

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

NATURAL AND TECHNOLOGICAL RISKS
(PHYSICS-MATHEMATICAL AND APPLIED ASPECTS)

№ 4 (32) – 2019

Редакционный совет

Председатель – доктор химических наук, профессор, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Ивахнюк Григорий Константинович**, заведующий кафедрой инженерной защиты окружающей среды Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

Заместитель председателя – доктор политических наук, кандидат исторических наук, доцент **Мусиенко Тамара Викторовна**, заместитель начальника университета по научной работе.

Заместитель председателя (ответственный за выпуск журнала) – доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Медведева Людмила Владимировна**, заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, директор Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова;

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

кандидат юридических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Грешных Антонина Адольфовна**, декан факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, почетный работник науки и техники **Барбин Николай Михайлович**, ведущий научный сотрудник УрИ ГПС МЧС России, директор научно-исследовательского института физико-химических проблем и техносферной безопасности государственного аграрного университета;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства

Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного государственного заочного технического университета Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры горноспасательного дела и взрывобезопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат педагогических наук, доцент **Клюй Валерий Владимирович**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Секретарь совета:

капитан внутренней службы **Домничева Анастасия Вячеславовна**, редактор отделения предпечатной подготовки редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Редакционная коллегия

Председатель – подполковник внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Заместитель председателя – майор внутренней службы **Алексеева Людмила Викторовна**, начальник отделения – главный редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Члены редакционной коллегии:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Щербаков Олег Вячеславович**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Таранцев Александр Алексеевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Антюхов Валерий Иванович**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления;

кандидат технических наук, доцент **Романов Николай Николаевич**, доцент кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности;

кандидат педагогических наук, доцент **Подружкина Татьяна Александровна**, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Секретарь коллегии:

капитан внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Скрипник И.Л., Марченко М.А., Колеров Д.А., Исембулатов А.С. Применение компьютерного моделирования для расчета индивидуального риска на примере окрасочного производства.....	5
Максимов А.В., Жуковец П.И. Способ представления данных в географических информационных системах, применяемых в чрезвычайных ситуациях.....	12
Лабинский А.Ю. Снижение техногенных рисков в строительстве. Матричный метод расчета систем стержневых элементов.....	16
Калинина Е.С. К вопросу об использовании алгоритмов фазового укрупнения в задачах оценки безопасности сложных технических систем.....	20

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Коннова Л.А. О специфике подготовки пожарно-спасательных подразделений к аварийному реагированию на чрезвычайные ситуации радиационного характера.....	28
Константинова А.С., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Отечественный и зарубежный опыт оценки свойств огнетушащих порошков.....	34
Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Модель теплового воздействия индукционной нагревательной системы в технологических трубопроводах.....	39

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Саркисов С.В., Макачук Г.В., Медведева Л.В. Устройство для гашения гидравлического удара.....	45
Иванов А.Н., Иванов Д.С., Григорьева Е.С. Особенности разработки системы оповещения и управления эвакуацией из здания с массовым пребыванием людей.....	48
Иванов А.Н., Ершова М.И., Матросов А.А. Подготовка дежурного персонала атомной станции к работе в средствах защиты органов дыхания.....	52
Ложкин В.Н., Гавкалюк Б.В., Ложкина О.В. Метод и технология повышения безопасности пожарных машин в городских условиях эксплуатации.....	56
Сведения об авторах	61
Информационная справка	63
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)	68

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)», без письменного разрешения редакции не допускается. Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»; тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России, 2019

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА НА ПРИМЕРЕ ОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;
М.А. Марченко, кандидат технических наук, доцент;
Д.А. Колеров;
А.С. Исембулатов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проводится анализ пожаров на производствах, связанных с окраской материалов. Показано, что в алгоритме определения индивидуального риска, расчете времени блокирования эвакуационных путей целесообразно вместо аналитических выражений, приведенных в нормативных документах, использовать графический пользовательский интерфейс «PyroSim».

Ключевые слова: окраска, пожар, риск, эвакуация, вероятность, компьютерная программа, опасные факторы пожара

APPLICATION OF COMPUTER MODELING FOR CALCULATION OF INDIVIDUAL RISK ON THE EXAMPLE OF PAINTING PRODUCTION

I.L. Skripnik; M.A. Marchenko; D.A. Kolerov; A.S. Isembulatov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The analysis of fires in industries related to the painting of materials. It is shown that in the algorithm for determining the individual risk, calculating the time of blocking escape routes, it is advisable to use the graphical user interface «PyroSim» instead of the analytical expressions given in the normative documents.

Keywords: painting, fire, risk, evacuation, probability, computer program, fire hazards

В настоящее время производства, связанные с технологическими операциями по окраске материалов, находят широкое распространение в промышленности во многих отраслях народного хозяйства и военно-промышленного комплекса.

Увеличение ассортимента выпускаемой продукции, усложнение технологических операций, применение новых физических принципов действия, технических решений, модернизация, введение современных производственных, технологических участков способствует повышению производительности труда, снижению себестоимости продукции, получению дополнительной прибыли для предприятия, но в то же время эти действия так же способствуют повышению пожарной опасности окрасочных производств.

Так, за период с 2013 по 2018 гг. на объектах по окраске произошло более 350 пожаров с большим ущербом и гибелью людей. В 2017 г. в Колпинском районе Санкт-Петербурга (рис. 1) произошло крупное возгорание площадью 4,8 тыс. м.²



Рис. 1. Пожар на заводе по изготовлению краски в Санкт-Петербурге

Статистика свидетельствует, что наиболее часто встречающимися причинами возникновения пожаров на данных объектах являются следующие нарушения (рис. 2):

- правил технической эксплуатации и монтажа электрооборудования;
- правил пожарной безопасности (ППБ) при проведении электрогазосварочных и огневых работ;
- технологического регламента процесса производства.

Нарушение ППБ (32 %) является самой распространенной причиной возникновения пожаров в окрасочных цехах, зарегистрированных на территории Российской Федерации за данный период. Частота остальных причин пожаров составляет: аварии – 20 %, неисправность оборудования – 14 %, механические повреждения – 10 %, нарушение технологического процесса – 8 %, прочее – 4%.

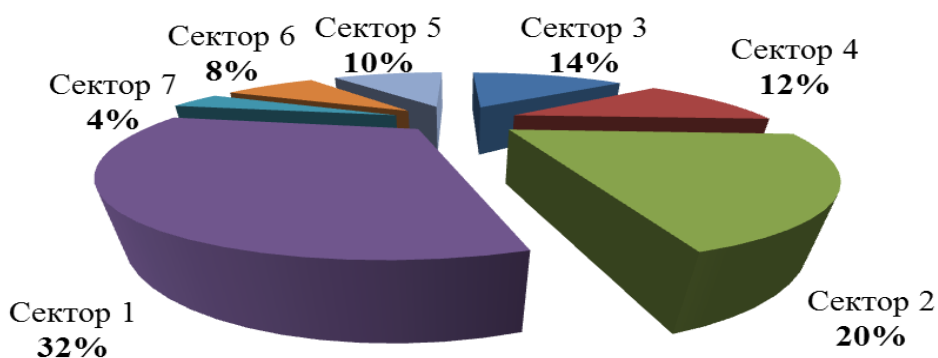


Рис. 2. Наиболее часто встречающиеся причины возникновения пожаров, зарегистрированных в 2013–2018 гг. на объектах окраски

Установлено, что эксплуатация многих объектов находится в пожароопасном состоянии.

Пожары возникают вследствие аварий, повреждений, неисправностей оборудования, всевозможных нарушений технологического процесса. Они нарушают ритм производственного процесса, создают угрозу повреждения дорогостоящего оборудования, неблагоприятно влияют на морально-психологический климат работников завода. Несмотря на постоянный контроль пожароопасных ситуаций в цехах и оперативное тушение возникающих пожаров, косвенный ущерб от них достаточно велик. Поэтому качество мероприятий противопожарной защиты производства зависит, в том числе, от эффективности комплекса профилактических мероприятий.

В декларации промышленной безопасности одним из пунктов является расчет индивидуального риска обслуживающего персонала по эвакуационным путям (ЭП) из производственного помещения.

На примере типового помещения цеха окраски выполнен данный расчет с применением компьютерного пользовательского графического интерфейса «PyroSim». В качестве исходных данных были выбраны следующие характеристики (рис. 3):

- окрасочный цех (1), предназначенный для подготовки и окрашивания поверхностей металлических деталей различного назначения;
- цех представляет собой одноэтажное здание 2-ой степени огнестойкости;
- по функциональной пожарной опасности производственное здание относится к классу Ф 5.1;
- двери противопожарные первого типа, предел огнестойкости не ниже EI 60;
- плиты перекрытий железобетонные.

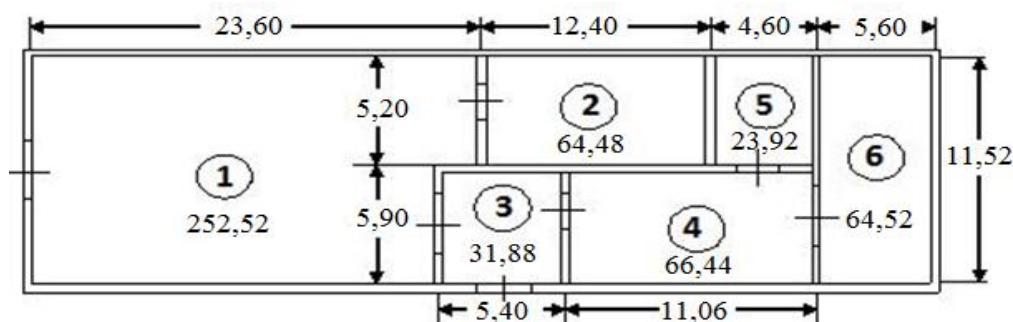


Рис. 3. Схема расположения и назначения помещений окрасочного цеха:
1 – окрасочный цех; **2** – склад лакокрасочных материалов; **3** – раздевалка;
4, 6 – комнаты мастеров; **5** – бытовая комната

Значение индивидуального риска R (год⁻¹) для человека, находящегося в цехе окраски, после преобразования, подстановки конкретных исходных данных и упрощения аналитических соотношений [1, 2], при условии, что:

- обслуживающий персонал оповещается о пожаре по громкой связи;
- имеется возможность выхода людей через эвакуационные выходы (ЭВ);
- отсутствуют аварийные и другие выходы;
- вероятность эффективной работы технических средств, обеспечивающих безопасную эвакуацию людей, равна 0,9 и рассчитывается как:

$$R = 9,9 \cdot 10^{-2} \cdot P_{нч} \cdot f \cdot (1 - P_{эп}), \quad (1)$$

где $P_{нч}$ – вероятность нахождения человека в цехе (доля времени пребывания человека в цехе от общего количества времени):

$$P_{\text{нч}} = \left(\frac{8}{24}\right) = 0,33 , \quad (2)$$

где: f – частота реализации рассматриваемого сценария пожара в течение года; $f = 0,005$ (табл. П 2.1 [1]); $P_{\text{эп}}$ – вероятность эвакуации обслуживающего персонала, находящихся в окрасочном цехе, по ЭП, вследствие пожара:

$$P_{\text{эп}} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} - t_p}{\tau_n}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} < t_p + \tau_n \\ 0,999, & \text{если } t_p + \tau_n \leq 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} \\ 0,001, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} \end{cases} , \quad (3)$$

где: $\tau_{\text{бл}}$ – время от начала пожара до блокирования ЭП, вследствие воздействия на них опасных факторов пожара (ОФП), сек.; t_p – расчетное время эвакуации обслуживающего персонала из окрасочного цеха, сек.; τ_n – интервал времени от момента возникновения пожара до начала эвакуации людей из цеха окраски, сек; $\tau_n = 10$ сек согласно технической документации.

