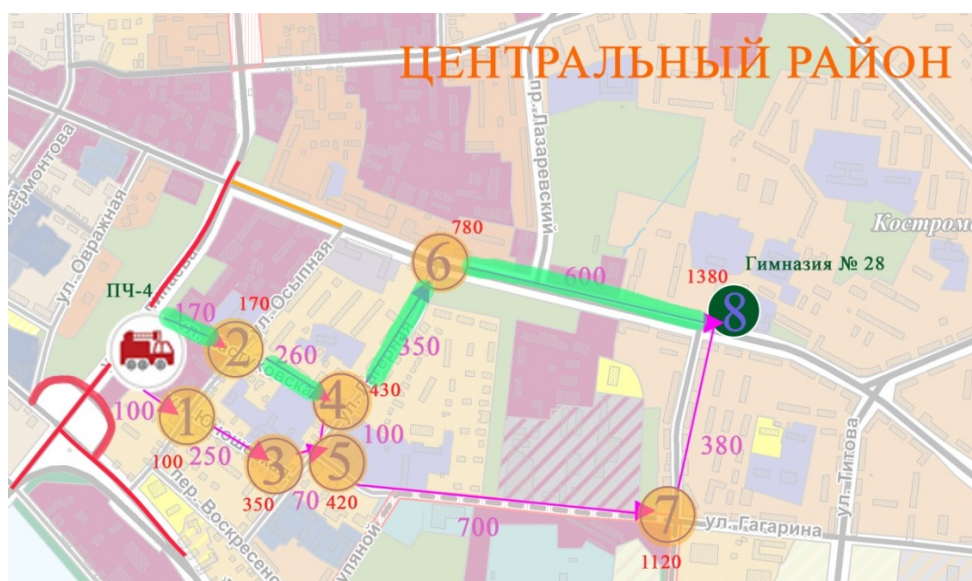


Рис. 10. Результат работы алгоритма Дейкстры с учетом новых условий

Таким образом, оптимальным маршрутом следования СиС ПЧ-4 к месту возможного происшествия (гимназия № 28) будет следующий: ул. Пастуховская прямо 430 м, далее поворот налево на ул. Лагерную, затем прямо до перекрестка с ул. Советской 360 м, затем поворот направо и прямо 670 м по ул. Советская до места назначения, то есть по вершинам 0–2–4–6–8.

Приведенный пример для реального г. Костромы показал работоспособность и эффективность применения алгоритма Дейкстры для поиска оптимальных маршрутов следования СиС подразделений МЧС России к потенциальному месту происшествия.

На его базе авторским коллективом был создан программный продукт с использованием мультипарадигменного языка программирования «JavaScript» [8], языка гипертекстовой разметки «HTML5» и каскадной таблицы стилей «CSS3» [9]. Работа программы заключается в поиске (на электронной карте) кратчайшего пути следования подразделения в случае отсутствия интернет-соединения. Внешний вид программы при первоначальном запуске представлен на рис. 11.

Рис. 11. Программа построения оптимального маршрута, после запуска

Программа запускается с любого стационарного или переносного электронно-вычислительного устройства, такого как ноутбук, планшет, смартфон. Так же она адаптирована под все разрешения экранов, ей удобно пользоваться с устройств имеющих как широкоформатный дисплей, так и мобильный (рис. 12). Для использования программы необходим любой браузер: «Yandex», «Chrome», «Firefox» или «InternetExplorer».

Порядок ввода исходных данных при работе с программой следующий (рис. 13): выбирается подразделение, из которого совершается выезд на происшествие; выбирается место следования (происшествия, вызова) (рис. 14); выбирается время суток, когда совершается выезд.

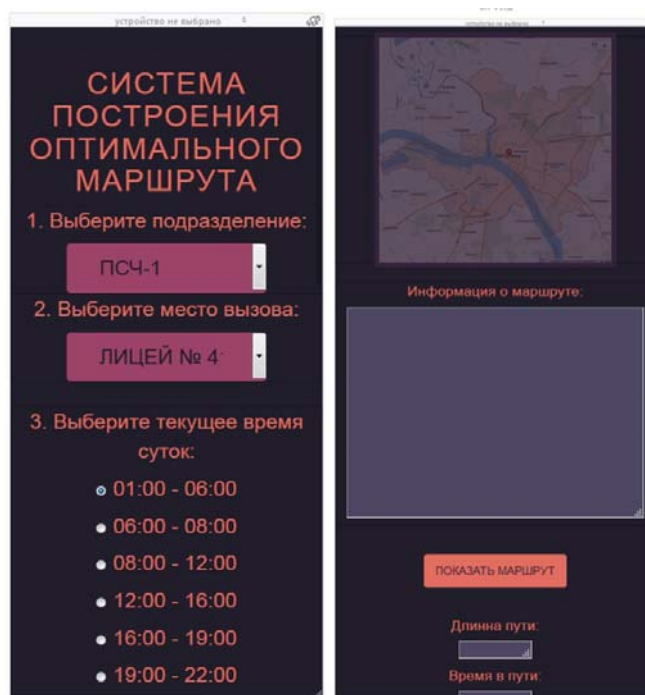


Рис. 12. Программа построения оптимального маршрута, мобильная версия

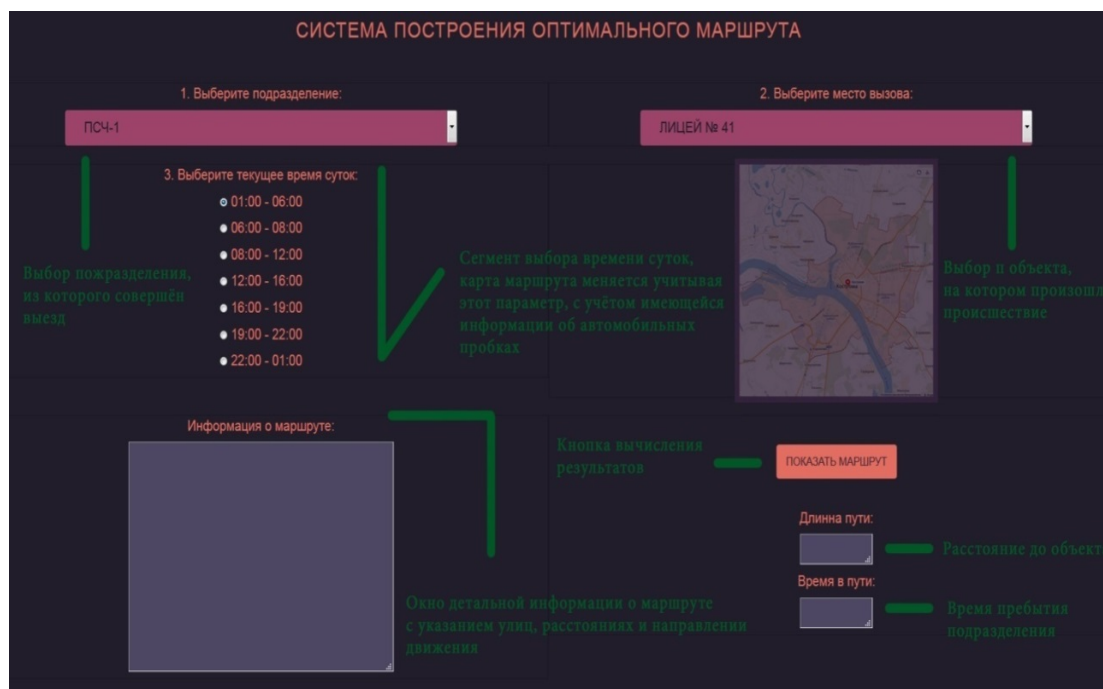


Рис. 13. Интерфейс ввода исходных данных

СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА

1. Выберите подразделение:

3. Выберите текущее время суток:

- ☐ 01:00 - 06:00
- ☐ 06:00 - 08:00
- ☐ 08:00 - 12:00
- ☐ 12:00 - 16:00
- ☐ 16:00 - 19:00
- ☐ 19:00 - 22:00
- ☐ 22:00 - 01:00

2. Выберите место вызова:

ШКОЛА №14

- Лицей № 41
- ТЦ Аворадо
- ТЦ Армира
- Школа №7
- ОГБУЗ КОИ Дистансер
- Наркодиспансер
- Гимназия №33
- ТЦ Паново
- ТЦ Рино
- ТЦ Кострома
- Школа №9
- Школа интернат для детей с нарушениями зрения
- Завод автоматических линий и специальных станков
- Завод строительных материалов
- Школа №36
- Школа №13
- Школа №10
- Школа №14

Информация о маршруте:

ПОКАЗАТЬ МАРШРУТ

Рис. 14. Выбор места вызова

После ввода всех данных и нажатия кнопки «Показать маршрут» на дисплее отобразиться кратчайший маршрут следования в соответствии с указанными параметрами, а в графе «Информация о маршруте» отобразится текстовая информация о маршруте следования (важная при нечетком или неразборчивом отображении карты). Под кнопкой «Показать маршрут», после ее нажатия, отобразиться информация о расстоянии до места происшествия и примерное время на преодоление маршрута (рис. 15).

СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА

1. Выберите подразделение:

ПСЧ-1

3. Выберите текущее время суток:

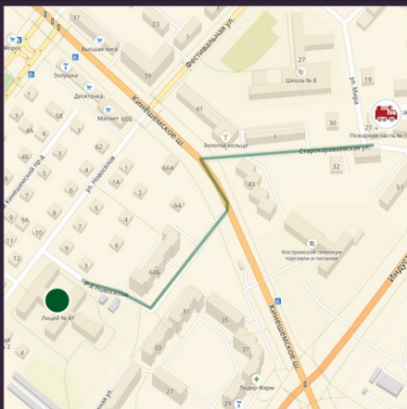
- ☒ 01:00 - 06:00
- ☐ 06:00 - 08:00
- ☐ 08:00 - 12:00
- ☐ 12:00 - 16:00
- ☐ 16:00 - 19:00
- ☐ 19:00 - 22:00
- ☐ 22:00 - 01:00

2. Выберите место вызова:

ЛИЦЕЙ № 41

Информация о маршруте:

Необходимо двигаться по следующему маршруту:
от ПСЧ-1 до Лицея № 41
выезд на Старокараваевскую улицу
едем в сторону Кинешевского шоссе 400 м,
затем поворот направо движемся прямо 100 метров
поворот на переулок Новосёлов
едем по нему до места назначения 600 метров



ПОКАЗАТЬ МАРШРУТ

Длина пути:
1100 метров

Время в пути:
25 минуты

Рис. 15. Результат работы программы

Разработанная программа хорошо интегрируется с существующими электронными картами, а также является простой в использовании и не требует больших финансовых вложений для внедрения и сопровождения, что позволяет сделать вывод о ее перспективности для использования в качестве инструментария решения задачи выбора оптимального маршрута следования СиС подразделений МЧС России к месту возникновения происшествий в условиях отсутствия интернет-соединения.

Литература

1. МЧС России. Раздел: Чрезвычайные ситуации. Статистика чрезвычайных ситуаций за 2003–2018 гг. URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/CHrezvichajnie_situacii (дата обращения: 08.04.2018).
2. Буйневич М.В., Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Двухуровневая кластеризация субоптимальных зон прикрытия города Кострома подразделениями МЧС России при возникновении происшествий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 3. С. 121–127.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: Приказ МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах: Приказ МЧС России от 25 окт. 2017 г. № 467. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
6. Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Компоненты специальной информационной технологии построения оптимальных маршрутов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО-2018): сб. науч. статей VII Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. 2018. Т. 2. С. 213–218.
7. Левитин А.В. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. М.: Вильямс, 2006. 576 с.
8. Дакетт Дж. Javascript и jQuery. Интерактивная веб-разработка. М.: Эксмо, 2017. 640 с.
9. Дакетт Дж. HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов. М.: Эксмо, 2013. 480 с.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ТОРФЯНОГО ПОЖАРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

**О.В. Ложкина, кандидат химических наук, доцент;
В.Д. Тимофеев;
В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приводится описание методики прогнозирования риска возникновения чрезвычайных ситуаций на участках автомагистралей, находящихся в зоне задымления торфяного пожара. Обосновывается физико-математическая модель распространения продуктов горения от источника, оцениваются условия и закономерности формирования опасно высоких концентраций угарного газа и взвешенных частиц, снижение дальности видимости и риск возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: безопасность в чрезвычайных ситуациях, торфяной пожар, дорожное движение, автотранспорт, моделирование

TECHNIQUE FOR PREDICTION OF HAZARDOUS EFFECTS OF PEAT FIRE COMBUSTION PRODUCTS ON ROAD SAFETY

O.V. Lozhkina; V.D. Timofeev; V.N. Lozhkin.

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

The paper describes an approach for the predicting the risk of development of an emergency on a highway in the area of smoke from a peat fire. The paper describes a physical and mathematical model for the estimation of dispersion of combustion products from the source, the conditions of high concentrations of carbon monoxide and suspended particles in the air, their influence on the visibility range and the risk of road accidents.

Keywords: safety in emergency situations, peat fire, road traffic, motor transport, modeling

Обеспечение безопасности функционирования автомобильного транспорта в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), вызванных природными пожарами, в том числе торфяными, является крайне актуальной задачей в нашей стране, особенно для регионов Сибири и Дальнего Востока [1–3]. Горение торфа происходит под землей без открытого огня при недостатке кислорода с обильным выделением угарного газа (СО) и мелкодисперсных взвешенных частиц, в том числе $PM_{2,5}$ и PM_{10} . Если торфяной пожар развивается неподалеку от автодороги, то продукты горения и дым оказывают крайне опасное воздействие на условия дорожного движения, уменьшая видимость, и на самочувствие водителей, приводя к ухудшению реакции, ослаблению внимания и в совокупности – к повышению риска возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Такая ЧС наблюдалась зимой в течение длительного времени с 26 октября 2015 г. по 7 января 2016 г. в Усольском районе Иркутской области при горении торфяников вблизи федеральной автомагистрали «Сибирь» на общей площади более 25 га.

Расчетный инструментарий для прогнозирования ЧС подобного типа на настоящий момент нельзя признать эффективным из-за недостаточной изученности физического механизма переноса и распространения опасных продуктов горения, невозможности проведения инструментальных измерений непосредственно в эпицентре пожара из-за опасности провала, отсутствия комбинированных экспериментально-расчетных методик, одновременно учитывающих влияние угарного газа и частиц на самочувствие водителей и уменьшение дальности видимости, и, как следствие, – повышения риска ДТП.

Актуальность разработки комбинированной методики прогнозирования опасного воздействия продуктов горения торфяного пожара на условия и участников дорожного движения не вызывает сомнений.

Характеристика объекта исследования – ЧС на автодороге Р-255 «Сибирь» в Усольском районе Иркутской области

Транспортный коллапс проявлялся в следующих конкретных чрезвычайных явлениях: движение на пятнадцатикилометровой отрезке автотрассы было приостановлено, на участке постоянно дежурили патрули ДПС. К движению допускался только грузовой транспорт, выстроенный в колонны по 8–12 машин с обязательным сопровождением и предварительным инструктажем, скорость составила 5 км/ч. Остальные автомобили были вынуждены объезжать опасный участок по дороге Большая Елань-Тельма.

На месте ЧС был создан штаб для ликвидации пожара, привлечены силы и средства Иркутского гарнизона пожарной охраны, группировка сил территориальной подсистемы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Было пробурено две скважины для обеспечения водой.

С 21 декабря 2015 г. по 7 января 2016 г. был введен режим ЧС на территориях Белореченского муниципального образования (МО), Тельминского МО, Железнодорожного МО, Большееланского МО, Новожилинского МО.

Прекратить горение удалось в результате смешивания верхних слоев мерзлого грунта, тлеющего торфа и снега.

Аналитическая модель прогнозирования процессов образования, эмиссии, диффузии и формирования опасных концентраций СО и РМ в окрестности автомагистрали

На рис. 1 представлен алгоритм разработанной комплексной расчетной методики прогнозирования чрезвычайно опасного воздействия продуктов горения торфяного пожара на участников дорожного движения.