Время эвакуации обслуживающего персонала из помещения цеха окраски определяется согласно алгоритму, представленному в Приказе МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (Приказ МЧС России № 404) [1]. Для расчета рассматриваем эвакуацию из окрасочного цеха. В помещении находится один ЭВ. Пожар происходит в центре участка (рис. 4).

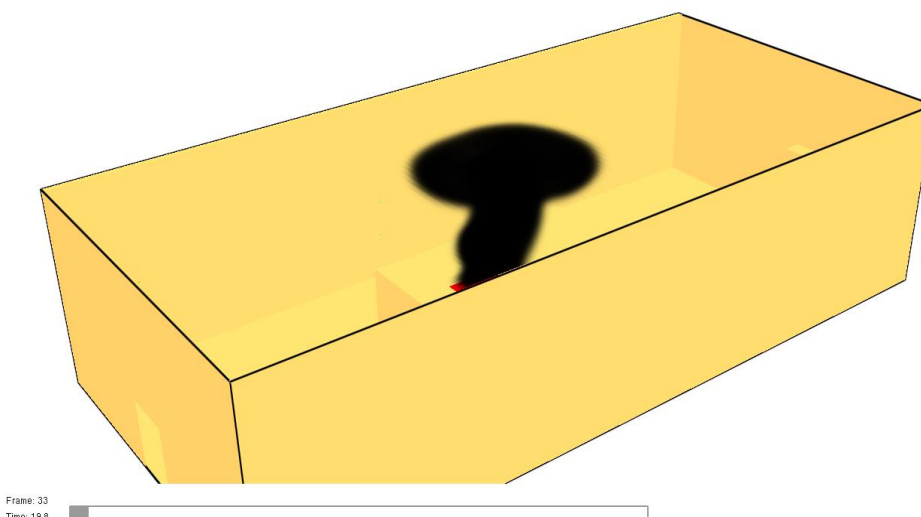


Рис. 4. Начало пожара

ЭП состоит из трех разных участков, поэтому время полной эвакуации людей (t_p) рассчитывается как сумма времен эвакуации ($t_i, i = \overline{1,3}$) на участках. В это время в помещении находится 4 человека ($N = 4$).

Плотность D_1 , скорость V_i , интенсивности q_i, q_{i-1} движения людского потока на 1-ом и i -ом участках пути определяются и выбираются по приложению 5 Приказа МЧС России № 404 [1]. Тогда:

Участок 1:

$$D_1 = \frac{4 \cdot 0,125}{23 \cdot 2,75} = 0,008 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

$$V_1 = 100 \text{ м/мин}$$

$$q_1 = 1 \text{ м/мин}$$

$$t_1 = \frac{23}{100} = 0,23 \text{ мин} ;$$

Участок 2:

$$V_2 = 100 \text{ м/мин}$$

$$q_2 = \frac{1 \cdot 2,75}{8,3} = 0,33 \text{ м/мин}$$

$$t_2 = \frac{4,8}{100} = 0,048 \text{ мин} ;$$

Участок 3 (дверь):

$$q_3 = \frac{0,33 \cdot 8,3}{1,5} = 1,83 \text{ м/мин}$$

Время существования скопления равно:

$$t_{\text{ск}} = 4 \cdot 0,125 \cdot \left(\frac{1}{1 \cdot 1,15} - \frac{1}{0,33 \cdot 8,3} \right) = 0,25 \text{ мин} = 15 \text{ сек}$$

Расчётное время эвакуации:

$$t_p = \sum_{i=1}^3 t_i = 0,23 + 0,048 + 0,25 = 0,528 \text{ мин} = 31,68 \text{ сек}$$

где $\tau_{\text{бл}}$ – можно также рассчитывать по приложению 5 Приказа МЧС России № 404 [1], но в статье расчет произведен в графическом пользовательском интерфейсе «PyroSim» с использованием компьютерной программы Fire Dynamic Simulator (FDS) [3], являющейся наиболее распространенной, апробированной и доступной для проведения моделирования ОФП при тех же исходных данных [4].

Согласно Приказа МЧС России № 404 [1], для достижения каждым ОФП предельно допустимых значений необходимы следующие характеристики (рис. 5–8):

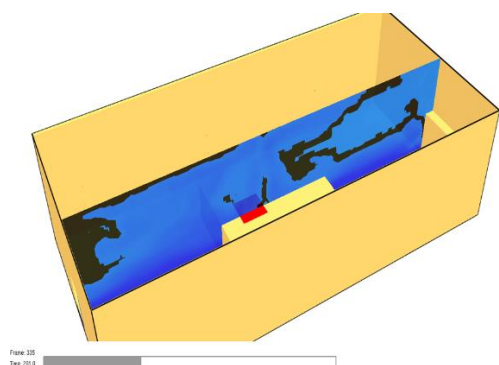


Рис. 5. Наступление ОФП по содержанию углекислого газа

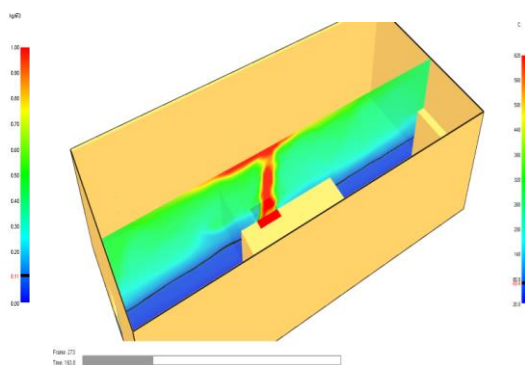


Рис. 6. Наступления ОФП по температуре

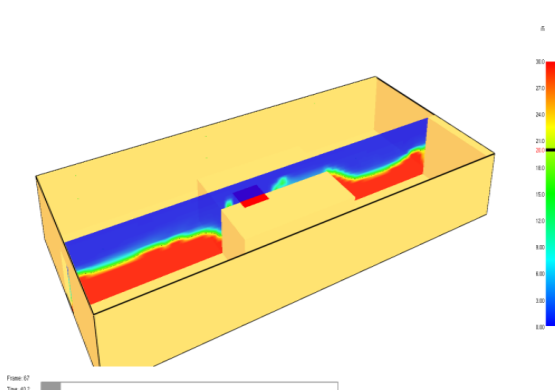


Рис. 7. Наступление ОФП по потере видимости

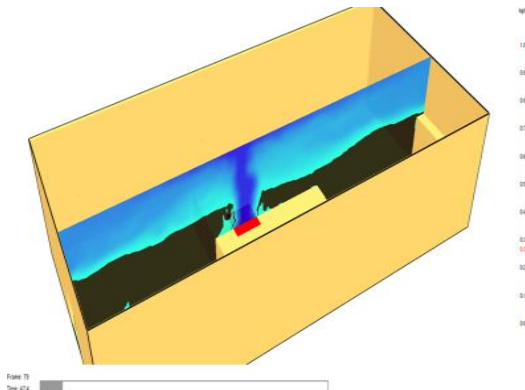


Рис. 8. Наступление ОФП по концентрации кислорода

- максимальная температура окружающей среды выше $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- минимальное значение потери видимости меньше 20 м;
- концентрация по содержанию: кислорода – менее 15 %; углекислого газа – более $0,11\text{ кг/м}^3$; угарного газа – выше $1,16 \cdot 10^{-3}\text{ кг/м}^3$.

Анализ результатов моделирования показал, что наиболее критичными значениями ОФП являются снижение видимости в дыму и уменьшение концентрации кислорода (затраты машинного, компьютерного времени составили более 5 ч.).

Время эвакуации людей при пожаре составило 40,9 сек. (рис. 9, 10).

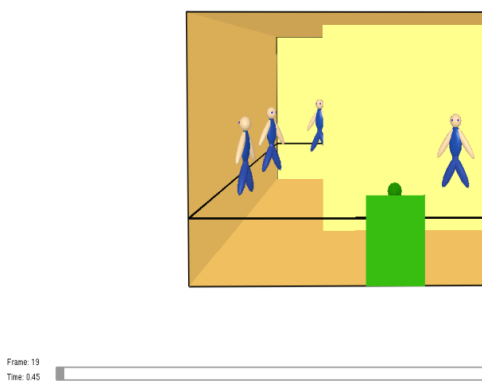


Рис. 9. Начало эвакуации

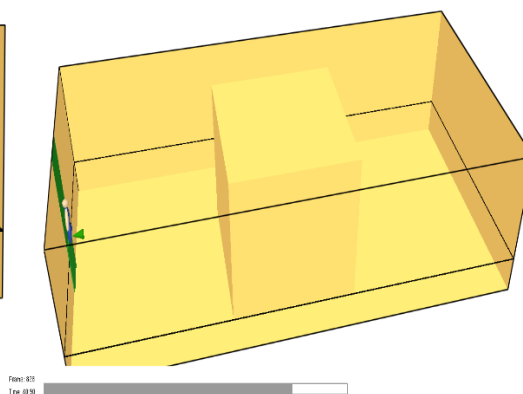


Рис. 10. Конец эвакуации

По результатам компьютерного моделирования видно, что по предельным значениям ОФП потеря видимости в дыму – 40,2 сек. (почти успеет) и снижение концентрации кислорода – 47,4 сек., обслуживающий персонал успеет покинуть помещение участка окраски по путям эвакуации до наступления критических значений, а по двум другим ОФП – с запасом.

Тогда полученные значения подставляем в уравнение (3):

$31,68 < 0,8 \cdot 40,2 < 31,68 + 10$ или $31,68 < 32,16 < 41,68$ – условие выполняется, следовательно,

$$P_{эл} = \frac{0,8 \cdot 40,2 - 31,68}{10} = 0,048.$$

Значение индивидуального риска для человека в окрасочном цехе будет составлять (1):

$$R = 9,9 \cdot 10^{-2} \cdot 0,33 \cdot 0,005 \cdot (1 - 0,048) = 1,5 \cdot 10^{-4}.$$

Это значение больше нормированного значения 10^{-6} [1]. Однако с учетом выполнения комплекса организационно-технических мероприятий может приближаться к значению 10^{-4} , но не достигать его. Поэтому необходимо в рассматриваемом окрасочном цехе предусмотреть дополнительные технические решения и мероприятия по повышению уровня пожарной безопасности [5].

Изложенный материал показал преимущество использования современных программных продуктов (компьютерных программ), применяемых для расчета основных характеристик пожарной безопасности. Они дают наглядный, достоверный, апробированный результат для лица, принимающего решения, по обеспечению пожарной безопасности вводимых и действующих производств.

Литература

1. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 (с изм. и доп. от 14 дек. 2010 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Иванов А.В. [и др.]. Реализация технологии управления свойствами наноструктур в жидких углеводородах для снижения пожарного риска на объектах нефтегазового комплекса // Науч. электрон. журнал Вестник Уральского ин-та ГПС МЧС России. 2019. № 2 (23). С. 49–58.
3. Торопов Д.П., Иванов А.В., Скрипник И.Л. Моделирование тушения пожара

жидких углеводородов в условиях применения огнетушащих суспензий воды с углеродными наноструктурами // Науч. электрон. журнал Вестник Уральского ин-та ГПС МЧС России. 2019. № 3 (24). С. 91–104.

4. Скрипник И.Л. Расчет параметров опасных факторов пожара и безопасной эвакуации из помещения насосной // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сб. науч. ст. III междунар. науч. конф. 30 апр. 2019 г. Ч. 1. Казань.: ООО «Конверт», 2019. С. 77–80.

5. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Медведева Л.В. Нанотехнологические решения при обеспечении пожарной и промышленной безопасности инновационных промышленных предприятий // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 3 (19). С. 6–12.

СПОСОБ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

А.В. Максимов, кандидат технических наук;

П.И. Жуковец.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приведены преимущества применения географических информационных систем в управлении чрезвычайными ситуациями посредством анализа данных. Представлен стандартный метод предварительного предупреждения на основе географических информационных систем.

Ключевые слова: предварительное предупреждение, управление чрезвычайными ситуациями, информационная система, географические информационные системы

METHOD OF PRESENTATION OF DATA IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS USED IN EMERGENCY SITUATIONS

A.V. Maximov; P.I. Zhukovets.

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

The advantages of using geographic information systems in emergency management through data analysis are presented. The standard method of preliminary warning on the basis of geographical information systems is presented.

Keywords: preliminary warning, emergency management, information system, geographic information systems

В вопросах, связанных с обеспечением безопасности, важное место занимает определение местоположения происшествия или чрезвычайной ситуации (ЧС). Так, в случае возникновения и обнаружения какого-либо происшествия поступает вызов на пульт диспетчера экстренной оперативной службы «112», где наиболее значимыми данными для принятия решений по реагированию являются тип происшествия (позволяет определить необходимые силы и средства для ликвидации) и геолокация. Причем от того, насколько быстро и точно будут переданы данные о местоположении происшествия, будет зависеть успешность операции, заключающаяся в спасении жизней людей и их материальных средств. Более того, диспетчер, на основании полученных данных, определяет за какой пожарно-спасательной частью или отдельным постом аварийно-спасательной службы

закреплено место аварии. Далее сотрудниками спасательных служб устанавливаются: кратчайший путь до места происшествия, его характеристики (например, если речь идет о каком-либо сооружении), расположение штаба, места эвакуации для пострадавших, ближайшая станция скорой медицинской помощи и т.д. [1]. Очевидно, что все эти организационные мероприятия по ликвидации аварии связаны, прежде всего, с географическими данными, подчеркивая и актуализируя тем самым исследования в области применения географических информационных систем (ГИС) для разработки информационной платформы управления при возникновении происшествий или ЧС.

Данные, которые являются основой любых ГИС, применяемых в ЧС, должны, в-первую очередь, характеризоваться следующими свойствами: точность, полнота и актуальность [2]. Перечисленные свойства определяют качество и скорость принимаемых управленческих решений при ликвидации ЧС.

В теории, ГИС основана на пространственной базе данных, анализирующей географические данные, предоставляя тем самым разнообразную пространственную и динамическую информацию во времени для принятия решений (в том числе критических). В практическом же применении это такой вид специального программного обеспечения, которое представляет, хранит, анализирует и выводит пространственную информацию.

В отличие от обычной информационной системы управления, ГИС применяет пространственные данные и данные атрибутов при анализе проблем. Через систему управления базами данных ГИС осуществляет подключение к данным, осуществляя управление, анализ и их применение (рис. 1). Таким образом, ГИС предоставляет новые возможности по применению географических данных. Информационные системы управления имеют только функцию управления базой данных атрибутов, и даже если графические данные были сохранены в виде файла, в них отсутствует функция обработки пространственных данных, не говоря уже о пространственном анализе.

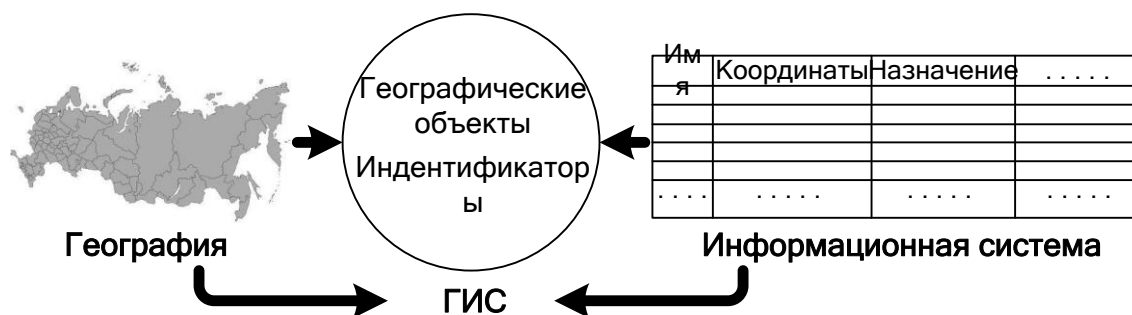


Рис. 1. Схема гибридного управления данными, используемыми в ГИС

Согласно статистике, около 80 % информации в мире – географическая, связанная с пространственными местоположениями [3]. Поэтому в ГИС видятся более широкие возможности применения в управлении ЧС по сравнению с традиционными информационными системами.

Данные о предварительном предупреждении являются выходными результатами оценки безопасности объекта, которые поступают от него, контролируемого системой предварительного предупреждения об опасности. Обеспечение безопасности – сложная, комплексная и многоэтапная задача, где наиболее важным этапом является предупреждение, цена ошибки здесь ведет к огромным потерям [4, 5]. В системах такого рода необходимо получать данные о том, в каком текущем состоянии находится защищаемый объект, возрастает ли, например, риск, что ведет, в свою очередь, к незамедлительному реагированию. Поэтому необходимо создать удобную систему предупреждающих сигналов.

Так, для выражения степени безопасности в соответствии с международной практикой при наличии данных о происшествии или ЧС предупреждающие о них сообщения или сигналы окрашивают в разные цвета на основании их степени опасности для окружающих. Приведенные ниже на рис. 2, 3 цвета (синий, зеленый, желтый и красный) означают уровень опасности контролируемого объекта от безопасного до особенно опасного. Существует два способа вывода данных: по времени (рис. 2) и в зависимости от типа ЧС [6] (рис. 3).

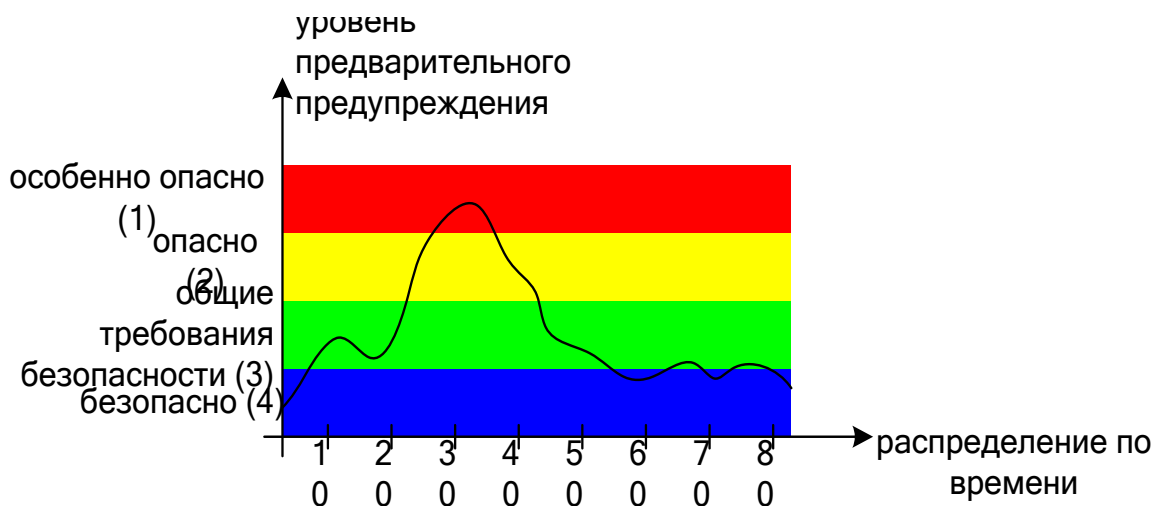


Рис. 2. Пример вывода сигнала предупреждения о происшествии по времени

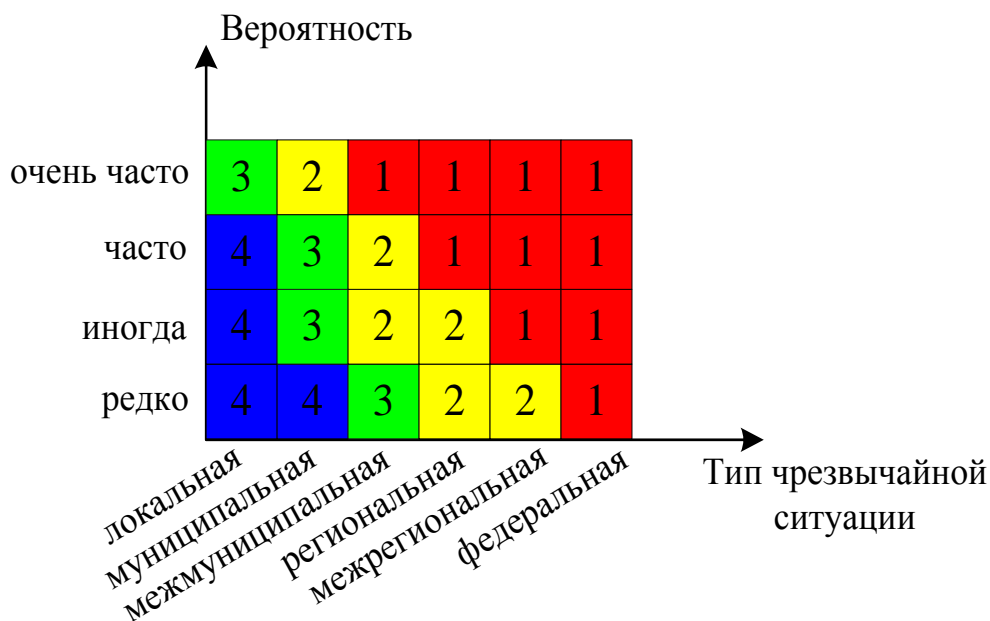


Рис. 3. Пример вывода сигнала предупреждения о происшествии по типу ЧС

Эти два вида выходных данных предварительного предупреждения указывают направление действий по контролю за складывающейся обстановкой лицам, принимающим решение (например, специалистам центра управления в кризисных ситуациях, сотрудникам безопасности объекта). Но приведенные выше меры не могут в полной мере обеспечить заданный уровень безопасности и принятие управленческих решений при возникновении ЧС. Важно принимать во внимание тот факт, что специалисты, которые занимают

должности, связанные с обеспечением безопасности объекта, являются основным элементом и гарантом качественного принятия управленческого решения в случае возникновения какого-либо риска. Следовательно, данные для предварительного предупреждения, касающиеся аварийных ситуаций, должны иметь более высокую точность и читаемость, чем обычная система сигналов предварительного предупреждения. Вывод информации не только должен соответствовать познанию и регулированию, но также предоставлять некую концепцию местоположения, заключающуюся в определении местоположения опасных факторов, выборе направления эвакуационного прохода и т.д.

Как особый вид информационной системы, ГИС представляет собой синтез пространственной и атрибутивной информации, которая не только отображает некоторую картографическую информацию и атрибутивную информацию, но также осуществляет взаимное посещение между графической информацией и информацией об атрибутах. ГИС взаимодействует с пространственными данными через управление слоями. Географические объекты с таким же атрибутом в ГИС отображаются в одном слое, местоположение же географических объектов задается специальными символами, все разработанные слои расположены друг над другом, поэтому появляется возможность видеть все аспекты карты одновременно, таким образом, стек слоев и составляет электронную карту. Так, ГИС позволяет создавать тематические карты по предупреждению о происшествии, например, выделяя один или несколько природных и социальных явлений с помощью различных графических стилей, таких как цвет или узоры заливки. Тематическая карта также позволяет отображать классификацию на основе атрибутивных данных тематического содержания, что является наилучшей формой для выражения значений предварительного предупреждения и степени предварительного предупреждения. Система предварительного предупреждения для отображения выходных сигналов предварительного предупреждения на основе ГИС представлена на рис. 4. Она включает в себя графические данные и данные атрибутов, стек слоев и отображение тематических карт.