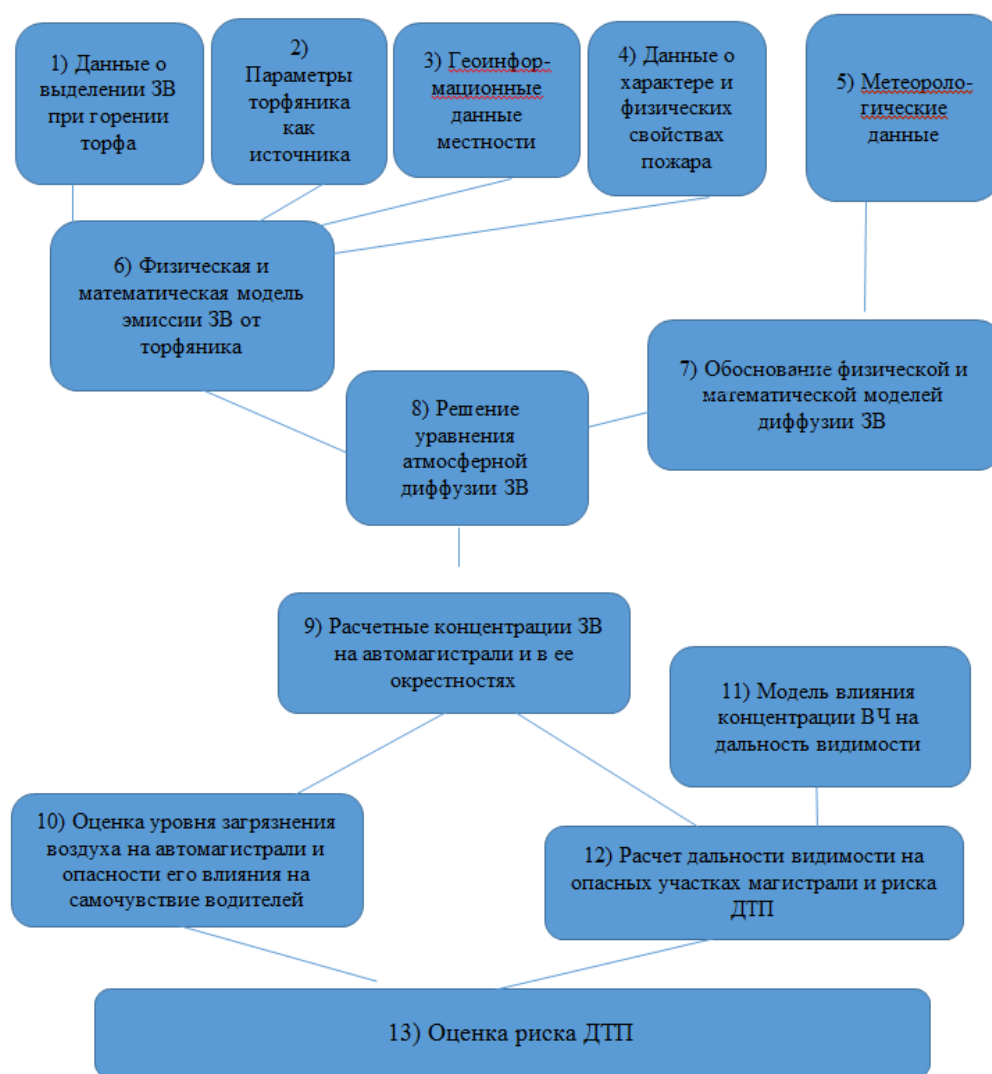


Рис. 1. Алгоритм методики прогнозирования чрезвычайно опасного воздействия продуктов горения торфяного пожара на участников дорожного движения

По данным выделения загрязняющих веществ (ЗВ) при горении торфа (1), геометрическим параметрам торфяника как источника выброса ЗВ (2), геоинформационным характеристикам местности (3), сведениям о характере и физических свойствах пожара (4), климатических и метеорологических условиях распространения поллютантов уточняются физическая и математическая модели ЧС (6).

Процесс переноса ЗВ (7) с учетом метеорологических условий, способствующих развитию ЧС (5), моделируется с использованием методического подхода, предложенного Берляндо [4–5], при помощи программного продукта УПРЗА «ЭКОЛОГ» (НПФ «Интеграл», Санкт-Петербург (8). По расчетным данным, на основе географической информационной системы (ГИС), строится карта полей концентраций ЗВ на автомагистрали и в прилегающих к ней населенных пунктах (9). Определяются значения концентраций ЗВ относительно предельно допустимой концентрации ПДК_{МР} (10).

По расчетной (или измеренной) концентрации взвешенных частиц в воздухе определяется дальность видимости (11) на исследуемых участках дороги, находящихся в зоне влияния торфяного пожара, с последующей оценкой риска возникновения ДТП (12).

Исходные данные, обоснование модели и результаты численных исследований по демонстрационным сценариям

1) Данные о качественном и количественном составе загрязнителей, выделяющихся при горении торфа.

Качественно-количественный состав продуктов, выделяющихся при горении торфа, определяется экспериментальным путем [6].

2) Параметры торфяного пожара как источника выброса опасных веществ.

Геометрические параметры (длина и ширина очага возгорания) оцениваются визуально непосредственно на месте или с использованием аэрофотосъемки, а затем площадь S , м² определяется по формуле:

$$S = 0,8 \cdot a \cdot b,$$

где a – протяженность очага пожара, м; b – ширина очага пожара, м; 0,8 – коэффициент, учитывающий неровность границ очага пожара.

Тип торфа и мощность его залегания определяется по данным геологических исследований, проведенных в изучаемой области.

3) Геоинформационные данные местности.

Местоположение очага пожара и рельефные характеристики прилегающих территорий определяются при помощи интернет-сервисов google-map или yandex-map.

4) Характеристика торфяного пожара как источника выброса ЗВ.

Тип источника: площадной (совокупность точечных), неорганизованный.

Характеристика горения: открытое поверхностное или подземное. Определяется визуально.

Температура в очаге пожара измеряется экспериментально.

5) Данные о неблагоприятных погодных и климатических условиях, способствующих развитию ЧС.

Погодные и климатические условия, характерные для исследуемой территории: скорость и направление ветра, температура наружного воздуха, коэффициент стратификации атмосферы определяются, исходя из условий ЧС, расположения эпицентра торфяного пожара относительно автомагистрали и населенных пунктов, времени года.

6) Оценка мощности выброса ЗВ от горящего торфяника.

Мощность выброса продуктов горения, г/с, определяется по формуле:

$$M = \frac{S \cdot H \cdot \rho \cdot B}{T} \cdot 0,41,$$

где S – площадь очага возгорания торфяника, м²; H – глубина залегания торфа, м; ρ – плотность торфа, г/м³; B – массовая доля сгоревшего торфа; T – время горения торфа, с.

7) Обоснование модели распространения ЗВ от горящего торфяника в окрестности автодороги.

Для моделирования процесса переноса продуктов горения от торфяного пожара авторами был использован подход, разработанный отечественными специалистами в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, основанный на решении дифференциального уравнения турбулентной диффузии и гидродинамических аппроксимациях [4, 5].

Доказательства целесообразности применения этого метода, с обоснованными упрощениями, для решения задач данного исследования подробно изложены в более ранних публикациях [7–10].

8) Расчет значений максимально разовых концентраций ЗВ в рецепторных точках.

Из уравнения атмосферной диффузии [4, 5] следует, что при квазистационарных параметрах источника выброса (в данном случае – торфяного пожара) изменение концентрации поллютанта в воздухе будет определяться турбулентным обменом и скоростью ветра.

При прогнозе загрязнения воздуха в окрестности автомагистрали основной интерес представляет определение ожидаемых концентраций у поверхности, в «жизнедеятельном» слое атмосферы.

В этой связи источник выброса – торфяной пожар – может быть стилизован в виде площадного источника, а расчет полей концентраций ЗВ в рецепторных точках может быть произведен с помощью упрощенной эмпирической формулы [11]:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \eta}{H^2 (V_1 \cdot \Delta T)^{1/3}},$$

где C_M – концентрация поллютанта, г/м³; M – мощность его выброса, г/с; ΔT – разность температур, °С; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц в воздушной среде; A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; V_1 – объем продуктов, выделяющийся с поверхности торфяника в единицу времени (м³/с); t , n , η – безразмерные эмпирические коэффициенты.

9) Результаты расчетных оценок загрязнения воздуха на автомагистрали и в населенных пунктах в ее окрестности в долях ПДК_{МР}.

На рис. 2, в качестве примера, представлена карта загрязнения воздуха угарным газом (в долях ПДК_{МР}) на автомагистрали «Сибирь» и в ее окрестностях в период чрезвычайной транспортной ситуации, обусловленной близлежащими горящими торфяниками.

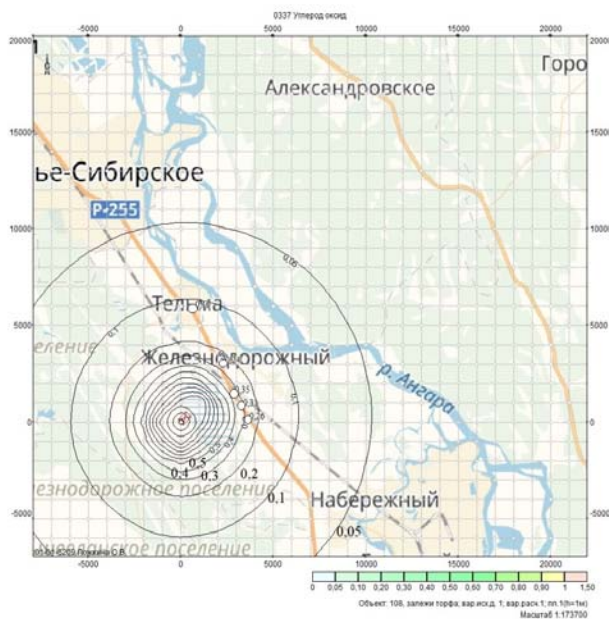


Рис. 2. Карта загрязнения воздуха угарным газом на автодороге «Сибирь» вследствие торфяного пожара, полученная с использованием УПРЗА «Эколог» (НПФ «Интеграл», Санкт-Петербург)

10) Оценка уровня загрязнения воздуха на автомагистрали и в ее окрестностях осуществляется путем определения превышения ПДК_{МР}, то есть отношением измеренной (или расчетной) концентрации i поллютанта к его ПДК – $C_i/\text{ПДК}_i$.

Нормативные значения ПДК наиболее опасных компонентов, выделяющихся при горении торфа, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения ПДК наиболее опасных компонентов, выделяющихся при горении торфа

Поллютант	ПДК (мг/м ³)		
	максимальная разовая	среднесуточная	среднегодовая
Угарный газ СО	5,0	3,0	–
Взвешенные частицы РМ ₁₀	0,3	0,06	0,04
Взвешенные частицы РМ _{2,5}	0,16	0,035	0,025

11) Определение дальности видимости по концентрации взвешенных частиц.

Для расчета дальности видимости в условиях аэрозольного замутнения атмосферы широкую популярность приобрела зависимость Траберта в силу простоты и универсальности, изначально установленная для водного аэрозоля (тумана) [12] и впоследствии уточненная для твердых аэрозолей [13]:

$$L = \alpha^* \cdot \frac{\rho}{q} \cdot r_e,$$

где α^* – безразмерная эмпирическая константа, учитывающая полидисперсность аэрозолей и зависимость концентрации частиц от координат; q – концентрация взвешенных частиц в воздухе, г/м³; ρ – плотность взвешенных частиц, г/м³; r_e – эффективный диаметр частиц, м.

Результаты проведенных расчетов показали, что на снижение дальности видимости наиболее значимое влияние оказывают мелкодисперсные частицы с радиусом менее 10 мкм, что обусловлено их начальным выносом над поверхностью под действием подъемной силы.

12) Оценка дальности видимости на участках автомагистрали, находящихся в зоне задымления от торфяного пожара и определение риска возникновения ДТП.

Расчет дальности видимости в условиях задымления сводится к определению «видимого горизонта». Опасность уменьшения дальности видимости заключается в том, что остановочный путь автомобиля, движущегося с определенной скоростью, может превысить значение дальности видимости, то есть при опасном сближении с другим участником транспортного процесса или дорожным объектом водитель может не успеть остановить автомобиль, а, следовательно, существенно увеличивается риск возникновения ДТП. В расчетах, помимо дальности видимости, учитывались еще такие параметры, как скорость и интенсивность движения.

Проведенные расчеты показали, что при неблагоприятном развитии ЧС риск ДТП происшествий может увеличиться в несколько раз по сравнению с нормальными (обычными) условиями движения.

Литература

1. Мазуркин П.М., Каткова Т.Е. Анализ многолетней динамики удельной площади лесных пожаров // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2013. № 2 (7). С. 37–43.

2. Оценка роли климатических факторов в возникновении и распространении лесных пожаров на территории Томской области / В.И. Горбатенко [и др.] // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 395. С. 233–240.
3. Баранова Е.В. Последствия лесных пожаров в Иркутской области // Экономика. Право. Менеджмент: сб. трудов молодых исследователей БГУ. 2015. 1 (3). URL: <http://izdatelstvo.bgu.ru/epm/search.aspx> (дата обращения: 11.04.2018).
4. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 448 с.
5. Берлянд М.Е., Генихович Е.Л., Оникул Р.И. Моделирование загрязнения атмосферы выбросами из низких и холодных источников // Метеорология и гидрология. 1990. № 5. С. 5–16.
6. Удилов Т.В., Винокуров В.Н., Александрой В.И. Исходные данные для математического моделирования процессов возгорания торфяников Иркутской области // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 95.
7. Методика прогнозирования чрезвычайно опасного загрязнения воздуха в окрестности автомагистрали торфяным пожаром / В.Н. Ложкин [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39). С. 89–97.
8. Нейросетевой подход в информационном процессе прогнозирования загрязнения торфяным пожаром воздуха в районе автомагистрали / А.Н. Васильев [и др.] // Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование». 2016. № 3. Т. 12. Ч. 2. С. 181–187.
9. Lozhkin V., Tarkhov D., Timofeev V., Lozhkina O., Vasilyev A. Differential neural network approach in information process for prediction of roadside air pollution by peat fire // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 11th International Conference on «Mesh methods for boundary-value problems and applications». 2016. № 1. P. 2–7.
10. Vasilyev A., Lozhkin V., Tarkhov D., Lozhkina O., Timofeev V. Physical and mathematical modeling of pollutant emissions when burning peat // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 2017. V. 919. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/919/1/012001/pdf> (дата обращения: 11.04.2018).
11. Методы расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии Рос. Федерации от 6 июня 2017 г. № 273). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Махоткин Л.Г. Видимость, размеры помутняющих частиц и формула Траберта // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 1964. № 153. Вопросы атмосферной оптики. 156 с.
13. Оникул Р.И., Яковлева Е.А. О расчете дальности видимости при существенном антропогенном аэрозольном загрязнении воздуха у земной поверхности // Вопросы охраны атмосферы от загрязнения: Информационный бюллетень. СПб: НПК «Атмосфера», 2010. №1-2 (41–42). С. 143–164.



ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ ДЛЯ ВЫБОРА ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОСНАЩЕНИИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ

И.В. Сараев;

А.Г. Бубнов, доктор химических наук, доцент.

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Затрагивается проблема снижения влияния человеческого фактора при выборе пожарно-технического вооружения/оборудования для совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России. Предлагается комплексный критерий относительной общей пользы, основанный на объективных показателях эксплуатации пожарно-технического вооружения/оборудования в подразделениях МЧС России. Раскрывается его содержание, общая схема выбора предпочтительного пожарно-технического оборудования, а также алгоритм его реализации на примере гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

Ключевые слова: вероятность безотказной работы, пожарно-техническое вооружение, пожарно-техническое оборудование, выбор, надежность, риск гибели, ущерб, относительная общая польза

COMPLEX CRITERION FOR SELECTION OF FIRE-TECHNICAL EQUIPMENT FOR EQUIPPING THE DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA

I.V. Saraev; A.G. Bubnov.

Ivanovo fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The article deals with the problem of reducing the influence of the human factor during the selection of fire-technical equipment, to improve the technical equipping of departments of EMERCOM of Russia. There is proposed the complex criterion of relative general utility based on objective values of fire-technical equipment usage in the departments of EMERCOM of Russia. Its contents, the general scheme of choosing the preferred fire-technical equipment and the algorithm for its realization are disclosed on the example of hydraulic rescue tool.

Keywords: probability of failure-free working, fire-technical armament, fire-technical equipment, selection, reliability, risk of death, damage, relative total benefits

Одним из приоритетных направлений «Концепции общественной безопасности в Российской Федерации» [1] является необходимость обеспечения безопасности человека и гражданина, в том числе и на объектах транспорта. Эффективность действий при

ликвидации последствий техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) на транспорте напрямую зависит от оперативности реагирования пожарно-спасательных подразделений (ПСП), а также технического состояния (надежности) пожарно-технического вооружения/оборудования (ПТО). К основным видам ПТО, применяемым в таких случаях, можно отнести гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ), пожарные рукава (ПР) и средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД), как наиболее часто задействованным для выполнения аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и других неотложных работах. В свою очередь, федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» [2] и «Стратегия развития системы МЧС России на период до 2030 года» [3] предусматривают необходимость обеспечения ПСП современной техникой и имуществом для выполнения задач по направлениям, в том числе и для ликвидации последствий ЧС на транспорте.

В настоящее время в свободном доступе находится целый ряд методических подходов, которые можно интерпретировать и реализовать в качестве мероприятий по определению как наиболее эффективного ПТО [4–7], так и техники в целом [8, 9]. Наряду с этим существует целый блок работ, направленных на оценку эффективности ГАСИ [10–12]. Несмотря на достаточную разработанность вопроса определения наиболее эффективного ГАСИ, вопрос выбора ПР и СИЗОД остается открытым, поскольку конкретные научно обоснованные методики определения их надежности и эффективности отсутствуют в свободном доступе. В связи с чем можно предположить, что выбор ПР и СИЗОД лицами, принимающими решение (ЛПР) по комплектованию подразделений МЧС России ПТО, осуществляется по тактико-техническим характеристикам, представленным фирмами-производителями, а также на основе субъективного мнения ЛПР. В этой связи при формализованном описании процесса выбора на основе субъективного подхода применим метод анализа иерархий (МАИ) [7], а задача выбора оборудования рассматривается как многокритериальная слабо структурируемая проблема. Таким образом, с одной стороны, применение МАИ при выборе ПТО не гарантирует объективно наилучшего (предпочтительного) или же глобально-оптимального решения и относится к группе эвристических методов, которые подвержены влиянию «человеческого фактора» на результат [13], но учитывают предпочтения специалистов, непосредственно использующих ПТО в своей профессиональной деятельности. С другой стороны, для реализации объективного выбора необходимо учитывать комплекс объективных показателей эксплуатации ПТО, таких как: частота отказов, возможность ремонта, ресурс работы, работа в $-t^{\circ}\text{C}$, удобство использования, тяжесть работы исполнительными элементами, удобство работы с соединительными головками, скорость выполнения базовых операций, устойчивость к механическому воздействию извне, проблематичность работы. Поэтому для повышения объективности принимаемых решений при выборе ПТО актуальной является задача, состоящая в разработке комплексного критерия, включающего в себя показатели, характеризующие объективную сторону эксплуатации ПТО, которые в известной степени должны коррелироваться с предпочтениями специалистов, использующих ПТО в своей практической деятельности. Для решения данной задачи необходимо произвести разработку комплексного критерия выбора ПТО и оценить сходимость результатов ранжирования ПТО с предпочтениями специалистов, использующих ПТО в практической деятельности на основе субъективных показателей эксплуатации ПТО и использованием метода МАИ.