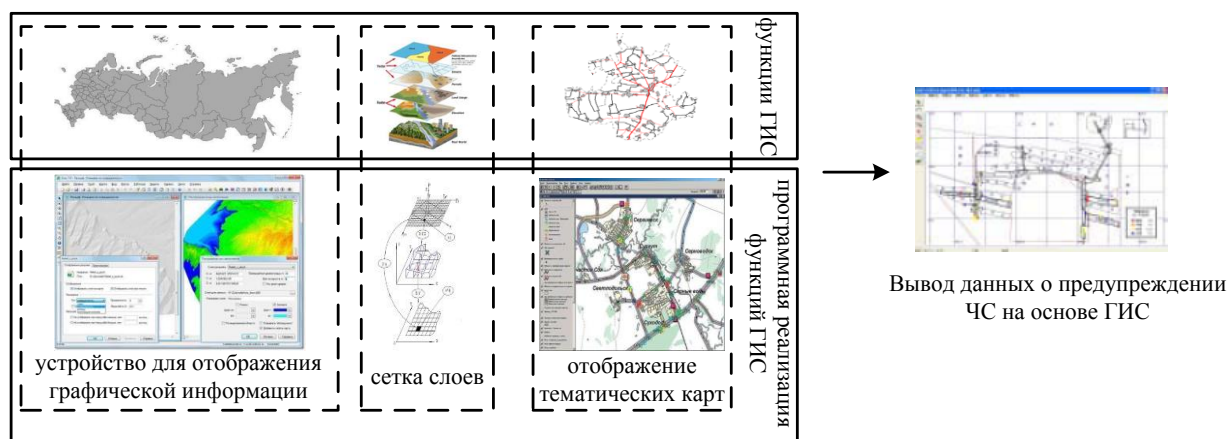


Рис. 4. Режим вывода сигнала предупреждения о происшествии

Логически процесс предварительного предупреждения о возникновении происшествия включает в себя следующие аспекты: четкость и определение контрольных значений о необходимости предупреждения, поиск источников предупреждений, анализ предупреждающих знаков и устранение потенциальных опасностей.

Использование ГИС в системе предварительного предупреждения, в основном, указывает на функцию управления данными, пространственного анализа и отображения результатов. На основе анализа принципа предварительного предупреждения и тематических ГИС карт, стандартный процесс реализации предварительного предупреждения можно представить поэтапно следующим образом:

- на первом этапе осуществляется планирование информации предварительного предупреждения. Задаются уточненные значения предупреждения, а также проверяются данные и их взаимосвязь на предмет отображения в интерфейсе предварительного предупреждения;
- на втором этапе определяются элементы карты и факторы предупреждения для реализации хранения атрибутивной информации, запуска и отображения данных;
- на третьем этапе выполняется векторизация выбранной фоновой карты. Стоит помнить, что многие электронные карты представлены в векторном формате (AutoCAD), их можно преобразовать в подходящий формат ГИС с небольшими изменениями данных;
- четвертый этап заключается в разработке интерфейса системы. Интерфейс должен иметь соответствующий стиль окон, удобный дизайн с функциями ярлыков для удобного использования;
- на пятом этапе реализуется обработка данных и символизация. В основном включают символизацию точечных элементов, линеаризацию элементов, обеспечивается заполнение области региональных элементов и специальной классификации данных, а также градации и символизации, которые необходимы для прогнозирования степени предупреждения;
- шестой этап – вывод информации до предупреждения о происшествии, а именно её прогноз. Степень предупреждения, статистические данные выводятся в соответствии с конкретным индексом объекта для предварительного планирования или предварительного предупреждения о риске.

Литература

1. Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны: Приказ МЧС России от 31 марта 2011 г. № 156. Доступ из инф.-правового портал «Гарант».
2. Максимов А.В. Проблема определения критериев качества данных при чрезвычайных ситуациях // в сб.: Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: матер. II Междунар. науч.-практ. конф. Петровская академия наук и искусств. 2019. С. 33–36.
3. Goodchild M.F. Geographical information science // International Journal of Geographical Information Systems. 1992. № 6–1. P. 31–45.
4. Домаков В.В., Матвеев А.В., Матвеев В.В. Правовые предпосылки национальной трагедии в торгово-развлекательном центре «Зимняя вишня» г. Кемерово // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2018. № 1 (21). С. 48–63.
5. Матвеев А.В. Организационные и методические аспекты обеспечения безопасности потенциально опасных объектов. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 144 с.
6. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 (с изм. и доп.).

СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА СИСТЕМ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены методы расчета стержневых систем. Основное внимание уделено применению матричного исчисления для определения усилий и перемещений в статически определимых и неопределимых системах стержневых элементов. Приведенные расчетные методики реализованы в виде алгоритма и программы, разработанной средствами языка программирования Delphi.

Ключевые слова: алгоритм, матрицы, метод перемещений, метод сил, программа, стержневые элементы

DECREASE OF TECHNOLOGICAL RISKS ON THE BUILDING MATRIX METHOD OF CALCULATION OF THE BAR ELEMENT SYSTEMS

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

This article presents the methods of calculation of the bar element systems. The centre of attention use matrix calculation for determine strength and shifting on the statically determinate and indeterminate bar element systems. The presents methods of calculation realize in form algorithm and program on algorithmic language Delphi.

Keywords: algorithm, matrix, shift method, strength method, program, bar elements

Совершенствование методов расчета строительных конструкций снижает техногенные риски в строительстве, уменьшает вероятность аварийных ситуаций и больших материальных потерь [1].

В строительстве широко распространены системы, состоящие из различных комбинаций стержней – это многопролетные балки, рамы, фермы, арки, вантовые и комбинированные системы [2]. Методы расчета стержневых систем используются для оценки устойчивости и прочности зданий и сооружений.

Стержневые системы по кинематическому признаку могут быть разделены на геометрически изменяемые и неизменяемые. В последних невозможны взаимные перемещения элементов без их деформации, поэтому они используются в строительных конструкциях. Для определения реакций в связях используются два метода: статический и кинематический. Статический метод основан на использовании уравнений равновесия системы и известного из курса сопротивления материалов метода сечений. Кинематический метод основан на использовании известного из курса теоретической механики принципа возможных перемещений.

Усилия в стержнях ферм определяются с помощью двух разновидностей метода сечений: метод вырезания узлов и метод сквозных сечений.

В первом методе для определения усилий в стержнях, сходящихся в узле, составляют два уравнения равновесия: $\sum(X) = 0$ и $\sum(Y) = 0$ для вырезанного узла.

Во втором методе для определения усилий в стержне составляется уравнение моментов всех сил, приложенных к отсеченной части фермы, относительно точки пересечения осей двух других стержней, попавших в разрез (эта точка называется моментной).

Определение перемещений в элементах стержневой системы производится путем определения возможной работы, совершаемой внешней единичной силой, на перемещении по её направлению, вызванном силами внешней нагрузки.

Если задано воздействие на стержневую систему в виде внешних сил, то искомое перемещение можно определить по формуле Максвелла–Мора (интеграл Мора):

$$d = \sum \left[\int \frac{(N_p * N_k * dx)}{(E * F)} \right] + \sum \left[\int \frac{(M_p * M_k * dx)}{(E * I)} \right] + \sum \left[\int \frac{(K_\phi * Q_p * Q_k * dx)}{(G * F)} \right],$$

где N_p , M_p , Q_p – усилия внешней нагрузки; N_k , M_k , Q_k – усилия от единичной силы; E – модуль упругости; I – момент инерции; $G = 0,5 * E / (1 + \mu)$ – модуль сдвига; μ – коэффициент Пуассона; F – площадь поперечного сечения; K_ϕ – коэффициент учета неравномерности распределения касательных напряжений по высоте поперечного сечения (зависит от формы сечения).

Рассмотрим шарнирную ферму, состоящую из N стержней, к узлам которой приложено M сосредоточенных единичных сил (P_1, P_2, \dots, P_m). Это приводит к возникновению

в стержнях усилий $B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im}$. Полное усилие в i -м стержне будет равно сумме усилий от действия каждой силы:

$$S_i = B_{i1} * P_1 + B_{i2} * P_2 + \dots + B_{im} * P_m, \text{ где } i = 1, 2, \dots, N.$$

В матричном виде для напряженного состояния фермы можно записать:

$$S = B * P,$$

где $S[1..N]$ – матрица-столбец усилий, $P[1..M]$ – матрица-столбец нагрузки, $B[N, M]$ – матрица усилий от единичных сил (матрица влияния усилий).

Построим матрицу влияния изгибающих моментов в однопролетной балке. Если единичная сила находится слева от расчетного сечения, то изгибающий момент в этом сечении: $M_k = R * (L - x_k) = (x/L) * (L - x_k)$, а если справа, то:

$$M_k = R * x_k = x_k * (L - x) / L,$$

где R – опорная реакция; x_k – расстояние до заданного сечения; L – длина балки.

С помощью матрицы влияния усилий можно вычислять изгибающие моменты в заданных сечениях балки от любой вариации приложенных сил.

Выражение $S = B * P$, полученное для определения усилий в элементах статически определимых стержневых систем, будет справедливо и для статически неопределимых систем. Для заданной статически неопределимой стержневой системы нужно выбрать основную систему и составить исходные матрицы:

– квазидиагональную матрицу податливости $F[m * m]$, где m – число расчетных сечений (используя известные матрицы податливости отдельных элементов);

– матрицу усилий в расчетных сечениях от единичных значений основных неизвестных сил $V[m * n]$, для чего надо построить эпюры усилий от $X_1=1, X_2=1, \dots, X_n=1$;

– матрицу усилий в расчетных сечениях от единичных значений внешних сил $B_0[m * i]$, где i – число независимых внешних сил;

– матрицу нагрузки $P[i * j]$, где j – число вариантов нагружения.

Далее выполняются следующие матричные операции:

1. Транспонирование матрицы $B \rightarrow B^t$.

2. Произведение матриц: $C[n * m] = B^t[n * m] * F[m * m]$.

3. Определение коэффициентов при основных неизвестных канонических уравнений метода сил: $D[n * m] = C[n * m] * V[m * n]$. Элементами этой матрицы являются перемещения от единичных сил, приложенных по направлениям отброшенных связей.

4. Обращение матрицы $D \rightarrow D_0$.

5. Вычисление свободных членов: $V[n * i] = C[n * m] * B_0[m * i]$.

6. Определение неизвестных от единичной внешней нагрузки: $X[n * i] = - D_0 * V$.

7. Определение усилий в расчетных сечениях: $R[m * i] = V[m * n] * X[n * i]$.

8. Определение усилий в расчетных сечениях от внешней нагрузки: $U[m * i] = B_0 + R$.

9. Определение усилий от каждого варианта нагружения и построение эпюр внутренних усилий: $S[m * j] = U[m * i] * P[i * j]$.

Средствами объектно-ориентированного языка программирования Delphi была разработана программа «Матрицы в строительной механике».

Выбор Delphi определяется следующими основными соображениями [3]:

– большая распространенность этого языка среди инженерно-технических работников;

– простой, легкий в освоении синтаксис языка программирования;

– возможность создания приложения в минимальные сроки и с хорошим качеством;

– отсутствие высоких требований к пользователю, как к программисту;

– возможность повторного использования разработанных на Delphi компонентов, форм и модулей без существенных изменений в приложениях на C++Builder.

Разработанная программа реализует методы расчета статически определимых и неопределимых упругих стержневых систем (балок, рам, ферм, арок и комбинированных систем) с использованием матричного исчисления.

Программа позволяет подготавливать исходные данные путем просмотра встроенной библиотеки стержневых элементов, содержащих элементы матриц податливости, жесткости и реакций на внешнюю нагрузку. В библиотеке элементов представлены подматрицы жесткости и податливости, с помощью которых можно сформировать соответствующие матрицы исходных данных (рис. 1).



Рис. 1.

Программа позволяет также создавать эскизы системы стержневых элементов и по результатам расчетов строить эпюры изгибающих моментов в заданных сечениях системы. Для этого вводятся следующие исходные данные:

- тип опор балки (шарнир–шарнир, жесткая заделка–шарнир, две жестких заделки);
- тип нагрузки: сосредоточенная сила, распределенная нагрузка;
- длина балки;
- величина нагрузки (кН или кН/м);
- расположение сосредоточенной нагрузки (№ участка).

Эпюры изгибающих моментов и окно подготовки данных представлено на рис. 2:

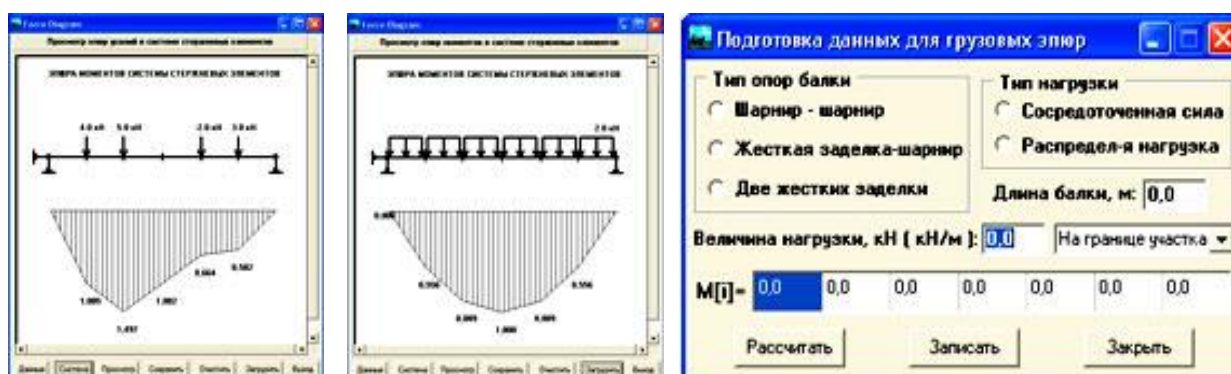


Рис. 2.

Далее производится расчет величины изгибающего момента в шести расчетных сечениях по известным формулам, приведенным в библиотеке стержневых элементов. Затем может быть произведено построение эпюр изгибающих моментов (рис. 3):

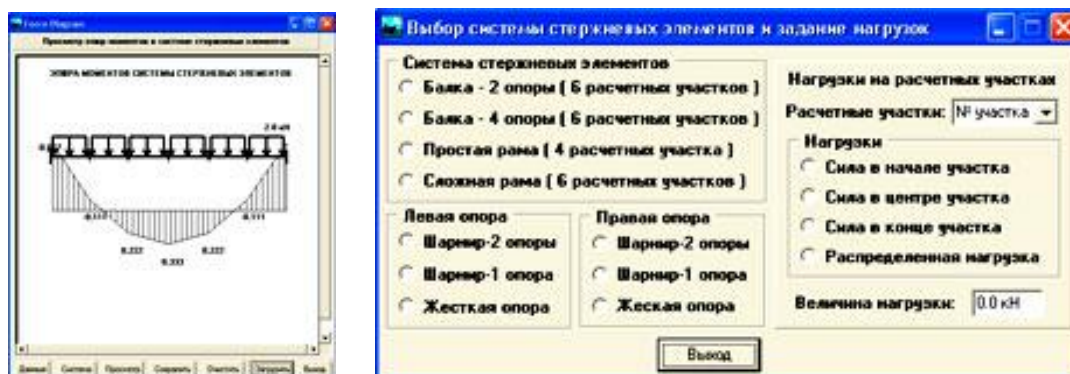


Рис. 3.

Литература

1. Надежность технических систем и техногенный риск / В.С. Артамонов [и др.]: учеб. СПб.: С-Петерб уни-т ГПС МЧС РФ, 2007.
2. Коробко В.И., Коробко А.В. Строительная механика стержневых систем: учеб. М.: АСВ, 2007.
3. Кутьин Н. Основы программирования в Delphi 2007. СПб: БХВ-Петербург, 2009.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГОРИТМОВ ФАЗОВОГО УКРУПНЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Е.С. Калинина, кандидат педагогических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предлагается подход к оценке безопасности сложных технических систем, процесс функционирования которых описывается марковскими и полумарковскими процессами, с использованием алгоритмов асимптотического фазового укрупнения. Приводится классификация алгоритмов фазового укрупнения по свойствам стохастических ядер, задающих опорную и исходную вложенную цепь Маркова.

Ключевые слова: сложная техническая система, безопасность, фазовое укрупнение, марковский процесс, полумарковский процесс

TO THE QUESTION ON USE OF ALGORITHMS IN THE PHASE AGGREGATION IN TASKS OF THE ESTIMATION OF SAFETY OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

E.S. Kalinina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

An approach to the estimation of safety of complex technical systems, the functioning of which is described by Markov and semi-Markov processes, using asymptotic phase aggregation algorithms is proposed. The classification of the phase aggregation algorithms is given according to the properties of stochastic kernels that define the reference and initial nested Markov chains.

Keywords: complex technical system, safety, phase aggregation, Markov process, semi-Markov process

При проектировании информационных систем мониторинга сложных технических систем (СТС) с целью обеспечения их безопасной эксплуатации [1] достаточно богатыми возможностями обладают марковские процессы и их обобщения [2, 3]. Однако с ростом сложности технических систем усложняется используемый математический аппарат, становясь в ряде ситуаций недоступным в практических приложениях.

Основная трудность при разработке аналитических марковских моделей проявляется в существенном усложнении фазового пространства состояний исследуемого объекта, что может привести к практически необозримой модели и невозможности построения марковского графа.

Во многих научных исследованиях при рассмотрении вопросов обеспечения безопасности СТС предпочтение отдается логико-вероятностным моделям, которые на практике оказываются гораздо более компактными, чем марковские модели [4].

Однако при решении ряда практических задач оценки безопасности и расчета надежности СТС с восстановлением использование логико-вероятностных моделей не является оптимальным, так как позволяет рассчитать только точечные временные показатели безопасности в условиях независимого и неограниченного восстановления элементов при работающей системе СТС.

Вместе с тем при решении ряда задач оценки безопасности и расчета надежности СТС аппарат марковских процессов имеет ряд следующих основных преимуществ [5]:

1) марковские модели позволяют учитывать особенности процесса восстановления элементов СТС;

2) с помощью марковских моделей можно рассчитать не только точечные, но интервальные показатели безопасности (например, вероятность безотказной работы (отказа) на интервале времени $(0, t)$).

Одним из основных путей решения проблемы большой размерности марковских моделей при применении их в задачах оценки безопасности СТС является построение укрупненных или объединенных систем меньшей размерности (фазовое укрупнение), основные характеристики которых принимают за характеристики первоначальных моделей.

Задачи фазового укрупнения впервые были рассмотрены более 50 лет назад в работах [6–9] и остаются актуальными по настоящее время при моделировании сложных технических и организационных систем [10–14].

Основная идея фазового укрупнения состоит в преобразовании первоначальной реальной модели R в модель R , которая имеет меньшее число состояний, а ее изучение с целью получения выходных характеристик не приводит к искажению результатов моделирования исходного процесса вследствие значительных потерь объема информации [14].

В процессе укрупнения фазовое пространство состояний X рассматриваемой СТС разбивается на непересекающиеся классы:

$$X = \bigcup_{\alpha \in A} X_{\alpha}, \quad (1)$$

где A – некоторое параметрическое множество.

В одно состояние $X_{\alpha} = \alpha$, $\alpha \in U$ объединяются состояния классов $(X_{\alpha}, \alpha \in U)$ и в укрупненном фазовом пространстве $X = U$ строится новая укрупненная система R , которая функционирует более просто, но при этом достаточно точно описывает функционирование первоначальной системы R .

Доказано, что при укрупнении фазового пространства разбиение на классы X_{α} следует проводить по качественному признаку с инженерно-техническим смыслом. В роли такого качественного признака может выступить замена элементов СТС, перепрограммирование, мониторинг технического состояния, вид функционирования, уровень эффективности и качества функционирования СТС и т.п. [14].

В методе фазового укрупнения для введенного разбиения (1) в фазовое пространство X вводится некоторая вспомогательная опорная система R_0 , которая не имеет связей между классами, что является отличительной особенностью метода фазового укрупнения [10]. Опорная система R_0 состоит из изолированных подсистем на классах X_α , $\alpha \in U$, расщепляет фазовое пространство, а ее свойства учитываются при построении укрупненной системы R для данной первоначальной системы R .

Чем ближе реальная система R к опорной системе R_0 , тем точнее укрупненная система R должна описывать первоначальную систему R . Приближение свойств реальной системы R к опорной R_0 указывает с одной стороны на слабость связей между классами X_α , $\alpha \in U$, а с другой – на необходимость их учета.

В качестве математических моделей реальных систем, используемых в задачах оценки безопасности СТС, для которых применимы алгоритмы фазового укрупнения, можно рассматривать марковские и полумарковские процессы, задаваемые полумарковским ядром $Q(t, x, B)$, $t \geq 0$, в измеримом фазовом пространстве (X, B) , $B \in \mathcal{B}$ [10]. В качестве математических моделей опорных систем можно рассматривать также марковские и полумарковские процессы, задаваемые полумарковским ядром $Q_0(t, x, B)$, $t \geq 0$ с эргодическими классами состояний X_α , $\alpha \in U$:

$$X = \bigcup_{\alpha \in A} X_\alpha.$$

Для формализации степени приближения реального процесса к соответствующему опорному процессу с полумарковским ядром $Q_0(t, x, B)$ вводится малое возмущение полумарковского ядра опорного процесса, которое приводит к реальному процессу, формализуемому полумарковским ядром $Q_\varepsilon(t, x, B)$ [11].

При этом выполняется предельное соотношение:

$$Q_\varepsilon(t, x, B) \rightarrow Q_0(t, x, B) \text{ при } \varepsilon \rightarrow 0. \quad (2)$$

Соотношение (2) может быть интерпретировано следующим образом: реальная система с малой вероятностью переходит из одного класса X_α в другой X_β , а в основном функционирует по состояниям какого-либо класса X_α .

Переход от реальной модели системы с полумарковским ядром $Q_\varepsilon(t, x, B)$ к укрупненной с полумарковским ядром $Q_0(t, x, B)$ происходит в новой временной шкале, а математическим обоснованием перехода от реальной модели к укрупненной являются предельные теоремы вида [8]:

$$R_\varepsilon(t/\varepsilon^d, x, B) \rightarrow R(t) \text{ при } \varepsilon \rightarrow 0. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует следующий важный вывод: при наблюдении реальной системы, близкой к опорной системе, через достаточно большие промежутки времени эволюция реальной системы будет происходить в соответствии с функционированием укрупненной системы [9].

Одним из значимых результатов укрупнения является возможность использования моделирования марковскими процессами для описания функционирования укрупненной системы. Для описания функционирования реальной системы необходимо использовать более сложные полумарковские процессы [13].

Таким образом, использование марковских процессов в качестве моделей оценки безопасности СТС не является следствием ограничений, которые накладываются на СТС, а являются результатом расщепления фазового пространства состояний и склеивания

состояний, принадлежащих одному и тому же классу, а переходы СТС между классами состояний подчиняются марковскому свойству. Следовательно, в алгоритмах фазового укрупнения проявляется естественная закономерность в функционировании сложных систем.

Если не учитывать переходы системы внутри отдельного класса (игнорировать детали эволюции), то исчезает зависимость переходов от эволюции системы внутри классов. При этом время пребывания в каждом классе накапливается в виде суммы большого (случайного) числа случайных величин – времен пребывания в отдельных состояниях, что при естественных исходных предположениях позволяет считать его распределенным по показательному закону [9].