При реализации объективного выбора ПТО перед ЛПР стоит нетривиальная задача по выбору предпочтительного ПТО. Решить данную задачу призван предлагаемый комплексный критерий относительной общей пользы, учитывающий одновременно надежность, экономические и социальные характеристики эксплуатации ПТО в субъектах Российской Федерации. Показатель «относительная общая польза» представляется как отношение математического ожидания ущерба от внезапного прекращения работы (отказа) к сумме величины уровня техногенного риска и затрат на снижение (предотвращение) уровня техногенного риска эксплуатации ПТО:

$$W = \frac{V}{G + B},$$

где V – величина предотвращенного ущерба от выхода из строя (отказа) ПТО при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ, характеризующая социальный критерий; G – затраты на предотвращение и снижение уровня техногенного риска, характеризующие экономическую составляющую относительной общей пользы; B – уровень техногенного риска выхода из строя (отказа) ПТО.

В случае с ПТО величина предотвращенного ущерба может приниматься равной статистической стоимости жизни (ССЖ), так как за ущерб принимается потеря здоровья или гибель пострадавшего, в том числе и спасателя, вследствие несвоевременного оказания медицинской помощи. ССЖ предложил использовать для этих целей НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды Российской академии медицинских наук, ССЖ не применяется в настоящее время для принятия решений о компенсации за причиненный ущерб:

$$V = \text{ССЖ} = \text{ВВП} \cdot \frac{T_{cp}}{N},$$

где ВВП – валовый внутренний продукт, руб. (для регионов можно применять значение валового регионального продукта – ВРП); T_{cp} – средняя продолжительность жизни населения (в стране, регионе, области, населенном пункте); N – численность населения (в стране, регионе, области, населенном пункте).

Отметим, что за величину предотвращенного ущерба V на территории России можно принять и данные, полученные страховыми компаниями, например компанией «РОСГОССТРАХ», в ходе проведенных исследований в крупных и средних городах по страхованию жизни и здоровья граждан.

В качестве затрат на предотвращение и снижение уровня техногенного риска G принимается полная стоимость проведения регламентных работ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту рассматриваемого ПТО.

Количественная мера техногенного риска B может выражаться математическим ожиданием ущерба и представляется в стоимостном выражении произведением вероятности отказа и величины предотвращенного ущерба:

$$B = Q \cdot V.$$

Так как вероятность отказа оборудования Q (формула (1)) является в вероятностном смысле обратной величине вероятности безотказной работы P (ВБР), первоначально необходимо нахождение именно значения ВБР. По имеющейся статистике эксплуатации ПТО ВБР можно рассчитать по формуле [14]:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0},$$

где N_0 – количество работоспособных объектов (ПТО) на начальном этапе; $n(t)$ – количество отказавших объектов (ПТО) за время t .

$$Q = 1 - P(t), \quad (1)$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы ПТО.

Обобщая вышеизложенное, авторы предлагают комплексный критерий относительной общей пользы, учитывающий одновременно надежность, экономические и социальные характеристики эксплуатации ПТО в субъектах Российской Федерации, который позволяет получить комплекс данных относительной общей пользы с последующим ранжированием ПТО по предпочтительности выбора. Общая схема реализации комплексного показателя (рис. 1).

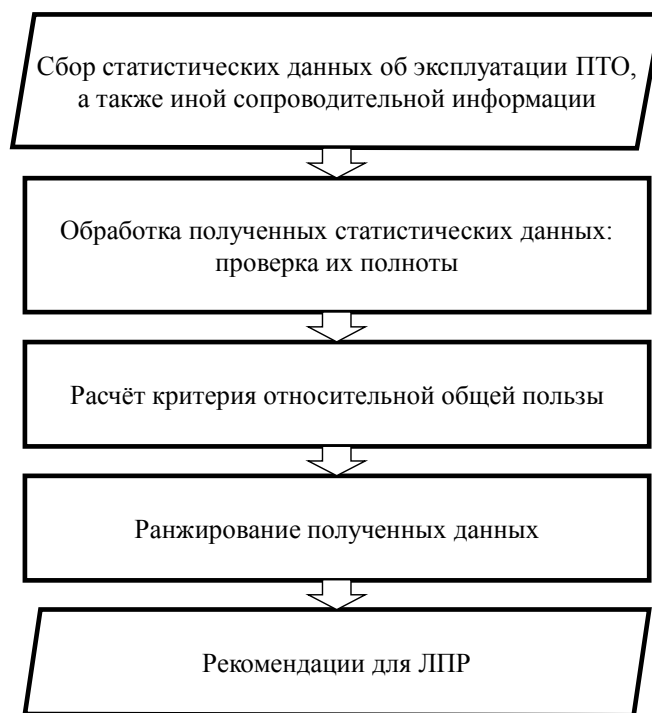


Рис. 1. Общая схема выбора предпочтительного ПТО

При реализации общей схемы выбора предпочтительного ПТО на первом этапе осуществляется подготовка бланков сбора данных и сбор статистических данных, наиболее полно характеризующих рассматриваемый вид ПТО.

Результатом первого этапа является комплекс статистических данных, отражающих количественные характеристики рассматриваемого ПТО (надежностные характеристики), величину затрат на регламентные работы по ТО и ремонту (экономические характеристики), а также показатели, собираемые территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по субъекту Российской Федерации, на территории которого расположено то или иное ПСП МЧС России (социальные характеристики). На втором этапе проводится аналитическая обработка полученных статистических данных, проверяется полнота собранной информации. При необходимости осуществляется дополнительный сбор статистических данных. На третьем этапе выполняется расчет комплексного критерия относительной общей пользы, учитывающий одновременно надежность, экономические и социальные характеристики эксплуатации ПТО в субъектах Российской Федерации. Результатом третьего этапа является комплекс данных, характеризующих приносимую относительную общую пользу эксплуатации ПТО. На четвертом этапе осуществляется ранжирование полученных значений относительной общей пользы в зависимости от предпочтительности выбора ПТО. На последнем, пятом этапе, по результатам ранжирования выдается рекомендация для ЛПР, выступающая в качестве фундамента для реализации мероприятий по техническому оснащению/переоснащению подразделений, рассматриваемого вида ПТО.

Теоретической ценностью и универсальностью предлагаемого комплексного критерия является алгоритм реализации расчета относительной общей пользы (рис. 2).

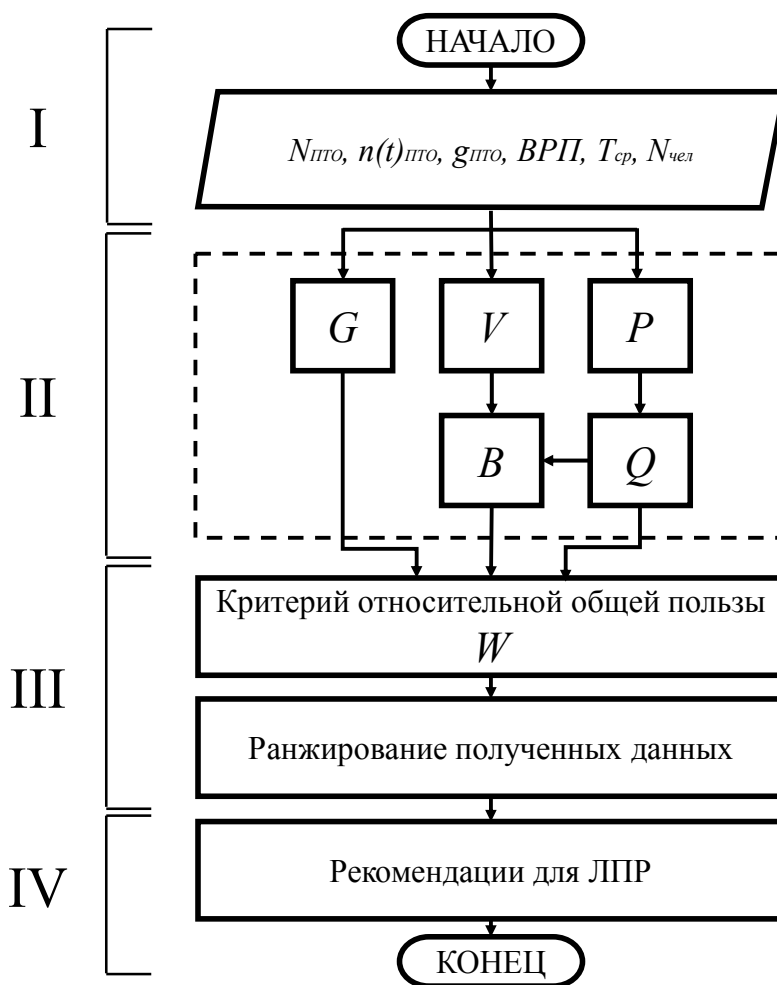


Рис. 2. Алгоритм реализации расчета комплексного критерия относительной общей пользы

Весь алгоритм реализации расчета комплексного критерия относительной общей пользы можно условно разделить на несколько блоков. В первом блоке производится сбор статистических данных эксплуатации рассматриваемого ПТО. Во втором блоке осуществляется расчет показателей, входящих в комплексный критерий относительной общей пользы, а именно: величины затрат на регламентные работы по ТО и ремонту (G), надежности характеристик (P , G) рассматриваемого ПТО и величины предотвращенного ущерба (V) в результате его выхода из строя. В третьем блоке рассчитывается значение критерия относительной общей пользы. После чего производится ранжирование полученных результатов в зависимости от предпочтительности выбора. И, наконец, в четвертом блоке, в графической форме выводится рекомендация для ЛПР, по техническому оснащению/переоснащению подразделений.

С целью обоснования адекватности предлагаемого комплексного критерия относительной общей пользы результаты, полученные с его помощью, сопоставлялись с результатами, полученными при помощи МАИ, на примере выбора ГАСИ для Нижегородской области и представлены на рис. 3, 4.

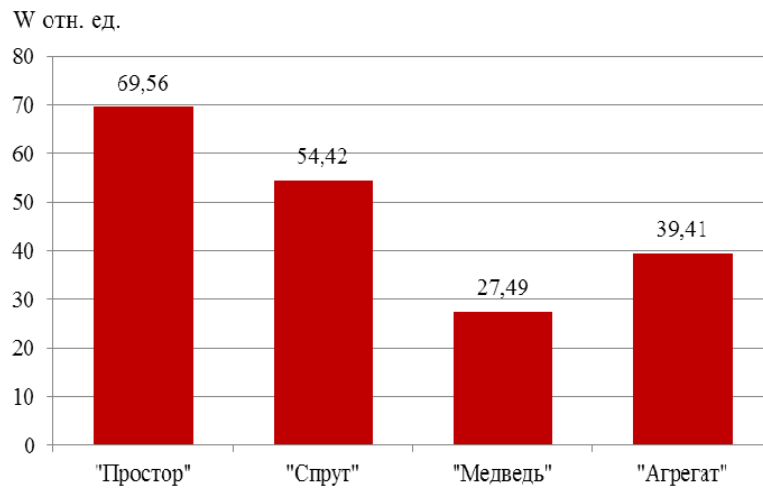


Рис. 3. Результаты расчета относительной общей пользы, приносимой ГАСИ в подразделениях МЧС России по Нижегородской области при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте

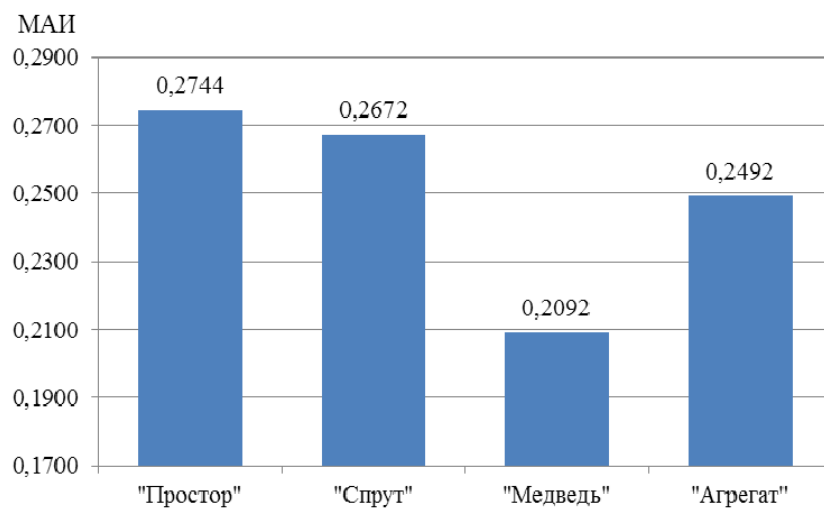


Рис. 4. Итоговые значения предпочтительности выбора ГАСИ для Нижегородской области, рассчитанные при помощи МАИ

Стоит отметить, что оценки ПТО с использованием МАИ представлены в нормализованной весовой (ранговой) шкале, которая задается множеством предпочтительности P_r :

$$P_r = \{p_{r1}; p_{r2}; p_{rn}\} \rightarrow \sum_{i=1}^n p_{ri} = 1 \quad .$$

Поэтому результат оценки по критерию относительной общей пользы также было необходимо нормализовать по формуле:

$$x_i = \frac{P_{ri}}{\sum_{i=1}^n P_{ri}} \quad .$$

Результаты нормализации критерия общей пользы и результаты ранжирования ПТО по МАИ представлены на рис. 5.

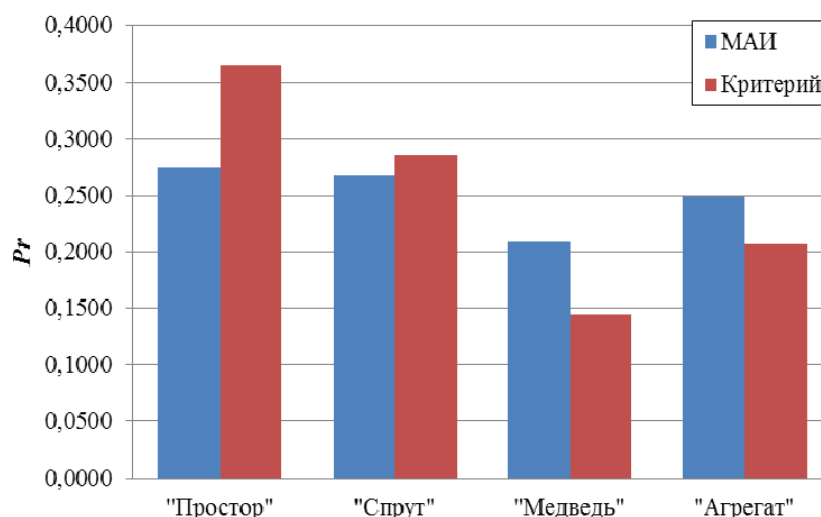


Рис. 5. Итоговые значения предпочтительности выбора ГАСИ для Нижегородской области, рассчитанные при помощи МАИ и комплексного критерия

Проводя анализ данных рис. 3–5, можно заключить, что в целом результаты, полученные при помощи использованных подходов, во многом сопоставимы. Отметим, что в данном случае обобщенный индекс согласованности и обобщенное отношение согласованности матриц по МАИ имеют значения 0,012 и 0,009 соответственно, что говорит об адекватности полученных результатов. Стоит отметить, что МАИ подразумевает опрос респондентов (экспертов в рассматриваемой области) и подвержен влиянию «человеческого фактора» на результат [7]. По итогам применения МАИ для выбора ГАСИ можно сформулировать рекомендации ЛПР, где наиболее предпочтительным представляется комплект «Простор» (рис. 4). Это можно объяснить тем, что, исходя из своего жизненного опыта, большинство респондентов отдают предпочтение именно этому комплекту.

В случае с применением комплексного критерия относительной общей пользы для выбора ГАСИ (рис. 3) в качестве исходных данных использовались статистические данные, наиболее полно характеризующие рассматриваемый ГАСИ (предоставленные ГУ МЧС России по Нижегородской области). В результате вычислений, также как и в случае с МАИ, ЛПР рекомендован комплект «Простор», это можно объяснить тем, что в рассматриваемый интервал времени (статистика за 2012–2016 гг. – 5 лет) вышеуказанный комплект показал наиболее высокое значение показателя надежности P (ВБР). Следует отметить, что при использовании комплексного критерия выбор предпочтительного ПТО становится более явным, что и продемонстрировано на рис. 5.

Таким образом, предложенный в работе комплексный критерий относительной общей пользы, расчет которого основан на использовании фактических эксплуатационных данных работы ПТО в конкретном регионе (гарнизоне), в том числе на его фактических показателях надежности, снижает вероятное субъективное влияние «человеческого фактора» (ЛПР) при определении предпочтительного ПТО для технического оснащения ПСП МЧС России. Зная эксплуатационные затраты на техническое обслуживание и ремонт ПТО, а также показатели его работоспособности, можно без особого труда выбрать наиболее подходящие ПТО, производимое в и для России, с учетом специфики любого субъекта Российской Федерации.