Основное математическое предположение, при котором строятся рассматриваемые далее алгоритмы фазового укрупнения, состоит в следующем: функционирование реальных систем описывается полумарковскими процессами.

Существенная информация о реальной системе содержится в стохастическом ядре:

$$P = P(x, B), x \in X, B \in \mathcal{B},$$

задающем вложенную цепь Маркова [9]. Близость реальной системы к опорной означает, что стохастическое ядро представимо в виде:

$$P = P_0 + C, \quad (4)$$

где P_0 – описывает вложенную цепь Маркова опорного процесса, а возмущение C характеризует близость реальной системы к опорной (точность алгоритмов фазового укрупнения). Выбор опорной системы для данной реальной системы состоит, по существу, в построении ядра P_0 . Представление (4) является важным исходным пунктом алгоритмов укрупнения. По свойствам ядра P_0 классифицируют различные типы систем.

Выбор ядра P_0 в формуле (4) и расщепление фазового пространства состояний (1) должны быть согласованы между собой таким образом, чтобы классы X_α , $\alpha \in U$ были эргодическими классами для опорной вложенной цепи Маркова.

Как правило, исходными данными при построении алгоритмов фазового укрупнения являются: расщепление фазового пространства (1) и представление о стохастическом ядре, слагаемые которого согласованы с непараметрическим множеством непересекающихся классов (1).

Для каждой конкретной реальной СТО расщепление фазового пространства и стохастическое ядро строятся на основе физических соображений с учетом специфики эволюции системы и определяются неоднозначно.

Следует признать несомненным достоинством алгоритмов фазового укрупнения свободу выбора опорной системы в формуле (4) и расщепления (1). Однако поиск ответа на вопрос о наиболее оптимальном осуществлении расщепления для наиболее полного описания функционирования реальной СТС является проблемной инженерной задачей. С математической точки зрения при заданных слагаемых стохастического ядра (P и P_0) построение укрупненной системы осуществляется однозначно. Однозначность построения укрупненной системы обоснована единственностью результата предельного перехода, представленного в формуле (3) [8, 9].

Важной особенностью метода фазового укрупнения систем является возможность иерархии укрупнения, с помощью которой путем рассмотрения исходной системы на классах X_α можно регулировать степень детализации описания процесса функционирования СТС.

Границы применимости алгоритмов фазового укрупнения определяются для каждого конкретного класса случайных процессов обоснованием метода фазового укрупнения в предельных теоремах [8].

В алгоритме фазового укрупнения исходными данными являются следующие данные о реальной системе:

- 1) вероятности перехода исходной вложенной цепи Маркова с ядром P ;
- 2) стационарное распределение опорной вложенной цепи Маркова с ядром P_0 ;
- 3) средние времена пребывания в отдельных состояниях полумарковского процесса, описывающего реальную систему.

При укрупнении полумарковских систем предполагаются заданными следующие характеристики:

- 1) функционирование исходной реальной системы описывается полумарковским процессом $\xi(t)$ в фазовом пространстве (X, B) , задаваемым полумарковским ядром $Q(t, x, B)$;
- 2) времена пребывания Θ_x в состояниях $x \in X$ полумарковского процесса $\xi(t)$ имеют конечные математические ожидания:

$$m(x) = M\Theta_x = \int_0^{\infty} \bar{G}_x dt;$$

- 3) вероятности перехода $P(x, B)$ реальной вложенной цепи Маркова $(\xi_n, n \geq 0)$ и вероятности перехода $P_0(x, B)$ опорной вложенной цепи Маркова $(\xi_n^0, n \geq 0)$. При этом опорная цепь Маркова выбирается так, чтобы имела место близость (в определенном смысле) стохастических ядер P и P_0 :

$$P - P_0 = O(\gamma),$$

где γ – малый параметр;

- 4) расщепление фазового пространства:

$$X = \sum_{k=0}^N X_k, \quad X_k \cap X_r = \emptyset, \quad k \neq r,$$

согласованное со стохастическим ядром $P_0(x, B)$ так, чтобы $X_k, k = \overline{0, N}$ стали замкнутыми эргодическими классами опорной вложенной цепи Маркова.

Алгоритмы фазового укрупнения классифицируются по свойствам стохастических ядер P_0 и P , задающих опорную и исходную (реальную) вложенную цепь Маркова. Прежде всего, различаются системы с поглощением и без поглощения.

Для систем с поглощением один из классов X_0 является классом поглощающих состояний для исходной вложенной цепи Маркова; остальные $X_k, k = \overline{1, N}, k \neq 0$ являются эргодическими классами опорной цепи Маркова. Иначе говоря, опорная вложенная цепь Маркова задается стохастическим ядром P_0 в фазовом пространстве:

$$X^0 = X \setminus X_0.$$

Для систем без поглощения все $X_k, k = \overline{0, N}$ являются эргодическими классами опорной цепи Маркова.

В свою очередь, системы с поглощением классифицируются следующим образом [9]:

- 1) системы с одним классом эргодических состояний:

$$X = X^0 \cup X_0,$$

где X^0 – эргодический класс опорной вложенной цепи Маркова; X_0 – совокупность поглощающих состояний исходной вложенной цепи Маркова;

2) системы с несколькими классами эргодических состояний X_k , $k = \overline{1, N}$, $N > 2$ и классом поглощающих состояний X_0 , так что:

$$X = X^0 \cup X_0, X = \sum_{k=1}^N X_k.$$

Системы с одним классом эргодических состояний различаются как [9]:

1) системы без восстанавливаемых состояний, у которых опорная вложенная цепь Маркова не имеет невозвратных состояний;

2) системы с восстанавливаемыми состояниями, в которых происходит восстановление рабочих функций системы (путем восстановления, ремонта, резервирования и т.п.).

В качестве иллюстрации рассмотрим укрупнение состояний полумарковского процесса технической эксплуатации воздушных судов.

В общем случае, процесс технической эксплуатации воздушного судна можно представить пространством основных состояний [15]: S_1 – воздушное судно в полете; S_2 – обеспечение вылета в рейсе; S_3 – восстановление повреждений в рейсе; S_4 – простои по метеоусловиям в рейсе; S_5 – подготовка к рейсу в базовом аэропорту; S_6 – в резерве; S_7 – неиспользуемое исправное; S_8 – задержано по метеоусловиям и запретам; S_9 – на оперативных видах технического обслуживания; S_{10} – на устранении неисправностей; S_{11} – на периодических видах технического обслуживания; S_{12} – неисправность по организационным причинам; S_{13} – на устранении конструктивно-производственных недостатков; S_{14} – на восстановлении повреждений; S_{15} – на расследовании авиационных происшествий и предпосылок к ним; S_{16} – в ремонте.

Алгоритм фазового укрупнения с поглощением позволяет построить простейшую адекватную графическую модель процесса технической эксплуатации воздушного судна (рис.) с укрупненным пространством состояний [15]:

$X_1 = \{S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4\}$ – воздушное судно в рейсе (класс эргодических состояний);

$X_2 = S_5$ – подготовка к рейсу в базовом аэропорту;

$X_3 = \{S_6 \cup S_7 \cup S_8\}$ – воздушное судно в ожидании рейса;

$X_4 = \{S_9 \cup S_{10} \cup S_{11} \cup S_{12} \cup S_{13} \cup S_{14} \cup S_{15} \cup S_{16}\}$ – воздушное судно в неисправном состоянии (класс восстанавливаемых состояний).

Построенная модель может быть использована при решении задач оценки безопасности полетов воздушных судов.

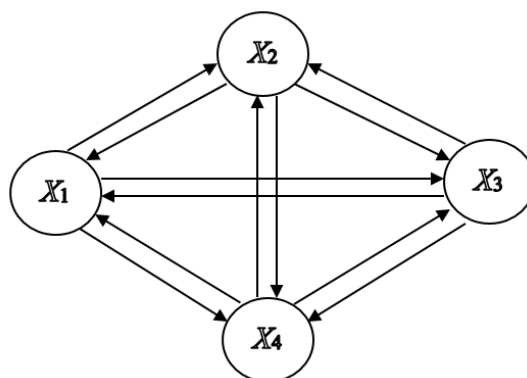


Рис. Граф укрупненных состояний и переходов

Рассмотренные алгоритмы укрупнения допускают реализацию с помощью таких инструментов, как Mathcad или MATLAB, с выполнением операций в числовом или аналитическом виде [14].

Метод фазового укрупнения значительно упрощает решение многих задач оценки безопасности сложных технических систем, что позволяет использовать его в образовательном процессе вузов МЧС России при реализации прикладной направленности обучения математическим и естественнонаучным дисциплинам [16], при развитии проектной и исследовательской деятельности обучающихся [17].

Литература

1. Калинина Е.С., Еременко С.П. Мониторинг как инструмент безопасности сложных технических систем // В сб.: Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения: матер. IX Всерос. науч.-практ. конф. С-Петербур. ун-т ГПС МЧС России. 2017. С. 156–160.
2. Викторова В.С., Лубков Н.В., Степанянц А.С. Надёжность технических систем. Обеспечение и анализ // В сб.: Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2016): тр. XVI междунар. молодёж. конф. 2016. С. 14–18.
3. Бармин И.В., Каджаев В.Л. Обеспечение приемлемого уровня надёжности и безопасности стартового комплекса // Космонавтика и ракетостроение. 2012. № 3 (68). С. 135–143.
4. Барановский В.В., Короткова Т.Ю., Коновалов М.Ю. Использование логико-вероятностных методов для оценки безопасности и надёжности ТЭС как структурно-сложных технических систем // Энергобезопасность и энергосбережение. 2015. № 2. С. 5–9
5. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надёжности технических систем. М.: Издательская группа URSS, ООО «ЛЕНАНД», 2016. 256 с.
6. Романовский В. Дискретные цепи Маркова. М.: Гостехиздат, 1949. 436 с.
7. Кемени Д., Снелл Д. Конечные цепи Маркова. М.: Наука, 1970. 272 с.
8. Королюк В.С., Турбин А.Ф. Полумарковские процессы и их приложения. Киев: Наукова Думка, 1976. 184 с.
9. Королюк В.С., Турбин А.Ф. Фазовое укрупнение сложных систем. Киев: Вища школа, 1978. 112 с.
10. Дайнеко С.Г. Марковские процессы в моделировании СТД // Петербургский журнал электроники. 1997. № 2 (15). С. 43–47.

11. Дайнеко С.Г. Количественные требования к системам технического диагностирования судовых комплексов // Записки по гидрографии. 2003. № 259. С. 18–24.
12. Geiger B., Temmel C. Lumpings of Markov chains, entropy rate preservation, and higher-order lumpability // Advances in Applied Probability. 2014. 51(4). p. 1114–1132.
13. Копп В.Я., Заморёнов М.В., Заморёнова Д.В. Использование алгоритма фазового укрупнения при моделировании систем // В сб.: Автоматизация и приборостроение: проблемы, решения: матер. междунар. науч.-техн. конф. Севастопольский гос. ун-т. 2016. С. 3–7.
14. Зеленцов Б.П. Укрупнение состояний марковских процессов на основе частот // Вестник СибГУТИ. 2018. № 2. С. 8–21.
15. Ицкович А.А., Смирнов Н.Н., Файнбург И.А. Проверка адекватности полумарковской модели управляемых процессов поддержания летной годности воздушных судов // Научный вестник Московского гос. техн. ун-та гражданской авиации. 2012. № 178. С. 71–77.
16. Власов Д.А., Синчуков А.В. Стратегия развития методической системы математической подготовки бакалавров // Наука и школа. 2012. № 5. С. 61–65.
17. Селеменова Т.А. Проектная технология как средство профессиональной подготовки в вузах МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. Т. 1. С. 571–573.



ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

О СПЕЦИФИКЕ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ К АВАРИЙНОМУ РЕАГИРОВАНИЮ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ РАДИАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный
работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Совершенствование подготовки личного состава пожарно-спасательных подразделений федеральной противопожарной службы МЧС России по радиационной безопасности и защите обсуждается в качестве важного условия минимизации тяжести последствий радиационных аварий. Научно-обоснованные базовые знания о радиации и радиометрии рассматриваются как условие конструктивного поведения при чрезвычайных ситуациях радиационного характера. Приведены доводы в пользу актуализации специальной подготовки пожарных к аварийному реагированию на чрезвычайную ситуацию радиационного характера и повышения радиационной культуры у всего населения.

Ключевые слова: пожары на атомных электростанциях, радиационная безопасность, аварийное реагирование, радиационные аварии, подготовка пожарных

ON THE SPECIFICS OF TRAINING RESCUE UNITS FOR EMERGENCY RESPONSE TO AN EMERGENCY OF A RADIATION NATURE

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

Improving the training of personnel of fire and rescue units of the federal fire service of EMERCOM of Russia on radiation safety and protection is discussed as an important condition for minimizing the severity of the consequences of radiation accidents. Scientifically-based basic knowledge of radiation and radiometry is considered as a condition for constructive behavior in emergency situations of a radiation nature. The arguments in favor of updating the special training of firefighters for emergency response to an emergency of a radiation nature and increasing the radiation culture of the entire population are presented.

Keywords: fires at nuclear power plants, radiation safety, emergency response, radiation accidents, training of firefighters

Радиационная безопасность и защита представляют собой специфическую область теоретических и практических знаний о защите человека от опасного воздействия радиации (ионизирующего излучения) и о минимизации тяжести последствий облучения. Действие радиации на живой организм представляет собой сложное явление, включающее многообразие тесно взаимосвязанных реакций. По современным воззрениям, радиация даже в относительно малых дозах вызывает повреждающий эффект. Понимание опасности воздействия радиации

на человека развивалось постепенно, до 40-х гг. прошлого столетия радиационная защита представлялась проблемой, имеющей только теоретическое значение. Использование источников радиации в медицине, создание атомного оружия и затем развитие атомной энергетики способствовали становлению, развитию и применению научно-обоснованных и технически разработанных мер защиты от опасного воздействия радиации [1].

Имевшие место пожары и аварии на объектах атомной энергетики и активное участие пожарно-спасательной службы в минимизации их последствий сделали риск воздействия радиации профессиональным фактором риска пожарных. В условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) радиационного характера коллективная безопасность доминирует над индивидуальным риском, а пожарные, наряду с военнослужащими и персоналом объекта, входят в группу риска (группа А), что объясняет необходимость высокого уровня подготовки личного состава по радиационной безопасности и защите и постоянной поддержке знаний на протяжении всего периода службы. Это касается не только пожарных частей атомных электростанций (АЭС), но и территориальных пожарно-спасательных подразделений.

Как поражающий фактор радиация отличается от других факторов тем, что абсолютно не ощущается человеком – ее не видно, не слышно, у нее нет вкуса. Степень опасности радиационной обстановки оценивается либо из получаемой официальной информации, либо по показаниям приборов и для адекватной оценки степени риска облучения необходимы научно-обоснованные базовые знания о радиации как о физическом явлении, элементарные знания по радиометрии и о биологических эффектах воздействия радиации на живые организмы. Такие знания лежат в основе конструктивного безопасного поведения в экстремальной ситуации на радиационно-загрязненной территории и обеспечивают осознанное соблюдение правил безопасности и средств защиты.

Сегодня нет такой сферы хозяйствования, в которой не используются источники радиации, что объясняет постоянно существующий риск возникновения ЧС и актуальность готовности пожарно-спасательной службы к ликвидации и минимизации последствий пожаров и аварий на потенциально-опасных объектах. Несмотря на тот факт, что вероятность ЧС, связанных с ядерными и радиационными инцидентами и авариями, невелика, необходимость постоянной готовности к ним обусловлена тяжелыми последствиями экологического, экономического, политического и социального характера. Временной фактор играет ведущую роль в развитии тяжести и масштабности негативных последствий радиационной аварии и быстрое реагирование, своевременное принятие мер по защите населения и территорий является важнейшим условием результативности аварийно-спасательных работ. При этом трансграничность последствий радиационных аварий требует принимать во внимание риск аварий и в пограничных странах.

Основные потенциально-опасные объекты в плане риска возникновения ЧС общеизвестны – это АЭС, физико-энергетические установки научных и хозяйственных объектов, лесные пожары на радиационно-загрязненных территориях (РЗТ), возникших в результате ранее имевших место радиационных аварий и катастроф, как в нашей стране, так и за рубежом, и возможные террористические акты с использованием радиоактивных материалов [2–4]. Проблема защиты населения и территорий от опасного воздействия радиации приобрела сегодня глобальный характер, и мероприятия по обеспечению радиационной безопасности и защиты разрабатываются в международном масштабе. Об этом свидетельствует функционирование большого числа международных организаций, включающих комиссии и комитеты, которые собирают и анализируют информацию о самых различных аспектах воздействия радиации на живые организмы (Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР), Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ), Международная комиссия по радиологическим единицам и измерениям (МКРЕ), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Международная ассоциация по радиационной защите (МАРЗ) и т.д.). Эти организации дают обоснованные рекомендации по соблюдению принципов и правил радиационной безопасности, на основе которых создаются действующие национальные правила радиационной безопасности.

Международной организацией по вопросам использования АЭС является Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), в состав которой входит и Россия.

Особенности радиационной безопасности, как специализированной научно-практической области знаний состоят в том, что она объединяет вопросы и проблемы физики, химии, радиобиологии, экологии и т.д. Это объясняет разнообразие и разнохарактерность обозначений и терминов в данной области знаний и трудность ее освоения в непрофильных учебных заведениях. Во второй половине XX в., после ряда трагических событий на АЭС мира, во многих странах были открыты курсы для населения с целью формирования научно-обоснованной позиции в отношении радиации, а в учебных заведениях введена отдельная дисциплина по основам радиационной безопасности, ориентированной не на ядерные взрывы (это прерогатива гражданской обороны), а на аварии и катастрофы мирного времени, последствия которых имеют иной характер и требуют иного подхода к соблюдению безопасности и защиты. Об этом свидетельствует накопленный мировой опыт пожаров и аварий на АЭС. За весь период эксплуатации АЭС (с 1954 г.) произошло достаточное количество пожаров и аварий на АЭС, из которых крупномасштабными являются:

- первый крупный пожар на АЭС произошел в 1975 г. на американской станции Браунс Ферри. Благодаря ему стал понятен характер опасности пожаров на АЭС, и возникла такая область науки, как пожаробезопасность АЭС;

- в 1979 г. произошла серьезная радиационная авария на американской АЭС на Трехмильном Острове, сопоставимая с аварией на Чернобыльской АЭС. Погибло два человека, но вследствие неорганизованной эвакуации населения (около 200 тыс. чел.) произошли многочисленные столкновения и аварии с жертвами на дорогах. Эта авария приостановила на долгие годы развитие атомной энергетики в США, но, к сожалению, история развития данной аварии особо не обсуждалась в США (по политическим причинам), и опыт ликвидации последствий не привлек должного внимания в других странах;

- в 1986 г. имела место авария на АЭС в Чернобыле, последствия которой гласно и широко до сих пор обсуждаются во всем мире;

- в 2011 г. произошла крупномасштабная авария на японской АЭС «Фукусима», которая произошла по иным причинам и развивалась иначе, чем Чернобыльская, но борьба с тяжелыми последствиями аварии продолжается до настоящего времени. В Приморских районах Дальнего Востока в России были приняты предупредительные серьезные и очень затратные мероприятия для защиты населения от возможных последствий загрязнения территорий [2].

Приведенная информация объясняет актуальность совершенствования специальной подготовки пожарно-спасательных подразделений к ведению работ по ликвидации последствий ЧС радиационного характера. Минимизация тяжести последствий радиационной аварии для населения и природопользования в значительной степени зависит от готовности личного состава пожарно-спасательных подразделений к аварийному реагированию. Личный состав первым вступает в борьбу с огнем в самый опасный и непредсказуемый период развития аварийной ситуации. Наиболее убедительным примером является тушение пожаров на АЭС и героические действия пожарных в Чернобыле в 1986 г. [5–7]. Эта ЧС выявила много проблем, в том числе, необходимость совершенствования знаний высшего командного звена федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России в области радиационной безопасности и защиты.

Медицинские, социальные, экологические, экономические и политические аспекты последствий Чернобыльской катастрофы широко обсуждались в научной литературе. НКДР выпустил отчет по результатам анализа исследований, проведенных ведущими учеными мира. В российской научной литературе опыт Чернобыля, включая организацию и проведение аварийно-спасательных работ, рассматривали и обсуждали специалисты разного профиля. Международные форумы и конференции посвящались проблемам, с которыми столкнулись пожарные подразделения [6]. Российские специалисты провели

сложный ретроспективный анализ доз облучения пожарных и персонала [7, 8]. Проведенные исследования позволили выявить факты, свидетельствующие о неподготовленности многих служб к конструктивному ведению первоочередных аварийно-спасательных работ в условиях воздействия радиации. Отсутствовал радиационный контроль в ранний период аварии, имело место непонимание ситуации и растерянность руководства, многие проблемы решались по ходу работ. Все это послужило причиной облучения людей в смертельных дозах.

Спустя 25 лет после катастрофы в Чернобыле случилась радиационная катастрофа на японской АЭС «Фукусима». И здесь также имела место непроработанность нештатной ситуации (запредельной радиационной аварии), медлительность и нерешительность японского руководства, что явилось причиной перехода аварии в катастрофу, с последствиями, не ликвидированными до сих пор [8].

В Чернобыле не была организована радиационная разведка, которую следует вести одновременно с разведкой пожара, эшелоны, которые ждали своей очереди, стояли на радиационно-загрязненной территории. В дальнейшем в течение пяти лет проводились восстановительные работы, в которых участвовало более 500 тыс. ликвидаторов, среди них более 50 тыс. сотрудников Государственной противопожарной службы (ГПС). Согласно анализу доз облучения ликвидаторов, большую часть дозы они получали не на месте выполнения работ, а по пути следования к ним. Город Славутич был построен на цезиевом пятне, в связи с чем истрачены большие средства на последующую дезактивацию и т.д.

Во многих странах мира опыт Чернобыля и Фукусимы был принят к сведению, внесены изменения в программу подготовки командного состава пожарной охраны с учетом современных положений радиационной безопасности и защиты, пожарные команды оснащены современными приборами для оперативного дозиметрического контроля со шкалой в единицах СИ. Основы радиационной безопасности и защиты признаны обязательной частью профессиональной подготовки командного состава спасательных подразделений. О необходимости актуализации проблемы совершенствования подготовки личного состава к ведению аварийно-спасательных работ в условиях с воздействием радиации свидетельствуют и события после 1986 г. [9]. С 1993 по 2000 гг. имели место пожары как на российских, так и на зарубежных АЭС, а также попытки организации террористических актов с использованием радиоактивных материалов. С начала XXI в. число пожаров на АЭС России заметно уменьшилось, но в период с 2011 по 2018 гг. в открытой печати появлялись сообщения о возникновении пожаров на АЭС в разных странах мира. По данным мировой статистики, в настоящее время ежегодно в мире происходит два–три пожара на АЭС. Приведенные факты являются серьезными аргументами в пользу существующего риска ЧС радиационного характера и необходимости совершенствования подготовки командного состава ФПС ГПС МЧС России по основам радиационной безопасности и защиты. Как свидетельствует накопившийся опыт, к ликвидации последствий крупных ЧС привлекаются и территориальные пожарные части, в том числе и при тушении лесных пожаров на РЗТ [9].