Литература

1. Концепция общественной безопасности в Российской Федерации (утв. Президентом Рос. Федерации 14 нояб. 2013 г. № Пр-2685) // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Рос. Федерации. URL: <http://legalacts.ru/doc/kontseptsija-obshchestvennoi-bezopasnosti-v-rossiiskoi-federatsii-utv/> (дата обращения: 23.05.2018).
2. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах»: постановление Правительства Рос. Федерации от 3 окт. 2013 г. № 864

(с изм. от 13 дек. 2017 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

3. Об утверждении Стратегии развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года: проект Указа Президента Рос. Федерации (подгот. МЧС России 20 апр. 2018 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

4. Ingargiola G.P., Korsh J.F. Reduction algorithm for zero-one single knapsack problems // Management Science. 1973. Vol. 20. pp. 460–463.

5. Птускин А.С., Левнер Е.В. Выбор антирисковых программ для уменьшения потерь в цепях поставок // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Сер.: Машиностроение. 2014. № 3 (96). С. 119–135.

6. Psarros G., Skjong R., Eide M. S. The acceptability of maritime security risk // Journal of Transportation Security. 2009. Vol. 2. Issue 4. pp. 149–163.

7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь. 1993. 278 с.

8. Роенко В.В., Тараканов Д.В., Шкунов С.А. Критерии оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2014. Вып. № 6 (58).

9. Роенко В.В., Тараканов Д.В., Шкунов С.А. Методика оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России на примере субъектов СКРЦ МЧС России // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2015. № 3. С. 31–35.

10. Одинцов Л.Г., Крутелев В.Г. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. 2004. № 2.

11. Одинцов Л.Г., Тодосейчук С.П., Парамонов В.В. Сравнительная оценка эффективности ГАСИ // Противопожарные и аварийно-спасательные средства. 2005. № 3.

12. Филановский А.М. Методика комплексной оценки эффективности гидравлического аварийно-спасательного инструмента, применяемого при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2013. 124 с.

13. Малыгин И.Г., Сальников С.Н. Методы принятия решения при разработке новых образцов пожарной техники: монография / под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб., 2002. 87 с.

14. Леликов О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин». М.: Машиностроение, 2007. 464 с.

ПОЖАРЫ, ИССЛЕДОВАННЫЕ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ В 2017 ГОДУ

И.Д. Чешко, доктор технических наук, профессор;

О.В. Лобатова;

Т.Д. Теплякова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведен анализ результатов исследования пожаров судебными экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России в 2017 г. В соответствии с полученными данными электротехнические причины и поджоги в совокупности инициируют почти половину всех исследованных пожаров. Приведены примеры некоторых характерных пожаров.

Ключевые слова: судебная пожарно-техническая экспертиза, экспертное исследование пожаров, статистика пожаров, очаг пожара, причина пожара, источник зажигания

FIRES, INVESTIGATED FORENSIC EXPERT INSTITUTION OF FEDERAL FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA IN 2017

I.D. Cheshko; O.V. Lobatova; T.D. Teplaykova.

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

The analysis of the results of the study of fires by forensic expert institutions in 2017. In accordance with the data obtained, the electrical causes and arson in the aggregate initiate almost half of all the fires investigated. Gives examples of some typical fires.

Keywords: forensic fire-technical examination, expert in the study of fires, fire statistics, fire, cause of fire, source of ignition

В МЧС России с 2005 г. функционирует система государственных судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы (СЭУ ФПС), созданная на базе испытательных пожарных лабораторий (ИПЛ). Основной задачей СЭУ является экспертное сопровождение деятельности пожарных дознавателей, а также следственных органов и суда.

В настоящее время в МЧС России в структуре ФПС функционирует 78 СЭУ различных регионов Российской Федерации. Фактическое количество сотрудников и работников по состоянию на декабрь 2017 г. составляет 1 212 человек. Непосредственно исследованием пожаров и производством пожарно-технических экспертиз в СЭУ занимается 586 человек, что составляет 48 % от общей численности СЭУ.

На сегодняшний день 456 сотрудников СЭУ имеют допуски на право самостоятельного производства пожарно-технических экспертиз по различным специализациям. Средний стаж работы сотрудников в области экспертизы пожаров составляет 5 лет.

В 2017 г. сотрудниками СЭУ было проведено исследование 36 154 пожаров (27 % от общего числа пожаров, произошедших на территории Российской Федерации). В результате исследования были установлены следующие основные источники зажигания, приведшие к возникновению пожара, основными из которых явились:

1) источники зажигания, связанные с аварийными режимами работы (АРР) в электросетях и электроприборах – 8 562 пожара (24 % от общего количества исследованных пожаров);

2) источники открытого огня – 3 536 пожаров (10 %);

3) источники зажигания малой мощности (табачные изделия и др.) – 2 651 пожар (7 %);

4) искусственное инициирование горения (поджоги) – 6 699 пожаров (19 %).

Распределение пожаров по источникам зажигания приведено на рисунке.

Приведенная статистика показывает, что электротехнические причины и поджоги в совокупности, как и в прошлые годы, инициируют почти половину всех исследованных пожаров.

Сведения, полученные при экспертном исследовании пожаров, представляют интерес не только с точки зрения обеспечения правоохранительной деятельности. Они важны для организации и проведения пожарно-профилактической работы, изучения поведения материалов и конструкций в условиях реальных пожаров, совершенствования средств противопожарной защиты зданий, средств и методов тушения пожаров, а также средств и методов самих экспертных исследований. Чтобы собрать и донести до соответствующих специалистов информацию по наиболее интересным пожарам, ежегодно в судебно-экспертных учреждениях выполняется научно-исследовательская работа по теме «Провести исследование пожаров, представляющих научный и практический интерес».

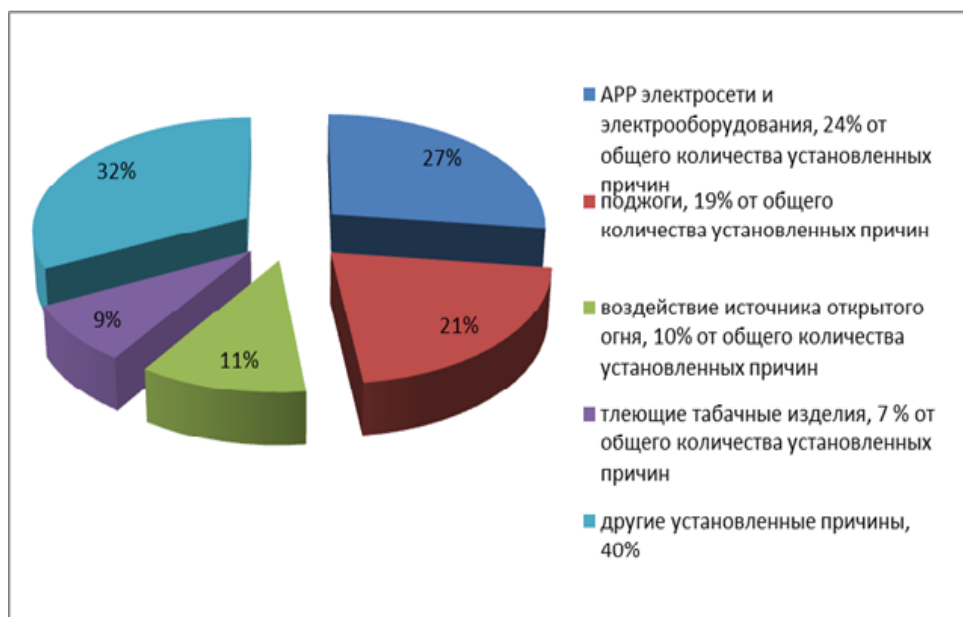


Рис. Распределение пожаров по источникам зажигания

Ниже представлен обзор некоторых, интересных с профессиональной точки зрения, пожаров, информация о которых содержится в представленных СЭУ отчетах за 2017 г.

Пожары, связанные с электрооборудованием

Среди установленных причин пожаров лидируют причины, связанные с аварийными режимами работы в электросетях и электроприборах, так называемые «электротехнические» причины.

В заключении эксперта СЭУ по Краснодарскому краю рассматривается пожар в квартире многоквартирного жилого дома. Пожар произошел в апреле 2017 г. в дневное время суток. Пожар был обнаружен хозяином квартиры. В помещении детской комнаты произошло практически полное выгорание предметов вещной обстановки и мебели. Остальные помещения квартиры были лишь закопчены.

Очаг пожара находился на поверхности стола, располагавшегося в северо-восточном углу детской. Для подтверждения вывода о месте расположения очага пожара экспертом был применен метод ультразвукового исследования бетонных конструкций при помощи ультразвукового дефектоскопа УД2Н-ПМ. Исследованием было установлено, что наибольшие термические поражения комнаты сосредоточены именно в северо-восточном углу. С места пожара были изъяты обугленные остатки электротехнического устройства. При их исследовании эксперт сделал вывод, что данные фрагменты являются составными элементами ноутбука, загорание которого и послужило причиной пожара [1].

Еще один пример загорания компьютерной техники приводится в техническом заключении эксперта СЭУ по Республике Коми. Там рассматривается пожар в автомобиле «Рено Логан», к возникновению которого причастен планшетный компьютер, располагавшийся на задней полке автомобиля в районе заднего смотрового стекла. Автомобиль был поставлен на стоянку около 9 ч утра в июле месяце 2017 г. Пожар обнаружен около 13 ч дня по дыму, выходящему из машины. При исследовании остатков деталей планшетного компьютера экспертом на дисплее и материнской плате признаков протекания пожароопасных аварийных режимов работы не обнаружено. При исследовании же двух аккумуляторных батарей было установлено, что на одной из них имеется деформация в виде вздутия корпуса, со стороны плюсового и минусового выводов имеются разрывы. Металлические пластины анода и катода частично разрушены в районе токосъемника, то есть имеются признаки протекания пожароопасного аварийного режима

работы в виде короткого замыкания разнополярных элементов аккумулятора. Задняя крышка планшета в месте расположения аккумуляторной батареи № 2 была уничтожена [2].

Как известно, литий-ионные аккумуляторы состоят из анода и катода, разделенных пористым полимерным сепаратором. Активным материалом катода чаще всего являются оксиды переходных металлов со встроенными в кристалл ионами лития. В аноде обычно используется графит. Электролит, которым залита электрохимическая ячейка, представляет собой органический раствор солей лития. Основная причина взрывов литиевых аккумуляторов – короткое замыкание между катодом и анодом. Если это происходит, аккумулятор начинает нагреваться. Когда температура достигает 70–90 °С, ион-проводящий защитный слой на аноде начинает разлагаться. Литий, встроенный в анод, вступает в реакцию с электролитом, выделяя летучие углеводороды: этан, метан, этилен и т.д. Но, несмотря на наличие такой взрывоопасной смеси, возгорания не происходит, так как в системе пока нет кислорода. Поскольку реакции с электролитом экзотермические, температура и давление внутри аккумулятора продолжают повышаться, температура достигает 180–200 °С, материал катода вступает в реакцию и выделяет кислород. Наличие углеводородов, окислителя в виде кислорода и высокая температура создают идеальные условия для взрыва. В наихудших случаях температура внутри аккумулятора может достигать 660–900 °С, когда в реакцию с оставшимся электролитом вступает графит и плавится алюминиевый токоприемник.

Причины короткого замыкания могут быть разными: физическое воздействие на аккумулятор (удары, падения), нагрев (в том числе прямыми солнечными лучами), старение аккумулятора. В данном случае было известно, что планшет был приобретен в 2013 г. и располагался на задней полке автомобиля около стекла, погода в день пожара была солнечная и теплая (+29 °С). Короткое замыкание аккумуляторной батареи планшетного компьютера могло произойти по двум причинам – естественного старения аккумуляторной батареи и теплового нагрева внешним источником тепла до критической температуры [3].

Пожары, произошедшие в результате аварийного режима работы элементов питания детских игрушек (вертолет, радиоуправляемая машинка), приводятся и в заключениях СЭУ по Сахалинской области.

Пожары, произошедшие по вине люминесцентных светильников, не новы и довольно часто встречаются в экспертных заключениях. Так, примеры аналогичных происшествий приводятся в отчетах СЭУ по Тюменской области, Орловской области, Республике Татарстан, Республике Коми.

Несколько пожаров в разных регионах связаны с выносом напряжения на металлоконструкции. В отчете СЭУ ФПС № 93 рассматривается пожар, произошедший на складе. В ходе экспертного осмотра места происшествия было установлено, что непосредственно над очагом пожара, на высоте 0,8 м над стеллажом, поперек склада была натянута стальная проволока, один из концов которой при помощи скрутки был подсоединен к металлической трубе (электропроводка), проходившей вдоль потолка склада. Второй конец проволоки проходил через отверстие в стене над стеллажом, выходил в смежном помещении гаража и свободно лежал там, на металлической трубе отопления. Для лабораторного исследования с места пожара были изъяты фрагменты телефонного распределительного провода (ТРП), проходившего рядом со стальной проволокой в месте входа проволоки в стену, фрагменты медных проводников с оплавлениями, а также фрагменты стальной проволоки из помещения склада и из гаража. На представленных фрагментах были обнаружены признаки протекания аварийных пожароопасных режимов работы в виде локальных оплавлений, изменения сечения по длине проводников, наличие локальных оплавлений в месте соединения проволоки «скрутка», наплывы одного металла на другой и др. По результатам исследования всех материалов и обстоятельств дела экспертом были сделаны выводы о месте расположения очага пожара и его непосредственной (технической) причине возникновения – нагреве стальной проволоки, проходившей над стеллажом и имеющей связь с землей (через трубу отопления), по причине выноса электрического напряжения на металлические конструкции

вследствие короткого замыкания силового кабеля под электрическим щитом с рубильником, что привело к возгоранию рядом находившихся горючих материалов (изоляции ТРП) и ниже расположенных материалов вследствие падения горящих фрагментов изоляции провода [4].

В отчете СЭУ по Омской области приводится пример пожара, произошедшего в торговом павильоне в результате выноса напряжения на металлический забор примыкающего к углу павильона [5].

В отчете СЭУ по Ростовской области приводится пример пожара, произошедшего от искр, возникших при соприкосновении токоведущей жилы алюминиевого электропровода с металлической трубой дымохода (вытяжки) гаража [6].

В отчете СЭУ по Иркутской области описан пожар, произошедший в результате воспламенения горючих материалов (сухой травы, древесины и др.) от раскаленных частиц металла в виде искр, образованных при кратковременном соединении (перехлесте) проводов воздушной линии электропередач между опорами [7].

Пожары от неэлектрических нагревательных устройств

Чаще всего такие пожары начинаются в зонах прохождения дымовых труб через перекрытия и стены. Так, в отчете СЭУ по Республике Мордовия приводится пример пожара, произошедшего в жилом доме на три квартиры. В одной из квартир отопление газовое, печное. В результате пожара одна квартира выгорела практически полностью, две другие повреждены в различной степени. Очаг пожара находился в междуэтажном перекрытии, в месте прохождения дымохода печи отопления. Учитывая все обстоятельства дела, в том числе и аварийное состояние печи (неисправность газовой горелки и повреждение кладки), был сделан вывод о том, что единственной причиной пожара могло быть возгорание деревянных конструкций перекрытия от источников зажигания, связанных с эксплуатацией печи (искры, пламя топочных газов или (и) непосредственно нагретые до температуры самовозгорания древесины деревянные поверхности дымохода) [8].

Похожие пожары произошли в Красноярском крае, Республиках Башкортостан, Карелия и Коми, во Владимирской области, Вологодской области, в Омской области.

Пожары от фрикционных искр и тепловыделения при трении

Несколько пожаров по стране произошло от фрикционных искр, образующихся при резке металлов угловыми шлифовальными машинами (УШМ) (так называемыми «болгарками»). В отчете СЭУ по Ханты-Мансийскому автономному округу приводится пример пожара, возникшего в здании торгового центра. Накануне пожара у центральной части южного ската кровли проводились работы по резке металлической конструкции электрической УШМ. Эксперты полагают, что именно фрикционные искры послужили в данном случае источниками зажигания, а горючим материалом – изоляционные материалы кровли, находившиеся в очаговой зоне [9].

Пожары от статического электричества

В предоставленных отчетах СЭУ приводится несколько примеров пожаров, где в качестве источника зажигания послужил разряд статического электричества.

Версия о возникновении пожара в результате разряда статического электричества обычно возникает в случае «производственных» пожаров и редко в случае пожаров непроизводственных. Источник зажигания это относительно маломощный, проявляющийся внезапно и часто по совершенно непонятным, на первый взгляд, причинам [10].

В Республике Хакасия на одном из производственных предприятий произошел пожар в цехе на машине глубокой печати, предназначенной для передачи печатной краски на запечатываемый материал печатной формы. По результатам проведенного исследования

было установлено, что на момент возникновения пожара производилась перенастройка оборудования машины (замена печатных цилиндров, слив краски). Первые признаки пламенного горения были зафиксированы в районе одной из секций машины, в месте расположения расходного бачка для краски, во время слива краски сотрудником предприятия. Возникновению открытого пламенного горения предшествовала вспышка. Изучив все обстоятельства происшествия и исключив другие версии, связанные с более мощными источниками зажигания, экспертом был сделан вывод о том, что причиной возникновения пожара послужила вспышка паро-газо-воздушной смеси лакокрасочного материала, инициированная разрядом статического электричества с тела либо с одежды работника предприятия [11].

Известно, что человек может приобретать заряд статического электричества за счет трения одежды и обуви при движении, при контакте с заряженной поверхностью оборудования, по индукции и т.п.

Из опубликованных работ по электризации жидкостей (и нефтепродуктов, в частности) известно, что статическое электричество вырабатывается, когда жидкости движутся в контакте с другими материалами. Это обычно происходит при таких операциях, как перекачка по трубам и при смешивании, наливании, перекачке насосом, распылении, фильтровании или перемешивании. При определенных условиях, особенно при работе с жидкими углеводородами, статическое электричество может накапливаться в жидкости. При достаточном накоплении статического электричества может возникнуть статическая дуга. Если дуга возникает в воспламеняемой смеси паров топлива и воздуха, может произойти зажигание [10].

В отчете СЭУ по Омской области приводится пример пожара, произошедшего в металлическом гараже с подземным резервуаром для хранения топлива. Пожар произошел во время перекачки вакуумным насосом горючей жидкости из резервуара в автоцистерну. Пламенному горению предшествовали «хлопок» и вспышка. Учитывая все обстоятельства дела, экспертом был сделан вывод, что наиболее вероятным источником зажигания послужил разряд статического электричества [5].

Аналогичные пожары, произошедшие при перекачке топлива от разряда статического электричества, описываются в отчетах СЭУ Кемеровской и Курганской областей.

Поджоги

В некоторых регионах поджоги являются абсолютными лидерами в числе исследованных пожаров. Так, например, в СЭУ по Приморскому краю за 2017 г. из 502 исследованных пожаров, в 249 случаях причиной пожара оказался поджог. В остальных регионах поджоги также опережают по количеству прочие причины.

На автотранспортных средствах поджоги являлись причиной возникновения горения в среднем в 55 % случаев от общего количества исследованных автомобилей.

Утечки газа

Несколько пожаров в разных регионах, как и в предыдущие годы, связаны с электрогазовыми плитами и другим газовым оборудованием.

Во Владимирской области произошел пожар одновременно в двух квартирах многоквартирного дома по причине воспламенения газо-воздушной смеси на кухнях по причине проплавления втулок и штуцеров гибких газовых шлангов в металлической оплетке [12]. Подобные пожары периодически возникают и происходят обычно по механизму: утечка тока на корпус газовой плиты и через металлизированный газовый шланг на землю – БПС в точке присоединения шланга к газовой трубе – разогрев и проплавление металла трубы – возникновение факельного горения газа по месту утечки [10].

Пожары, связанные с утечкой газа, имели место также в Архангельской, Курской, Рязанской, Тульской областях, в Республиках Татарстан и Карелия, в Краснодарском крае.

Интересный пожар описан в заключении СЭУ по Челябинской области, который произошел 1 марта 2017 г. в деревянном рубленом доме. Дом не газифицирован, в нем постоянно никто не проживал. Из объяснения очевидца пожар возник после того, как он вошел в дом и включил свет, лопнула колба лампы, произошел хлопок и на уровне потолка образовалось пламя синего оттенка.

По результатам проведенного исследования было установлено, что на начальном этапе горение действительно происходило в комнате на уровне перекрытия, процессу горения предшествовали хлопок и распространение по потолку пламени синего оттенка.

После ликвидации пожара сотрудниками газовой службы были проведены замеры концентраций газа в воздухе, которые показали превышение концентрации газа как в подполе дома, так и на улице, в палисаднике.

Из материалов дела было установлено, что в непосредственной близости от дома проходил подземный магистральный газопровод, на наружной пластиковой стенке трубы которого были обнаружены признаки повреждения в виде трещины длиной около 10 см и шириной 1 см [13].

Аналогичный по обстоятельствам пожар произошел в торговом павильоне в г. Курске [14].

Горючие газы из подземных трубопроводов могут просачиваться под землей (иногда на большие расстояния), заполнять какие-либо помещения и создавать взрывоопасную атмосферу, что и произошло в данном случае. Газы тяжелее и легче воздуха могут перемещаться под землей или передвигаться вдоль наружной стороны подземного трубопровода (через кольцеобразные свободные пространства) и могут заполнять, таким образом, различные структуры. Горючие газы, перемещающиеся под землей, проникают в здание через линии швов, по каналам прохождения электрических и телефонных проводов, через дренаж и даже прямо через фундамент и стены. Эти газы также могут проникнуть через почву в воздух и улетучиться без вреда. Однако если поверхность земли залита дождем, покрыта снегом, замерзла или замощена, газы могут пройти в обход и проникнуть в какие-либо помещения и инженерные сооружения [10].

В приведенных примерах отсутствуют крупные пожары, которые имели место в 2017 г. (в г. Ростове-на-Дону, в Москве, Московской области и др.). Их описание требует отдельных статей, которые могут быть подготовлены только после окончания их расследования.

Рассмотренные пожары могут быть отнесены к разряду рядовых. Но систематическое повторение многих из них в различных регионах страны указывает на то, что их опыт мало чему учит. Это касается и утечек тока (в электрогазовом и ином оборудовании), и разделок в дымоходах печей, и статического электричества.

Случающиеся систематически пожары в зданиях с вентилируемыми фасадами требуют реакции со стороны строителей и архитекторов, проблемы с электронным оборудованием – внимания со стороны разработчиков данной техники.

Литература

1. Отчет о НИР по теме № 1–2017: Провести исследование пожаров, происшедших в 2017 году, представляющих научный и практический интерес // СЭУ ФПС ИПЛ по Краснодарскому краю. Краснодар, 2018. 131 с.
2. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Республике Коми. Сыктывкар, 2018. 100 с.
3. Плотников В.Г., Чешко И.Д., Кондратьев С.А. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов и низковольтных источников питания на их основе. Расследование пожаров: сб. статей // Вып. 4. СПб.: СПбУ ГПС, 2014. 116 с.
4. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС №93 ИПЛ МЧС России. М., 2018. 163 с.
5. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Омской области. Омск, 2018. 138 с.

6. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Ростовской области. Ростов-н/Д., 2017. 132 с.
7. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Иркутской области. Иркутск, 2017. 96 с.
8. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Республике Мордовия. Саранск, 2017. 171 с.
9. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре. Ханты-Мансийск, 2017. 107 с.
10. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х кн. СПб.: СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010. Кн. 1. 708 с; СПб., 2012. Кн. 2. 364 с.
11. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Республике Хакасия. Абакан, 2017. 80 с.
12. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Владимирской области. Владимир, 2018. 120 с.
13. Отчет о НИР по теме № 1–2017 // СЭУ ФПС ИПЛ по Челябинской области. Челябинск, 2017. 91 с.
14. Горбулин В.И. Взрыв газа в торговом павильоне. Расследование пожаров: сб. статей. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2016. Вып. 5. С. 55–63.

ВЫНУЖДЕННАЯ КОНВЕКЦИЯ В СИСТЕМАХ ДЫМОУДАЛЕНИЯ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Пермьяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Освещены некоторые особенности вынужденной конвекции продуктов горения у внутренних поверхностей противодымной приточно-вытяжной вентиляции. Представлены оценочное соотношение для коэффициента конвективного теплообмена в виде модели критериальной зависимости. Описана конструкция универсальной экспериментальной установки по исследованию процесса вынужденной конвекции. Приведены результаты натурного эксперимента по исследованию процесса вынужденной конвекции в канале. Представлено упрощенное критериальное уравнение, описывающее процесс вынужденной конвекции между продуктами горения и внутренней поверхностью канала противодымной приточно-вытяжной вентиляции.

Ключевые слова: продукты горения, приточно-вытяжная вентиляция, вынужденная конвекция, пограничный слой, критериальные уравнения, сжимаемая жидкость, ламинарный режим, переходной режим

FORCED CONVECTION IN THE SMOKE EXHAUST SYSTEM

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.

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

We have considered some features of combustion products forced convection at internal surfaces smoke exhaust system. The estimated correlation for convective heat transfer coefficient

in the appearance of criterion depending model is presented. We have described the construction of the universal experimental installation for the forced convection process research. The results of a full-scale experiment on the forced convection in a channel research are presented. We presented a simplified criterial equation, which describes the forced convection process between the combustion products and the internal surface of the smoke exhaust system duct.

Keywords: combustion products, extract and input ventilation, forced convection, boundary layer, criterial equation, compressible fluid, laminar flow, transitional regime

Отечественные и зарубежные статистические данные говорят, что до 85 % погибших на пожаре в зданиях и сооружениях погибли в результате воздействия токсичных компонентов, содержащихся в продуктах горения [1]. Кроме того, для таких пожаров характерны повышение температуры окружающей среды вплоть до возникновения вторичных возгораний и повышение оптической плотности, приводящее к существенному ухудшению видимости. Поэтому современные архитектурно-технологические решения в обеспечении пожарной безопасности обуславливают необходимость разработки и технической реализации в зданиях и сооружениях противодымной защиты.

В состав показателей, которые подлежат проверке в ходе проведения приемосдаточных испытаний системы противодымной защиты в соответствии с нормами [2], в том числе входят:

- состояние огнезащитного покрытия каналов противодымной приточно-вытяжной вентиляции (ПП-ВВ);
- измеряемые расходы продуктов горения, удаляемых через дымовые клапаны из вентилируемых помещений;
- измеряемая величина избыточного давления на нижних уровнях незадымляемых секций лестничных клеток, шахтах лифтов и тамбур-шлюзах.

Существующие методики, например [3], позволяют выработать и обосновать проектные решения, удовлетворяющие нормативным требованиям к противодымной защите, и предполагают линейную зависимость среднеобъемной температуры потока продуктов горения от длины элемента канала ПП-ВВ, что может конечно существенно упростить проводимые расчеты, но не является очевидным.

Теория подобия позволяет создать модель, которая бы учитывала изменение физических свойств продуктов горения в канале ПП-ВВ в соответствии с изменениями их термодинамическими параметрами вследствие потерь напора газового потока и его тепловых потерь на стенках канала, а также определять текущее значение температуры на обогреваемой поверхности канала ПП-ВВ.

Наиболее обобщенное понимание процесса теплообмена в канале ПП-ВВ базируется на модели вынужденной конвекции, которая предполагает продольное движение полуограниченного потока продуктов горения с текущей температурой t_f и скоростью w вдоль обогреваемой поверхности канала с постоянной температурой t_w вдоль координаты x . (рис. 1).

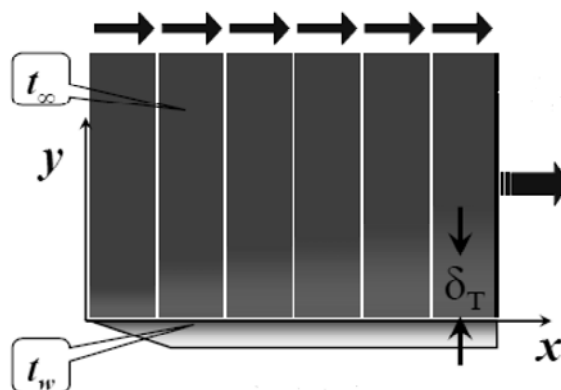


Рис. 1. Тепловой пограничный слой при движении продуктов горения на границе ПП-ВВ

На рис. 1 воображаемые вертикальные линии иллюстрируют перемещение слева направо потока продуктов горения с его глубиной прогрева δ_T вместе с движением газового потока вдоль стенки канала ПП-ВВ.

Порядок величины глубины прогрева δ_T связан с толщиной пограничного слоя и зависит от продолжительности прогрева $\tau=x/w$. Такая задача решена для прогрева полуограниченного тела [4]:

$$\delta_T \approx \sqrt{a_f \tau} \approx \sqrt{a_f \frac{x}{w}}. \quad (1)$$

Уравнение (1) позволяет оценить величину толщины теплового пограничного слоя продуктов горения при их движении по каналу ПП-ВВ. С увеличением скорости продуктов горения уменьшается продолжительность теплового контакта с поверхностью канала и тем самым уменьшается толщина пограничного слоя.

Соотношение между коэффициентом теплообмена α и коэффициентом теплопроводности продуктов горения λ_f можно вывести, выражая плотность теплового потока для закона Ньютона-Рихмана и закона Ж.Б-Ж Фурье:

$$q = \alpha_k (t_f - t_w) = -\lambda_f \frac{\partial t}{\partial y} \Big|_{y=0} \quad \text{или} \quad \alpha_k = \lambda_f \frac{1}{t_f - t_w} \frac{\partial t}{\partial y} \Big|_{y=0}.$$

После оценки величины градиента температуры $dt/dy \approx \Delta t / \delta_T$ можно представить величину коэффициента теплоотдачи через проводимость пограничного слоя потока продуктов горения:

$$\alpha_k \approx \frac{\lambda_f}{\delta_T} \approx \frac{\lambda_f}{\sqrt{a_f \frac{x}{w}}}, \quad (2)$$

где α_k – коэффициент конвективного теплообмена.

Анализируя соотношение (2) применительно к особенностям движения продуктов горения по каналам ПП-ВВ, можно сделать важный вывод: увеличение толщины пограничного слоя по мере движения газового потока вдоль поверхности канала ПП-ВВ вызывает уменьшение величины коэффициента теплообмена.

Это утверждение основано на соблюдении двух ограничений, которым удовлетворяют условия пожара: незначительная вязкость продуктов горения и ламинарный характер их движения вдоль поверхности канала ПП-ВВ.

Соотношение (1) в безразмерном виде применительно к значению толщины пограничного теплового слоя δ_T можно преобразовать до выражения (3), в котором характерным размером становится текущее значение координаты абсцисс x :

$$\frac{\delta_T}{x} \approx \sqrt{\frac{1}{w \cdot x \cdot a_f}} = \sqrt{\frac{1}{Pe_f}}. \quad (3)$$

Число Пекле Pe применительно к условиям решаемой задачи определяет соотношение между конвективной и теплопроводящей составляющими теплопереноса между продуктами горения и внутренней поверхностью канала ПП-ВВ. Легко заметить аналогию с решением гидродинамической задачи:

$$\frac{\delta}{x} \approx \sqrt{\frac{1}{\frac{w \cdot x}{\nu_f}}} = \sqrt{\frac{1}{Re_f}}, \quad (4)$$

где δ – толщина динамического пограничного слоя, в котором скорость потока может изменяться от нулевого значения вблизи внутренней стенки канала до значения скорости потока.

Число Рейнольдса Re применительно к условиям решаемой задачи определяет соотношение между конвективной и молекулярной составляющей в переносе импульса движения частиц. Кроме того, существует трактовка об отношении значений динамического давления и вязкого трения, а также отношении инерционных сил и сил вязкого трения в потоке.

Аналогия выражений (3, 4) позволяет распространить способы оценки толщины пограничного слоя, предложенные для случая ламинарного течения продуктов горения по каналам ПП-ВВ на другие режимы течения, поскольку для них значение числа Прандтля Pr невелико ($\approx 0,7$) и значения толщин теплового и динамического слоя близки по величине. Отсюда оценочное соотношение (2) для коэффициента конвективного теплообмена α_k можно представить в виде модели критериальной зависимости:

$$Nu_f \equiv \frac{\alpha_k}{\frac{\lambda_f}{l_o}} \approx \frac{\frac{\lambda_f}{\delta_T}}{\frac{\lambda_f}{l_o}} = \frac{1}{\frac{\delta_T}{l_o}} = C \sqrt{\frac{w \cdot l_o}{\nu_f}} \sqrt{\frac{\nu_f}{a_f}} = C \cdot Re_f^{0,5} \cdot Pr_f^{0,5}, \quad (5)$$

где l_o – определяющий (характерный) линейный размер канала; C – постоянный безразмерный коэффициент для условий анализируемой порядок величины C , близок к 1.

Поскольку каналы ПП-ВВ очень часто имеют в своем сечении прямоугольную форму, то в качестве определяющего размера используют приведенный диаметр D_{np} :

$$D_{np} = \frac{4 \cdot S}{\Pi}, \quad (5)$$

где S – площадь поперечного сечения канала; Π – периметр канала.

Для перехода от модельной формы критериальной зависимости (5) к рабочим критериальным уравнениям необходимо учесть влияние режима движения потока продуктов горения по каналам ПП-ВВ в форме уточнения значений постоянного коэффициента C и показателей степеней при числах Рейнольдса и Прандтля. Эта работа была проделана на основе обобщения результатов экспериментальных исследований, для чего была использована универсальная лабораторная установка, внешний вид которой представлен на рис. 2.

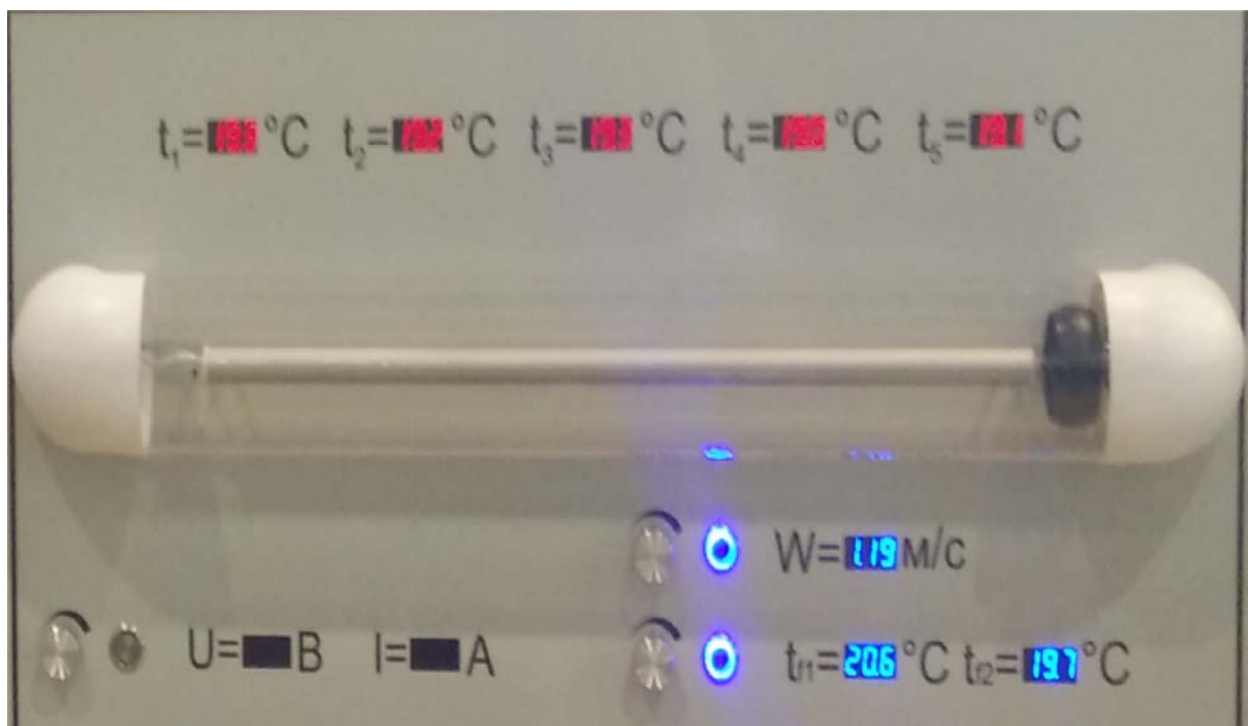


Рис. 2. Внешний вид универсальной экспериментальной установки по исследованию процессов вынужденной конвекции в каналах

В универсальной экспериментальной установке используется алюминиевая труба с наружным диаметром $d=20$ мм, установленная горизонтально по оси газового канала цилиндрической формы внутренним диаметром $D=105$ мм и длиной $L=800$ мм, выполненного из термостойкого стекла. В исследуемый образец вмонтирован электрический нагреватель из нихрома с сопротивлением 50 Ом, обеспечивающий равномерное выделение теплоты по длине трубы. Нагреватель работает от постоянного тока с возможностью регулировки мощности. Тепловой поток Q , создаваемый электронагревателем и проходящий через стенку трубы в окружающую газовую среду, определяется по значениям силы тока I и напряжения на нагревателе U . Для предотвращения утечек теплоты в окружающую среду в торцы трубы установлены теплоизолирующие заглушки. При проведении эксперимента добиваются стационарного температурного режима и фиксируются показания пяти термодатчиков $t_{w1} \div t_{w5}$, располагаемых на теплопоглощающей поверхности. Помимо мощности нагревателя, универсальная лабораторная установка позволяет регулировать и измерять скорость движения газовой среды w и температуры t_{f1} и t_{f2} на входе и выходе канала соответственно.

Для определения конвективной составляющей Q_k необходимо учесть лучистую составляющую теплового потока, при этом используется уравнение:

$$Q_{\text{л}} = C_o \varepsilon_{\text{т}} \varepsilon_{\text{с}} \left[\left(\frac{T_w}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_f}{100} \right)^4 \right] F,$$

где $\varepsilon_{\text{т}}=0,7$; $\varepsilon_{\text{с}}=0,8$ – степени черноты трубки и поверхности канала соответственно; F – площадь теплоизлучающей поверхности трубки; $C_o=5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела.

Тогда величина коэффициента конвективного теплообмена определяется при помощи уравнения Ньютона-Рихмана:

$$\alpha_k = \frac{Q_k}{F(t_{wm} - t_{wf})},$$

где t_{wm} и t_{fm} – средние значения температуры поверхности и газового потока соответственно.

Значения коэффициента конвективного теплообмена α_k в зависимости от скорости движения газового потока w получены в результате проведения эксперимента по исследованию процессов вынужденной конвекции в каналах ПП-ВВ и представлены в таблице.

Таблица. Коэффициент конвективного теплообмена α_k
в зависимости от скорости газового потока w

$w, \text{м/с}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
$\alpha_k, \text{Вт/м}^2\text{°C}$	15,1	21,3	26,1	30,0	33,8	37,0	39,9	42,7	45,3

Значения коэффициента конвективного теплообмена α_k и скорости газового потока w , представленные в таблице, с учетом зависимости теплофизических параметров газового потока от его средней температуры позволили выявить зависимость величины натурального логарифма числа Нуссельта $\ln(Nu_f)$ от натурального логарифма числа Рейнольдса $\ln(Re_f)$, представленную на рис. 3.

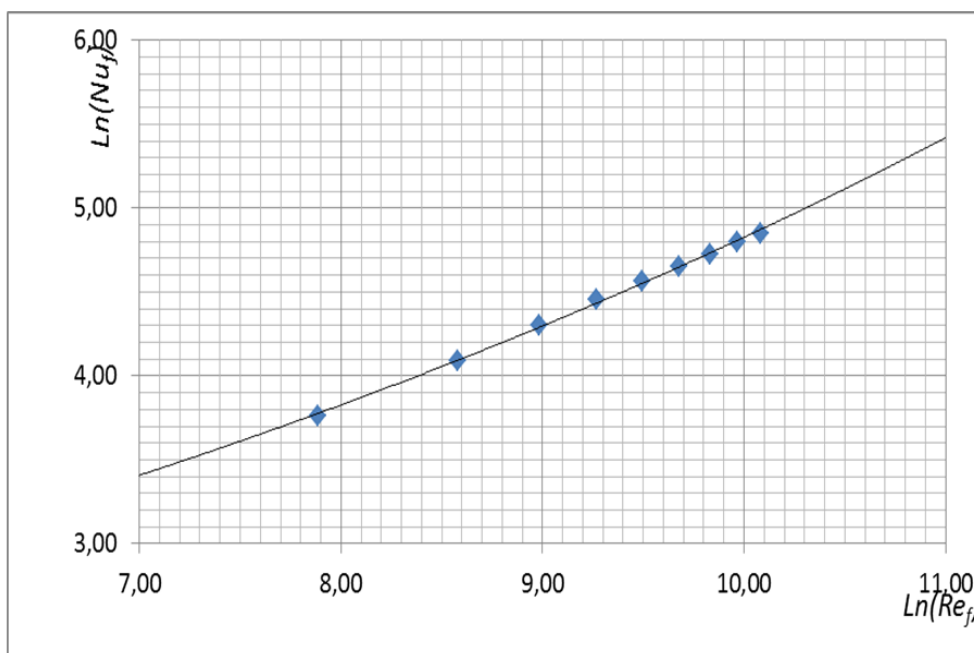


Рис. 3. Зависимость значения $\ln(Nu_f)$ от величины $\ln(Re_f)$

Для исследованного температурного диапазона зависимость значения числа Прандтля от температуры газового потока не превышает 5 %, что позволяет в процессе обработки результатов эксперимента считать значение Pr_f постоянным и инкорпорировать его в постоянную C , при этом критериальное уравнение (5) приобретает вид:

$$\ln(Nu_f) = \ln(C) + n \cdot \ln(Re_f).$$

Линейный характер зависимости $Nu=f(Re)$ позволяет использовать метод наименьших квадратов при обработке результатов эксперимента для вычисления значений постоянной C и показателя степени n .

$$n = \frac{9 \sum_{i=1}^9 \ln(Re_{fi}) \ln(Nu_{fi}) - \sum_{i=1}^9 \ln(Re_{fi}) \sum_{i=1}^9 \ln(Nu_{fi})}{9 \sum_{i=1}^9 \ln(Re_{fi})^2 - \left(\sum_{i=1}^9 \ln(Re_{fi}) \right)^2}.$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^9 \ln(Nu_{fi}) - n \sum_{i=1}^9 \ln(Re_{fi})}{9}.$$

Окончательно упрощенное критериальное уравнение, описывающее процесс вынужденной конвекции между продуктами горения и внутренней поверхностью канала ПП-ВВ принимает вид:

$$Nu_f \approx 0,91 \cdot Re_f^{0,55}. \quad (6)$$

Представленное уравнение (6), сформированное применительно для случая ламинарной вынужденной конвекции, характерно для ламинарного и переходного режима движения газового потока. Поэтому анализируемый процесс теплообмена можно считать предельным (асимптотическим) случаем, когда движение вдоль поверхности канала дымоудаления обусловлено действием обеих актуальных сил: инерционной и гравитационной, а решение задачи состояло в подборе корректной аппроксимации на уровне логического анализа.

Литература

1. Информация об авариях, произошедших на предприятиях, подконтрольных территориальным органам Федеральной службы по экологическому, технологическому, атомному надзору // Ростехнадзор.ру. URL: <http://www.rostehnadzor.ru/chronicle.html> (дата обращения: 21.03.2018).
2. Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний: Нормы пожарной безопасности НПБ 240-97 (утв. Гл. гос. инспектором Рос. Федерации по пожарному надзору, введены в действие приказом ГУГПС МВД РФ от 31 июля 1997 г. № 50). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
3. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий: метод. рекомендации. М.: ФГУ ВНИИПО, 2008. 56 с.
4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: К-51, Высшая школа, 1957. С. 599.

ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКИМИ ПЕНАМИ

А.С. Волик;

Т.Р. Хабиров.

Дальневосточная пожарно-спасательная академия –

филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

Излагаются практические аспекты применения модифицированных воздушно-механических пен в системе тушения пожаров на объектах нефтегазового комплекса в Хабаровском крае с учетом географического положения региона и климатических особенностей, а также сформулированы направления совершенствования данного процесса.

Ключевые слова: пожар, тактика тушения пожара, нефтегазовые объекты, модифицированные воздушно-механические пены

TACTICAL AND TECHNICAL SUPPORT OF FIRE EXTINGUISHING ON THE OBJECTS OF OIL AND GAS INDUSTRY BY THE MODIFIED AIR-MECHANICAL FOAMS

A.S. Volik; T.R. Habirov.

Far-Eastern fire-safety academy – branch of Saint-Petersburg university
of State fire service of EMERCOM of Russia

In the article the author shows the practical aspects of using the modified air-mechanical foams in the system of fire-extinguishing on the objects of oil and gas industry in Khabarovsk region. Special attention is given to the geographical position and climate peculiarities, and to the approaches of perfection of the process.

Keywords: fire, fire tactics, oil and gas objects, modified air-mechanical foams

Неотъемлемой частью государственной политики в области охраны жизни и здоровья людей является обеспечение пожарной безопасности промышленных объектов. Обстановка с пожарами на промышленных предприятиях Российской Федерации на сегодняшний момент является напряженной и оказывает существенное влияние на экономическую и социальную сферу общества. Противопожарные службы предпринимают некоторые меры по стабилизации обстановки с пожарами, а также вносят изменения в нормативно-правовые акты, регламентирующие применение систем противопожарной защиты и средств тушения пожара.

Известно, что технологии нефтехимической промышленности отличаются энергоемкостью и требуют тщательного контроля для обеспечения безопасности и эффективности каждого производственного процесса. К тому же скопление значительного объема горючей жидкости в одном месте представляет существенную опасность. Так, ежегодно в России происходит более 100 тыс. пожаров, 30 % из которых приходится на промышленные объекты, в частности, нефтегазовой отрасли. Наблюдаются людские и материальные потери.

Причинами возникновения пожаров на объектах нефтегазового комплекса могут быть: нарушение правил устройства и эксплуатации оборудования, его неисправность, нарушение технологического процесса, нарушения правил обращения с электрооборудованием и огнем и др.

Исходя из вышесказанного, можно констатировать, что необходимо создание специальной системы, которая стабилизировала бы тактику тушения газовых и нефтяных месторождений.

Вопросами обеспечения пожарной безопасности на предприятиях нефтегазовой отрасли занимались такие ученые, как: И.К. Бакиров [1–3], О.В. Волков [4], Л.К. Исаева [5], А.Ф. Шароварникова с соавторами [6] и др.

Пенное пожаротушение в нефтегазовой промышленности является оптимальным и эффективным. Чаще всего для защиты объектов применяются все виды модифицированных воздушно-механических пен: низкой, средней и высокой кратности, которые используются в зависимости от назначения, химического состава и способа подачи.

Особенностям технологии тушения пожаров с помощью модифицированных воздушно-механических пен посвящены работы: А.А. Ефимова [7], В.К. Тихомирова [8], А.Ф. Шароварникова, В.П. Коловатова, В.И. Фархутдинова [9].

Целью данной работы является выявление путей совершенствования тактико-технического обеспечения тушения пожаров на объектах нефтегазового комплекса модифицированными воздушно-механическими пенами.

Поскольку в Российской Федерации для хранения нефти и нефтепродуктов основными являются стальные и вертикальные резервуары, тушение пожаров в них и на технологических установках производится с использованием пены низкой и средней кратности.

По данным И.К. Бакирова, пены различной кратности получают с помощью пеногенераторов, пеносмесителей и дозирующих вставок. Действие модифицированной воздушно-механической пены независимо от кратности заключается в первую очередь в изоляции поверхности нефтяного слоя от пламени и снижении скорости испарения жидкости. При этом происходит сокращение горючих паров и охлаждение самой зоны горения вещества [10].

Отметим, что за последние пять лет в Хабаровском крае зарегистрировано не более 20 случаев возгорания, вместе с тем более половины приходится на нефтегазовые объекты. МЧС России называет ситуацию с пожарами в регионе «удовлетворительной».

Следует сказать, что в климатических условиях Дальнего Востока, в частности в Хабаровском крае, тушение пожара (с физической точки зрения) всегда сводится к прекращению процесса горения во всех его видах и формах, то есть к ингибированию реакции окисления. Лучшим, наиболее эффективным способом обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов нефтегазовых комплексов является создание таких условий, при которых процесс непроизвольного горения вообще не может возникнуть.

Применение модифицированных воздушно-механических пен при тушении пожаров не только эффективно в условиях региона, но и полезно для окружающей среды, поскольку вода, пролитая на пожаре, является так же источником загрязнения окружающей среды, она содержит в себе продукты горения, а пены растворяются в продуктах горения, оседают и подлежат механическому удалению после пожара.

Рассмотрим технико-тактические моменты тушения пожаров на предприятиях нефтегазовой отрасли на территории Хабаровского края (табл.).

Следует отметить, что модифицированные воздушно-механические пены применяются для тушения веществ, не взаимодействующих с водой, именно потому не имеет существенного значения их кратность для тушения пожаров на нефтегазовых предприятиях.

Рассмотрим некоторые особенности тушения пожара воздушно-механическими пенами:

1. Подача пенной струи на горящую поверхность осуществляется только после того, как из ствола выйдет высококачественная пена.
2. Струю пены подают на край участка возгорания, а затем перемещают ее к центру, постепенно заполняя всю поверхность локализации пожара.
3. Пену можно подавать над очагом пожара или в верхнюю часть поверхности возгорания.
4. Парогенераторы лучше использовать с наветренной стороны, так как это не снижает кратность и стойкость пены [6].

**Таблица. Техничко-тактические моменты тушения пожаров
на предприятиях нефтегазовой отрасли на территории Хабаровского края [6]**

Действие	Оборудование	Содержание действия
Генерация пены низкой частотности	Стволы воздушно-пенные (СВП)	Перемешанный раствор с воздухом, вспениваясь до определенной частотности, с ускорением попадает на пакет сеток и через цилиндрическую насадку выходит в виде сплошной струи
Генерация пены средней частотности	Пеногенераторы ГПС	
Регуляция дальности подачи струи	Кран-дозатор	Регулируется перемещением кольцевой муфты
Контроль скорости твердения пены	—	Осуществляется при регуляции оборотов смесителя-ускорителя

Таким образом, изучение основных тактико-технических моментов пожаротушения при помощи модифицированных воздушно-механических пен говорит о том, что действия, выполняемые во время тушения пожара, достаточно просты, а их поэтапное осуществление является залогом успешности операции. На взгляд авторов, проблема в большей степени касается не самого процесса тушения пожара, а в недостаточной разработке системы оборудования для тушения.

Исходя из проведенного анализа особенностей тактико-технических особенностей пожаротушения на нефтегазовых объектах, были разработаны рекомендации по совершенствованию пенного тушения на нефтегазовых комплексах в современных условиях:

- создание новых современных пенообразователей;
- изменение свойств воды и пенообразователя, путем воздействия на них электромагнитными и электрическими полями;
- создание специальных современных компонентов, которые бы являлись добавками к существующим пенообразователям и повышали их качество (например добавка полимеров);
- совершенствование конструкции пеногенераторов (например, высокочастотная пена, полученная произвольно без подачи воздуха);
- совершенствование тактических приемов тушения пожаров с применением пены.

Литература

1. Бакиров И.К. Влияние на пожарные риски вопросов, связанных с пожарной безопасностью в строительстве // Пожарная безопасность в строительстве. 2010. № 4. С. 24–25.
2. Бакиров И.К. Разработка метода оценки пожарных рисков твердых горючих веществ

и материалов на производственных и складских объектах // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 9. С. 35–41.

3. Бакиров И.К. Совершенствование методов оценки пожарных рисков объектов с твердыми горючими материалами: дис. ... канд. техн. наук. Уфа: Уфимский гос. нефт. техн. ун-т, 2012.

4. Волков О.В. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. М.: Недра, 1984. 152 с.

5. Исаева Л.К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МВД России, 2001. 301 с.

6. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / А.Ф. Шароварников [и др.]. М.: Издательский дом «Калан», 2002. 448 с.

7. Ефимов А.А. Закономерности тушения пожаров водорастворимых горючих жидкостей и нефтепродуктов: дис. ... канд. тех. наук. М.: ВИПТШ, 1992. 194 с.

8. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1975. 264 с.

9. Шароварников А.Ф., Коловатов В.П., Фархутдинов В.И. Перспективы разработки и освоения отечественного способа тушения пожаров подачей пены в слой горючего // Нефтяное хозяйство. 1991. 48 с.

10. Бакиров И.К. Проблемы применения нормативных документов по пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 1. С. 7–11.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРИЗАЦИИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ НАНОЖИДКОСТЯМИ И ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

А.В. Иванов, кандидат технических наук;

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены обобщенные результаты исследований электростатических свойств жидких углеводородов и материалов в условиях электрофизической и реагентной модификации с целью минимизации последствий опасных проявлений статического электричества.

Ключевые слова: жидкие углеводороды, лакокрасочные материалы, переменный частотно-модулированный потенциал, многослойные углеродные нанотрубки, диэлектрическая проницаемость, удельное объемное электрическое сопротивление, напряженность электрического поля, пневматическое распыление

INVESTIGATION OF ELECTRIFICATION PROCESSES IN HANDLING MODIFIED NANOFLUIDS AND PAINTWORK MATERIALS

A.V. Ivanov; I.L. Skrypnyk; S.V. Voronin.

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

Generalized results of investigations of the electrostatic properties of liquid hydrocarbons and materials under conditions of electrophysical and reagent modification are presented with

a view to minimizing the consequences of dangerous manifestations of static electricity.

Keywords: liquid hydrocarbons, paint and varnish materials, variable frequency-modulated potential, multilayered carbon nanotubes, dielectric permeability, specific volumetric electrical resistance, electric field strength, pneumatic spraying

В настоящее время остается актуальной задача повышения эффективности технических решений по обеспечению пожарной безопасности на современных предприятиях нефтегазового комплекса (НГК), разработки пожаровзрывобезопасных технологий управления свойствами жидких углеводородов для обеспечения электростатической искробезопасности (ЭСИБ) и снижения вероятности аварийных утечек легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) на стадиях транспортировки, хранения и применения.

Данная задача может быть решена разработкой технологий модификации и получения наноматериалов с заданными физико-химическими свойствами.

Для реализации этих технологий использовались следующие методы:

– электрофизический для управления свойствами веществ и материалов на границе раздела фаз [1] с параметрами переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП) 56 и 112 В, 50 Гц;

– реагентной модификации многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ) [2] и стабилизации [3] наноструктур в жидких углеводородах.

Исследовались жидкие углеводороды (табл. 1), обращающиеся в технологических процессах НГК и лакокрасочные материалы (ЛКМ) (табл. 2), применяемые для огнезащиты и противокоррозионной обработки металлоконструкций.

Таблица 1. Перечень и основные характеристики исследуемых веществ

№ п.п	Наименование вещества	Температура вспышки, °С	Молекулярная масса, г/моль	Плотность при 20 °С, ρ, г/см³	Пов. натяжение, σ·10 ⁻³ Н/м	Коэфф. динам. вязкости μ, мПа·с, при t (°С)	Диэлектрическая проницаемость, ε	Удельное объемное электрическое сопротивление, ρ _v , Ом·м
1	Ацетон	-18	58,08	0,7899	23,7	0,322	20,7	1,6·10 ³
2	Бензин «АИ-92»	-27...-39	100	0,725 ... 0,780	20–24	0,6	2,3	10 ¹¹ –10 ¹²
3	Бензин «АИ-95»	-27...-39	114,3	0,725 ... 0,780	20–24	0,6	2,3	10 ¹¹ –10 ¹²
4	Нефрас С3-80/120 («БР-1»)	-9	98	0,73	21,1	0,7	2,3	10 ¹⁰ –10 ¹²
5	Керосин «ТС-1»	28	151,2	0,78	24,3	0,159	1,8	(1...6) 10 ¹¹
6	О-ксилол	46	106,17	0,8621	30,03	0,76	2,6	3,3·10 ¹² – 9,1·10 ¹³
7	Нефрас-С4-155/200 («Уайт-спирит»)	33	147	0,795	24,8	1,361	1,6	5,26·10 ¹⁰

№ п.п	Наименование вещества	Температура вспышки, °С	Молекулярная масса, г/моль	Плотность при 20 °С, ρ, г/см³	Пов. натяжение, σ·10 ⁻³ Н/м	Коэфф. динам. вязкости μ, мПа·с, при t (°С)	Диэлектрическая проницаемость, ε	Удельное объемное электрическое сопротивление, ρ _v , Ом·м
8	Толуол	7	92,14	0,8669	28,5	0,586	2,0–2,4	1,2·10 ⁹ – 2,9·10 ¹¹
9	Циклогексанон	44	98,14	0,95	38	2,2	18,2	10 ⁴ – 10 ⁶
10	Этанол	13	46,069	0,7893	22,1	1,19	24,3	7,7·10 ⁶

Таблица 2. Перечень ЛКМ, участвующих в исследовании

№ п.п.	Наименование ЛКМ	Предприятие-изготовитель	ГОСТ, ТУ	Растворитель
1	Огнезащитный состав «Термобарьер»	АО «Огнехимзащита»	ТУ 2313-001-30642285-2011	о-ксилол
2	Грунт «ГФ-021»	Завод лаков и красок «Нева»	ГОСТ 25129–82	о-ксилол
3	Пентафталевая эмаль (ПФ-115)	ООО «ПО «Победа»	ГОСТ 6465–76	Растворитель «Уайт-спирит»
4	Краска фасадная (АК-124)	ПО «ХИМТЭК»	ТУ РБ 00204547.078-97	Растворитель «Уайт-спирит»

Исследование электростатических свойств модифицированных жидкостей

1. Измерение диэлектрической проницаемости (ДП) модифицированных жидкостей ε.

Осуществлялось методом измерения емкости плоского конденсатора [4]. Исходя из предположения, что площадь обкладок конденсатора с исследуемым веществом равна площади исследуемого диэлектрика, значение ДП рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon = \frac{C \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot S_d},$$

где C – измеренная электрическая емкость; d – расстояние между обкладками диэлектрика; S_d – площадь исследуемого диэлектрика; ε_0 – электрическая постоянная.

Полученные данные об относительном изменении значений ДП для модифицированных жидкостей $k_{Me} = \varepsilon_m / \varepsilon_n$ представлены на рис. 1, где ε_m – измеренное значение ДП модифицированной жидкости; ε_n – измеренное значение ДП немодифицированной жидкости.

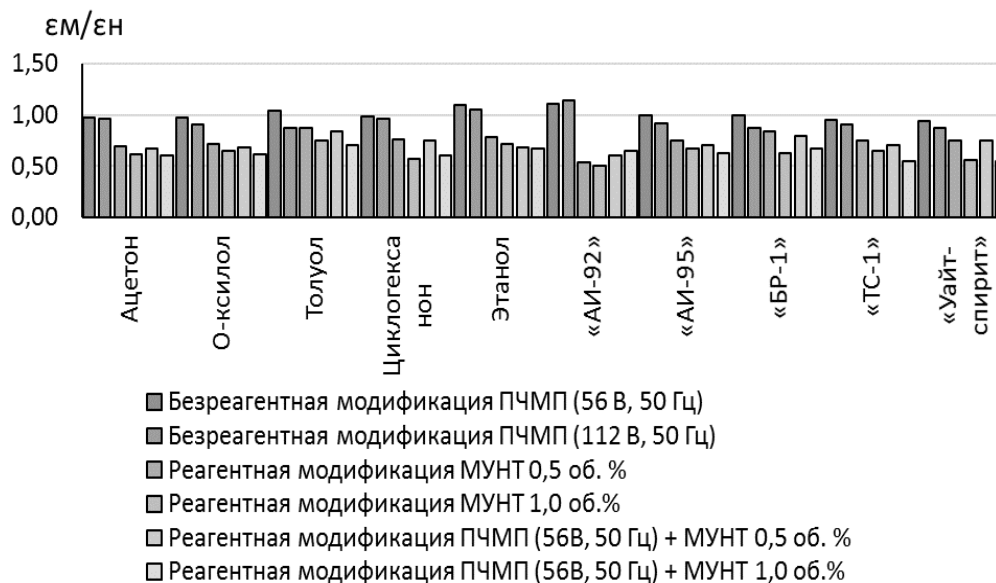


Рис. 1. Относительное изменение ДП жидких углеводородов в условиях электрофизической и реагентной модификации

Анализ номограмм показал, что при воздействии ПЧМП не происходит заметного изменения ДП, это связано с тем, что при низких значениях угловой частоты электрического поля ω много меньших обратной величины времени релаксации $1/\tau_{rel}$, ДП ϵ практически не зависит от частоты [5]:

$$\epsilon = \epsilon', \epsilon'' = 0,$$

где ϵ' и ϵ'' – соответственно действительная и мнимая составляющие комплексной ДП ϵ .

Диспергирование в жидкости МУНТ приводит к заметному снижению комплексной ДП веществ. Согласно исследованиям, изложенным в работе [6], для нанокompозитов с концентрацией УНТ 0,4...1,2 масс. % действительная ϵ' и мнимая ϵ'' части комплексной ДП модифицированных композитов могут уменьшаться в несколько раз (3÷15), что объяснено перестройкой структуры наночастиц в веществах [2, 7]. При незначительных концентрациях УНТ (менее 0,5 масс. %) происходит образование сетчатых мезоструктур в веществе и рост ϵ' за счет поляризационных эффектов. При дальнейшем увеличении концентрации УНТ система становится менее устойчивой за счет образования агломераций наночастиц, приводящих к уменьшению ϵ' .

2. Измерение удельного объемного электрического сопротивления (УОЭС) модифицированных жидкостей ρ .

Проводилось с помощью тераомметра «Е6-13А» в диапазоне $10^3 \div 10^{12}$ Ом. Исследуемые жидкости помещались в измерительную камеру, клеммы заземления которой соединяли с измерительным прибором. Измерения проводились по ГОСТ ISO 6297–2015 после отбора проб, электрофизической обработки и диспергирования МУНТ в ультразвуковом поле с параметрами источника 100 кГц, 1 кВт, в течение 30 мин.

Полученные результаты об относительном изменении значений УОЭС для модифицированных жидкостей $k_{Mpv} = \rho_M / \rho_n$ представлены на рис. 2, где ρ_M (ρ_n) – измеренное значение УОЭС модифицированной (немодифицированной) жидкости.

Анализ номограмм показывает, что:

– при электрофизическом воздействии не происходит заметного снижения УОЭС жидкостей, но изменяется электрокинетический потенциал коллоидных систем,

способствующий электростатической стабилизации наножидкостей за счет создания двойного электрического слоя, приводящий к возникновению сил отталкивания в наноструктурах [8];

– диспергирование МУНТ приводит к заметному снижению УОЭС исследуемых веществ от 2 до 12 раз в зависимости от концентрации и вида жидкости [9] и увеличению ее вязкости [10].

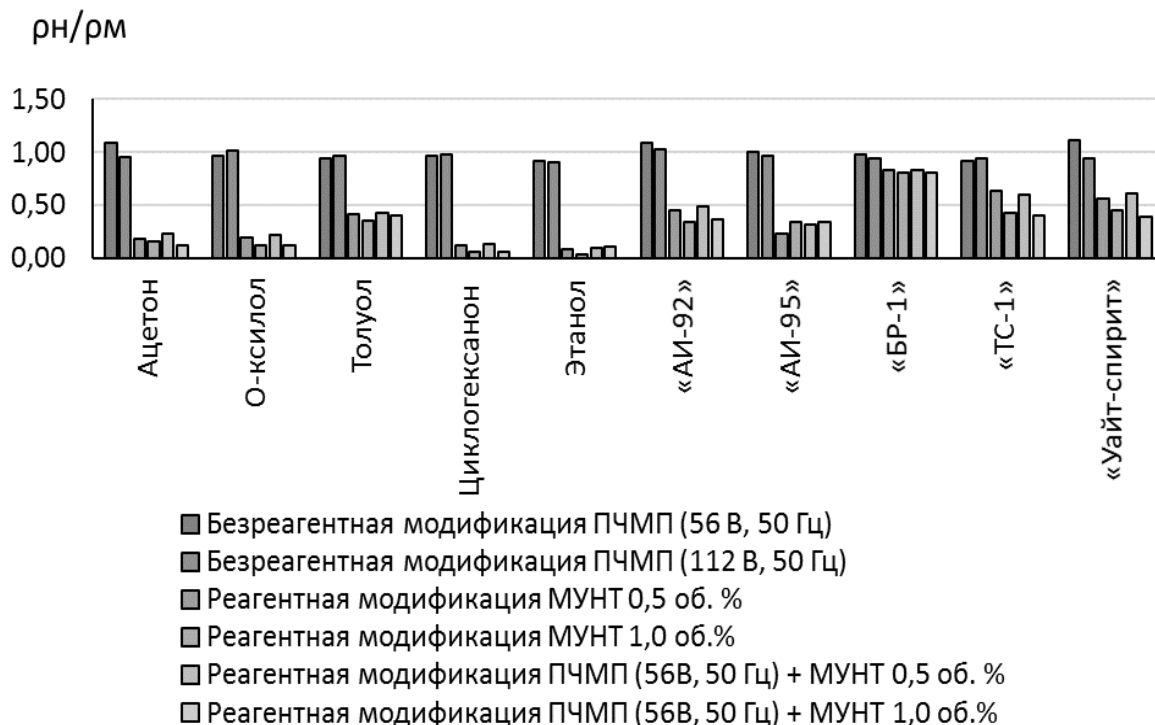


Рис. 2. Относительное изменение УОЭС жидких углеводородов в условиях электрофизической и реагентной модификации

Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными углеводородными жидкостями

Для проведения экспериментов был смоделирован процесс электризации наиболее распространенных операций технологий создания наножидкостей на основе жидких углеводородов: перекачка, гомогенизация и пневматическое распыление.

Относительное изменение напряженности электрического поля при обращении с модифицированными жидкостями определялось по формуле:

$$k_{ME} = E_M / E_H,$$

где E_M (E_H) – измеренное значение напряженности электрического поля для модифицированной (немодифицированной) жидкостей (кВ/м).

1. Процесс электризации при перекачке модифицированных жидких углеводородов.

Выполнен на лабораторной установке (рис. 3). Измерения проводились при температуре жидкостей 20÷25 °С, нормальном атмосферном давлении с помощью электростатического вольтметра «SF-156», который располагался на расстоянии 10 мм от поверхности трубопровода с перекачиваемой жидкостью.

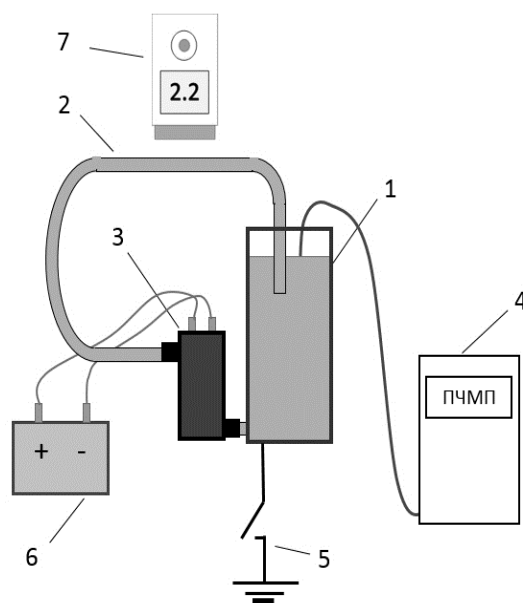


Рис. 3. Схема лабораторной установки для исследования процессов электризации при перекачке модифицированных жидкостей:

1 – емкость с жидкостью (1,5 л); 2 – трубопровод из бензостойкого шланга;
3 – насос (1,5÷2,0 л/мин); 4 – генератор ПЧМП (56 В, 112 В, 50 Гц); 5 – заземление;
6 – источник электропитания 12 В; 7 – электростатический вольтметр «SF-156»

Данные об относительном изменении значений напряженности электрического поля при перекачке модифицированных жидкостей представлены в табл. 3.

Таблица 3. Изменение напряженности электрического поля при перекачке модифицированных жидких углеводородов

Наименование вещества	Относительное изменение напряженности электрического поля k_{ME}					
	безреагентная модификация ПЧМП		реагентная модификация МУНТ		реагентная модификация ПЧМП (56 В, 50 Гц) + МУНТ	
	(56 В, 50 Гц)	(112 В, 50 Гц)	0,5 об. %	1,0 об. %	0,5 об. %	1,0 об. %
Ацетон	0,38	0,50	0,34	0,36	0,20	0,17
О-ксилол	0,67	0,79	0,52	0,89	0,33	0,38
Толуол	0,59	0,44	0,63	0,96	0,39	0,52
Циклогексанон	0,64	0,64	0,36	0,82	0,82	0,64
Этанол	0,42	0,33	0,53	0,82	0,20	0,35
«АИ-92»	0,67	0,83	0,60	1,33	0,33	0,40
«АИ-95»	0,49	0,38	0,84	0,36	0,20	0,31
«БР-1»	0,61	0,64	0,31	0,67	0,20	0,35
«ТС-1»	0,78	0,63	0,42	0,38	0,29	0,21
«Уайт-спирит»	0,75	0,64	0,56	0,65	0,44	0,19

Полученные результаты свидетельствуют о значительном вкладе наночастиц в изменение кинетики накопления электростатического заряда при перекачке модифицированных жидкостей.

2. Процесс электризации наножидкостей при диспергировании МУНТ в базовую жидкость.

Проводились в установке ультразвуковой гомогенизации (рис. 4). Наножидкости помещались в стеклянные емкости объемом 50 мл, после чего проводилась их гомогенизация в ультразвуковом поле с частотой 100 кГц в течение 5 мин при температуре 25÷40 °С. Напряженность электрического поля измерялась электростатическим вольтметром «SF 156» на расстоянии 50 мм от поверхности жидкости.

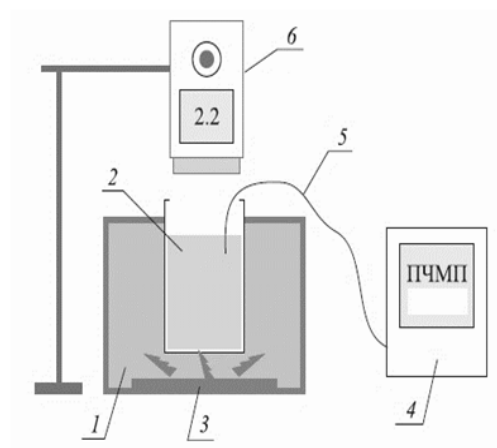


Рис. 4. Схема лабораторной установки для исследования процессов электризации при гомогенизации наножидкостей:

1 – емкость с водой; 2 – емкость с наножидкостью; 3 – источник ультразвука;
4 – генератор ПЧМП; 5 – проводник; 6 – электростатический вольтметр «SF-156»

Данные об относительном изменении значений напряженности электрического поля при гомогенизации наножидкостей представлены в табл. 4.

Таблица 4. Изменение напряженности электрического поля при гомогенизации наножидкостей

Наименование вещества	Относительное изменение напряженности электрического поля k_{ME}					
	безреагентная модификация ПЧМП		реагентная модификация МУНТ		реагентная модификация ПЧМП (56 В, 50 Гц) + МУНТ	
	(56 В, 50 Гц)	(112 В, 50 Гц)	0,5 об. %	1,0 об. %	0,5 об. %	1,0 об. %
Ацетон	1,02	1,00	0,33	0,76	0,14	0,43
О-ксилол	0,98	1,00	0,23	0,31	0,11	0,08
Толуол	0,98	0,96	0,27	0,40	0,21	0,37
Циклогексанон	0,91	0,94	0,21	0,26	0,09	0,74
Этанол	0,98	1,00	0,19	0,65	0,07	0,26
«АИ-92»	1,02	0,98	0,42	0,64	0,12	0,18
«АИ-95»	1,00	1,02	0,35	0,56	0,08	0,21
«БР-1»	0,98	0,98	0,19	1,38	0,11	0,13
«ТС-1»	1,00	0,98	0,40	0,31	0,10	0,79
«Уайт-спирит»	0,98	0,94	0,26	0,31	0,04	0,33

3. Процесс электризации модифицированных ЛКМ при пневматическом распылении.

Осуществлялся способ измерения напряженности электрического поля, создаваемого в процессе нанесения состава на заземленную вертикальную металлическую поверхность. Подготовка жидкостей включала в себя диспергирование МУНТ в растворитель в концентрациях 0,5 об. % и 1,0 об. % с дальнейшим перемешиванием состава с ЛКМ до достижения необходимой вязкости наносимого состава. Далее происходило нанесение состава на заземленную металлическую поверхность с размерами 150x70 мм, закрепленную на расстоянии 1,0 м от краскопульта. Для образцов, подготовленных в условиях электрофизического воздействия, распыление составов проводилось краскопультом, подключенным к генератору ПЧМП. Напряженность электрического поля измерялась электростатическим вольтметром «ИЭСП-9М» на расстоянии 0,3 м от струи распыла. Схема лабораторной установки для исследования процессов электризации при распылении ЛКМ представлена на рис. 5.

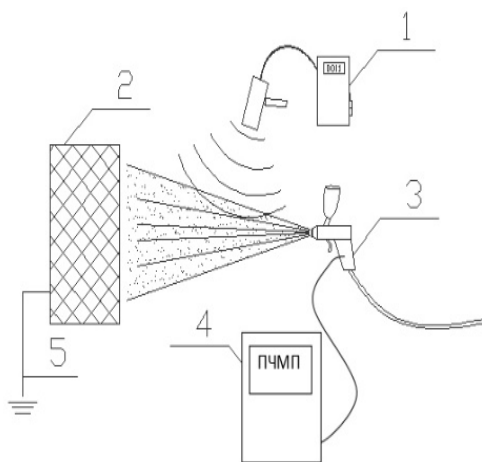


Рис. 5. Схема лабораторной установки для исследования процессов электризации при пневматическом распылении ЛКМ:

1 – электростатический вольтметр «ИЭСП-9М»; 2 – окрашиваемая пластинка;
3 – краскопульт с емкостью для краски; 4 – генератор ПЧМП; 5 – заземление

Данные об относительном изменении значений напряженности электрического поля при пневматическом распылении модифицированных ЛКМ представлены в табл. 5.

Таблица 5. Изменение напряженности электрического поля при пневматическом распылении модифицированных ЛКМ

Наименование вещества	Относительное изменение напряженности электрического поля k_{ME}					
	безреагентная модификация ПЧМП		реагентная модификация МУНТ		реагентная модификация ПЧМП (56 В, 50 Гц) + МУНТ	
	(56 В, 50 Гц)	(112 В, 50 Гц)	0,5 об. %	1,0 об. %	0,5 об. %	1,0 об. %
Огнезащитный состав «Термобарьер»	1,03	0,98	1,75	2,70	2,20	1,42
Грунт «ГФ-021»	0,96	0,91	1,00	1,41	1,49	0,56
Пентафталева эмаль «ПФ-115»	0,85	0,92	1,31	1,77	0,93	1,08
Краска фасадная «АК-124»	0,95	0,89	1,21	1,37	0,79	0,68

Исследование структуры ЛКП методом атомно-силовой микроскопии

Исследование структуры ЛКП методом атомно-силовой микроскопии проводилось на установке «Integra-Spectra». ЛКМ распылялся на стеклянную подложку, где происходило его высыхание при нормальных условиях. Далее проводилась оценка морфологии покрытия [11].

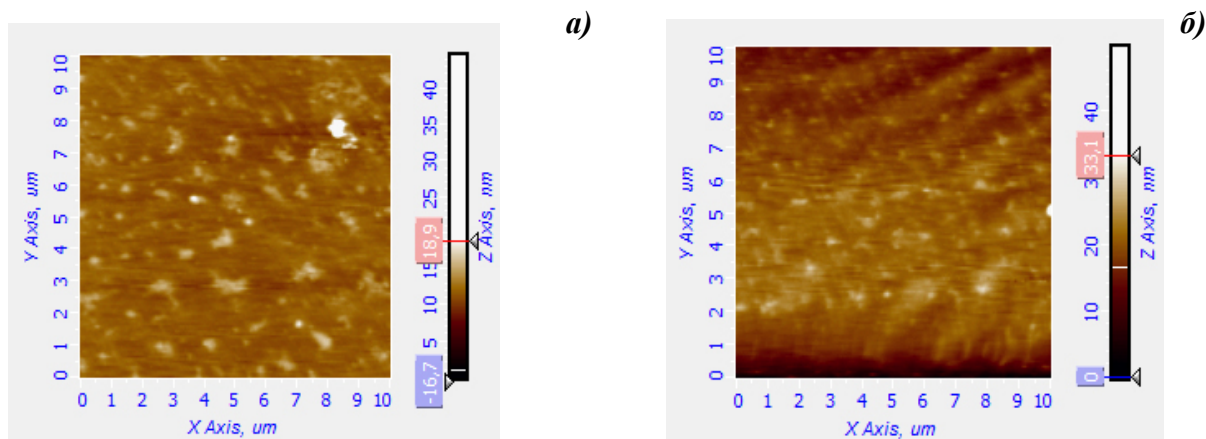


Рис. 6. АСМ-скан частиц ЛКМ на стеклянной подложке 10x10 мкм:
контрольный образец (а) и в условиях электрофизического воздействия (б)

Анализ результатов исследований показал, что:

1. Воздействие ПЧМП при перекачке жидких углеводородов приводит к значительному (~ 60 %) снижению напряженности электрического поля, объясняемое релаксацией заряда в жидкости и возникновением проводимости в диэлектрическом пограничном слое.
2. При электрофизическом воздействии происходит более медленный процесс агрегации наночастиц, их упорядочивание в наножидкости за счет переориентации вдоль силовых линий внешнего электрического поля.
3. Использование электрофизического метода позволяет не только снизить напряженность электрического поля, но и обеспечить более равномерное нанесение частиц ЛКМ на окрашиваемую поверхность.
4. Для процессов гомогенизации наножидкостей и пневматического распыления ЛКМ воздействие ПЧМП приводит к незначительному (~ 10%) снижению напряженности электрического поля, вызванное более высокой скоростью накопления заряда статического электричества (СЭ) в условиях интенсивной электризации.
5. При пневматическом распылении для большинства образцов депонирование МУНТ в ЛКМ приводит к более интенсивной электризации, связанное с генерацией зарядов СЭ на границе раздела фаз «жидкость» (растворитель) – «твердое вещество» (углеродные наночастицы).
6. Использование МУНТ в качестве антистатических присадок позволяет существенно (~ 94 %) снизить напряженность электрического поля. Это связано с увеличением примесной проводимости модифицированных жидкостей, влекущее за собой более интенсивное стекание заряда СЭ с образцов.
7. Применение электрофизической в сочетании с реагентной модификацией МУНТ позволяет снизить интенсивность электризации, возникающей при обращении с индивидуальными жидкостями и многокомпонентными смесями жидких углеводородов.
8. Дальнейшее исследование направлено на разработку математической модели управления обеспечением ЭСИБ в процессе МУНТ с использование регрессионного анализа и нейросетевого моделирования [12], создание условий технологической реализации метода управления свойствами жидких углеводородов при обеспечении пожарной безопасности на объектах НГК.

Литература

1. Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз: пат. 2479005 Рос. Федерация. МПК G05B 24/02 (2006.01), H03B 28/00 (2006.01). Ивахнюк Г.К., Матюхин В.Н., Клачков В.А., Шевченко А.О., Князев А.С., Ивахнюк К.Г., Иванов А.В., Родионов В.А. № 2011118347/08; заявл. 21.01.2010; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2479005> (дата обращения: 10.04.2017).
2. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами / А.В. Иванов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2017. Т. 26. № 7. С. 16–27.
3. Условия стабилизации наноструктур для безопасной транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей / А.В. Иванов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2017. Т. 26. № 9. С. 35–43.
4. Аминев А.В., Кириллов О.Е. Измерение диэлектрической проницаемости материалов: методические указания по выполнению лабораторной работы. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 15 с.
5. Hippel V., Robert A. Dielectrics and waves. New York, NY: Wiley, 1954. 296 p.
6. Диэлектрические свойства композитов, модифицированных углеродными наноструктурами, в микроволновом диапазоне / В.Е. Мурадян [и др.] // Журнал технической физики. 2010. Т. 80. № 2. С. 83–87.
7. Liu X., Spencer J.S., Kaiser A.B., Arnold W.M. Electric-field oriented carbon nanotubes in different dielectric solvents // Current Applied Physics. 2004. Т. 4. № 2-4. С. 125–128.
8. Коллоидная химия. Практическое пособие для студентов специальности Биология (научно-педагогическая деятельность) / Ю.А. Пролесковский [и др.]. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. 32 с.
9. Baby T.T., Ramaprabhu S. Investigation of thermal and electrical conductivity of graphene based nanofluids // Journal of Applied Physics. 2010. Vol. 108. No. 12.
10. Murshed S.M.S., Leong K.C., Yang C. Investigations of thermal conductivity and viscosity of nanofluids // International Journal of Thermal Sciences. 2008. Vol. 47. No. 5. P. 560–568.
11. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2005. 144 с.
12. Нейросетевое моделирование условий обеспечения электростатической искробезопасности процессов транспортировки модифицированных углеводородных жидкостей на основе экспериментальных данных / А.Ю. Сорокин [и др.] // Науч. электр. журн.: «Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. № 1(18). С. 63–76.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аксенов Александр Александрович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Анашечкин Александр Дмитриевич – зам. нач. каф. систем. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Бельшина Юлия Николаевна – нач. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kiite@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Бубнов Андрей Германович – проф. каф. эксплуатации пож. техники, средств связи и малой механизации учеб.-науч. комплекса «Пожаротушение» Ивановской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (153040, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33), e-mail: bubag@mail.ru, д-р хим. наук, доц.;

Буйневич Михаил Викторович – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Волик Андрей Сергеевич – зам. нач. каф. тактики и авар.-спас. работ Дальневост. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: a.s.volik@mail.ru;

Воронин Сергей Владимирович – ст. инспектор группы контроля кач-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Воропаев Николай Петрович – ст. препод. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nik_vt.23@mail.ru, канд. воен. наук;

Вострых Алексей Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: vostrykh.al@mail.ru;

Горшкова Елена Евгеньевна – зав. каф. тр. права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Дехтерёва Валерия Владимировна – препод. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Зокоев Валерий Анатольевич – нач. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zva80@bk.ru, канд. техн. наук, доц.;

Иванов Алексей Владимирович – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 645-20-25, e-mail: avivanov@igps.ru, канд. техн. наук;

Иванов Сергей Валерьевич – зав. циклом обучения слушателей №1 СПб гос. казенного учр. доп. проф. образов. «Учеб.-метод. центра по гражд. обороне и ЧС» (195197, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 119, л. А);

Королева Людмила Анатольевна – зам. нач. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Красильников Александр Владимирович – нач. кабинета каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Крутолапов Александр Сергеевич – зам. нач. ин-та развития по уч.-метод. работе СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Лабинский Александр Юрьевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Лобатова Ольга Витальевна – ст. науч. сотр. Исслед. центра экспертизы пожаров Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru;

Ложкин Владимир Николаевич – проф. каф. пож. авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Ложкина Ольга Владимировна – доц. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: olojkina@yandex.ru, канд. хим. наук, доц.;

Пермяков Алексей Александрович – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: jouker2005@yandex.ru, канд. пед. наук;

Рева Юрий Викторович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук;

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: romanov_n.n@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Рыбин Олег Александрович – проф. каф. систем. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук;

Савчук Олег Николаевич – проф. каф. сервиса безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: savchuk.o@igps.ru, канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почетный проф. ун-та;

Сараев Иван Витальевич – препод.-методист отд. практ. обуч. ин-та проф. подгот. Ивановской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (153040, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33), e-mail: saraev-i-v@mail.ru;

Седнев Владимир Анатольевич – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. школы РФ, почетный работник науки и техн. РФ, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. науки и техники, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. образования РФ;

Скрипник Игорь Леонидович – проф. каф. пож. безопасн. технол. процесов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Теплякова Татьяна Дмитриевна – науч. сотр. Исслед. центра экспертизы пожаров Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru;

Тимофеев Владимир Дмитриевич – нач. 4 курса фак-та инж.-техн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: timofeev-v-d@yandex.ru;

Троянов Олег Михайлович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, канд. воен. наук, доц.;

Удальцова Наталья Вячеславовна – доц. каф. тр. права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук;

Фомин Александр Викторович – проф. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: fom-deg@ya.ru, канд. техн. наук, проф.;

Хабиров Тимур Ренатович – препод. каф. тактики и авар.-спас. работ Дальневост. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: habirov.t@mail.ru;

Хайдаров Андрей Геннадьевич – доц. каф. бизнес-информатики СПб гос. технол. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), e-mail: andreyhaydarov@gmail.com, канд. техн. наук, доц.;

Чешко Илья Данилович – нач. Исслед. центра эксперт. пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), тел.: 8 (812) 441-06-80, e-mail: idc48@mail.ru, , д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Шахманов Фанис Фаритович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: fanissss@mail.ru;

Шуракова Дарья Геннадьевна – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: shurakova.darya@bk.ru;

Щербаков Олег Вячеславович – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 года, когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 30 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по программам среднего, высшего профессионального образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России. В целом в университете реализуется 93 образовательные программы.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы Чижигов Эдуард Николаевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям: «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 1 член-корреспондент РАН, 5 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 12 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 40 докторов наук, 212 кандидатов наук,

40 профессоров, 106 доцентов, 18 академиков отраслевых академий, 11 членов-корреспондентов отраслевых академий, 4 старших научных сотрудника, 8 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 1 почетный работник высшего профессионально-технического образования Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации и 2 почетных работника общего образования Российской Федерации.

В составе университета:

- 35 кафедр;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт культуры;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета;
- три факультета: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации.

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области обеспечения пожарной безопасности. Основные направления деятельности НИИ: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Судебная экспертиза», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Технологическая безопасность и горноспасательное дело», «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск, Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 6 837 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Так же университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и Постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств-участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 11 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями Университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-Сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны (МОГО), Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, информационно правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонд библиотеки университета составляет более 320 000 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к крупнейшим библиотекам нашей страны и мира (Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина, Российская национальная библиотека, Российская государственная библиотека, Библиотека академии наук, Библиотека Конгресса США). Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2018 г. в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати, включая иностранные журналы, активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 7 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых

научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте культуры. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ»

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются куратору журнала. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) **электронной версией** статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) **плата** с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, **интервал 1,5**, без переносов, в одну колонку, **все поля по 2 см**, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии **авторов (не более трех)**; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в текст или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

- б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);
- в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;
- г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;
- д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

- а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;
- б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Приставленные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.
2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.
4. Грждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.
5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.
6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).
7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

Вниманию авторов: материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное анонимное рецензирование.

МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»

Научно-аналитический журнал

Проблемы управления рисками в техносфере
№ 3 (47) – 2018

Подписной индекс № 16401 в «Каталоге российской прессы (ООО МАП)»

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.

Редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 28.09.2018. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. л. 16,25 Тираж 1000 экз. Зак. № 00

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149