В настоящее время сложившаяся практика подготовки, относящаяся к радиационной безопасности, в вузах страны не дает полной осведомленности о последствиях ЧС мирного времени, поскольку в основе лежат программы по гражданской обороне, ориентированные на ядерные взрывы. В то же время известно, что на АЭС ядерный взрыв невозможен вследствие недостаточного количества обогащенного урана, а возможен тепловой взрыв и выброс радиоактивных веществ с тяжелыми экологическими последствиями. Программы подготовки должны быть составлены с ориентацией на ЧС мирного времени и направлены, во-первых, на формирование теоретических базовых знаний о радиации – о физической природе, свойствах ионизирующего излучения, о современных величинах и единицах измерения, биологических эффектах; и, во-вторых, на принципы и правила радиационной безопасности, основанные на гигиеническом нормировании, дозиметрическом контроле и средствах защиты. Без базовых знаний невозможно формирование безопасного поведения,

основанного на осознанном соблюдении правил и мер защиты. Знания основ радиометрии позволяют адекватно оценить радиационную обстановку с помощью контрольно-измерительных приборов и обеспечить защиту ограничением времени нахождения в радиационном поле и расстоянием от опасных источников.

Важным моментом подготовки по радиационной безопасности и защите в вузах ФПС МЧС России является обеспеченность учебной литературой, адаптированной для обучающихся непрофильного вуза. Научный материал должен быть изложен в приемлемой форме, без ненужной сложности, иллюстративен и ориентирован на экстремальные ситуации мирного времени, которые существенно отличаются от ситуаций военного времени. Поражающие факторы ядерного и теплового взрыва на АЭС отличаются, существуют и особенности развития событий, и их последствия. В мирное время используются более точные измерительные приборы, дозиметрический контроль ведется постоянно по ходу выполняемых работ, различен и выбор приоритетов среди способов и методов защиты.

Для формирования уверенности в надежности средств защиты и минимизации тяжести облучения необходима и медико-психологическая (целевая) подготовка, исключающая негативную психоэмоциональную и психосоматическую реакцию – радиофобию, чрезвычайно опасное для здоровья человека состояние. Опасно и противоположное поведение – игнорирование риска облучения. Не ощущая радиацию, человек привыкает к ситуации и начинает пренебрегать правилами защиты. Поэтому командиры должны быть готовы к тому, чтобы поддерживать у личного состава, с одной стороны, определенное чувство опасности, принимая во внимание специфику радиации (не ощутима), а с другой – поддерживать уверенность в выполнении поставленных задач и возможности минимизации тяжести облучения.

Для организации медико-психологической подготовки кроме специальных занятий в учебно-тренировочных классах необходим просмотр подобранных специалистами документальных фильмов и мультимедийного материала с объективным анализом ситуаций, имевших место в мировой и отечественной практике ликвидации пожаров и аварий на радиационно-опасных объектах.

Серьезным аргументом в пользу необходимости введения специального курса радиационной безопасности в программу учебных заведений ФПС ГПС МЧС России являются и неудовлетворительные результаты проведенного ранее тестирования личного состава ряда пожарных формирований и будущих специалистов, обучающихся в вузах, по вопросам, касающимся радиации [10, 11].

Существует и такой аспект проблемы, как зависимость результативности работ по минимизации тяжести ЧС от грамотного безопасного поведения населения, которое также основано на базовых знаниях о радиации. Научно-обоснованная позиция в отношении к радиации снижает риск развития паники и препятствует развитию радиофобии. Следует учитывать роль средств массовой информации (СМИ) на формирование оценки радиационной обстановки – нельзя допускать выступления неквалифицированных специалистов и общественности, радиологическая культура которых остается низкой. В Чернобыле даже для ликвидаторов пришлось проводить ликбез путем распространения популярных листовок о радиации. Аналогичная ситуация имела место и через 25 лет в Приморских районах России после аварии на Фукусиме, но здесь работа с населением включала контроль СМИ и была организована грамотно и эффективно с помощью Интернета.

С конца XX в. регулярно проводятся опросы разных групп населения в разных странах, включая Россию. К сожалению, несмотря на научно-технические достижения, эти знания не отвечают современным требованиям, остаются неудовлетворительными или вообще отсутствуют. Такая ситуация характерна даже для населения, проживающего в районах расположения АЭС. Результаты проведенных в последние несколько лет опросов населения по-прежнему показывают неполноценные или искаженные знания о радиации,

недостаточные для безопасного поведения не только в аварийных ситуациях, но и в повседневной жизни [12, 13].

Таким образом, приведенные факты свидетельствуют, с одной стороны, в пользу совершенствования подготовки личного состава пожарно-спасательных подразделений к аварийному реагированию на чрезвычайную ситуацию радиационного характера, а с другой стороны, в пользу актуализации распространения научно-популярных знаний среди всего населения с целью формирования научно-обоснованной позиции в отношении радиации для минимизации риска развития радиофобии, предупреждения паники и снятия психоэмоционального напряжения.

Литература

1. Коннова Л.А. Хронология открытий в области радиологии и история становления и развития учебной дисциплины «Радиационная безопасность» // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2016. № 4 (33). С. 66–78.
2. Романович И.К. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. 336 с.
3. Яргин С.В. Лесные пожары в радиоактивно загрязненных зонах // Мед. рад. и рад. безоп. 2011. № 3. С. 74
4. The U.S. – Russia Joint Threat Assessment on Nuclear Terrorism // Belfer Center for Science and International Affairs.-Institute for U.S. and Canadian Studies, 2001. P. 48
5. Микеев А.К. Пожары на радиационно-опасных объектах. Факты. Выводы. Рекомендации. М.: ВНИИПО МВД России, 2000. 346 с.
6. Балонов М.И. Международная оценка последствий Чернобыльской аварии: Чернобыльский форум ООН (2003–2005) и НКДАР ООН (2005–2008) // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4. № 2. С. 31–39.
7. Барабанова А.В., Осанов Д.П. Зависимость тяжести лучевых поражений кожи от глубинного распределения дозы бета-излучения у пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС // Мед. радиология. 1993. Т.38. № 2. С. 28–31.
8. Блинова И.В., Соколова И.Д. Ликвидация последствий аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. // Атомная техника за рубежом. 2012. № 4. С. 3–15.
9. Азбучник радиационной безопасности и защиты: учеб. пособие. СПб.: С-Петербург. ун-т ГПС МЧС России / под общ. ред. Э.Н. Чижикова. 2016. 200 с.
10. Москаленко С.А., Коннова Л.А. Педагогический подход к подготовке специалистов ФПС МЧС России в области радиационной безопасности и защиты // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 167–172.
11. Матвеев Н.В., Коннова Л.А. Вклад базовых знаний о радиации в повышение уровня подготовки личного состава пожарно-спасательных подразделений к выполнению работ в условиях чрезвычайных ситуаций радиационного характера // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 3. С. 129–135.
12. Уровень знаний населения по основным вопросам радиационной безопасности / Зеленцова С.А. [и др.] // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8. № 4. С. 52–61.
13. Соколов Н.В. [и др.]. Проблемы риск-коммуникации при обеспечении радиационной безопасности: представление о радиации и атомной отрасли в массовом сознании по результатам социологических исследований в Санкт-Петербурге, Ленинградской и Мурманской областях проведенных специалистами МАГАТЭ // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10. № 3. С. 46–56.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ОГNETУШАЩИХ ПОРОШКОВ

А.С. Константинова;

Д.Ф. Кожевин, кандидат технических наук, доцент;

А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проанализированы отечественные и зарубежные работы по исследованию физико-химических свойств огнетушащих порошков, преимущественно те, в которых рассмотрено влияние фракционного состава на огнетушащую способность. Обоснована актуальность изучения распределения фракций порошка в поперечных сечениях газопорошкового потока в связи с отсутствием работ по данному вопросу.

Ключевые слова: огнетушащий порошок, фракционный состав, физико-химические свойства порошка, огнетушащая способность

RUSSIAN AND FOREIGN EXPERIENCE OF DRY CHEMICAL POWDER PROPERTIES EVALUATION

A.S. Konstantinova; D.F. Kozhevin; A.S. Polyakov.

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

Russian and foreign works on research of fire-extinguishing powders physical and chemical properties, mainly which the influence of fractional composition on fire-extinguishing capacity is considered, were analyzed. The relevance of studying the distribution of powder fractions in the cross sections of the gas powder stream due to the lack of work on this issue is justified.

Keywords: fire extinguishing powder, fractional composition, physical and chemical properties of powder, fire extinguishing capacity

Характеристики огнетушащего порошка [1], определяемые его физико-химическими свойствами, условно можно разделить на две половины:

– эксплуатационные (склонность к слеживанию, склонность к влагопоглощению, способность к водоотталкиванию, срок сохраняемости и др.), обеспечивающие неизменность свойств порошка в течение срока хранения;

– кинематические (площадь отдельной частицы, включая фракционный состав и кажущуюся плотность порошка), так как они определяют движение частиц в газопорошковым потоке.

В настоящем исследовании внимание акцентировано на характеристиках второй половины. Оно выполнено с целью повышения огнетушащей эффективности порошковых средств пожаротушения на основе регулирования движения частиц порошка в нестационарном газовом потоке.

В статье проанализированы опубликованные работы отечественных и зарубежных авторов о свойствах огнетушащих порошков и выявлены недостаточно изученные вопросы, решения которых могут быть использованы для достижения цели исследования.

Опубликованные работы отечественных и зарубежных авторов за последнее десятилетие по преобладающей тематике условно разделены на 2 группы: к первой группе отнесены работы по изучению химических свойств порошков [2, 3], а ко второй – исследующие свойства различных фракций порошка [4–8].

В работе Д.Н. Лапшина [2] установлено, что гигроскопичность, эффективность диспергирования и гидрофобизации фосфатов аммония в значительной степени зависят

от состава содержащихся в них примесей. Предпочтительно применение негорючей основы, не содержащей соединений фторида аммония и фосфата магния. Им же определено, что при температурах пламени выше 700 °С охлаждающее действие огнетушащего порошка преобладает в начальный момент времени, а далее тушение пожара обусловлено образованием полифосфатного плава на поверхности горящего вещества.

Химический состав порошка определяет тепловой эффект разложения его частиц. Установлено, что разложение композиции на основе моноаммонийфосфата сопровождается поглощением большего количества энергии (на 17 %) , чем при использовании аммофоса [3]. Теми же авторами обнаружено синергическое действие компонентов огнетушащего порошка на величину эндотермического эффекта его разложения. Разница энтальпий по сравнению с суммарным значением энергий термического разложения каждого компонента составляет 30 %.

Следует отметить, что в работах первой группы недостаточно исследована значимость гранулометрических характеристик порошков для тушения пожара.

Ко второй группе авторами отнесены работы О.Ю. Сабинина [4] и зарубежных исследователей [5–8]. Исследован огнетушащий эффект порошкообразной «сухой воды» при тушении пожара класса А [7], представляющей собой частицы, состоящие из водной сердцевины, покрытой слоем частиц кремнезема. «Сухая вода» была разделена с помощью сит на три фракции: малого размера (около 110 мкм), среднего размера (около 220 мкм) и большого размера (около 400 мкм). Наибольшую огнетушащую способность показала фракция среднего размера. Авторы объяснили этот эффект оптимальным балансом между охлаждающим эффектом водной сердцевины частиц и огнетушащим эффектом кремнезема их оболочки.

В работе [5] изучено влияние размеров частиц огнетушащего порошка класса ВС и скорости нагрева на их разложение. Экспериментально установлено, что после измельчения образцов температура разложения снижается, а скорость пиролиза увеличивается. Значение энергии активации составило 77,13–219,78 кДж/моль, 58,18–288,67 кДж/моль и 44,59–209,17 кДж/моль для порошка с размером частиц 48,99; 27,24 и 4,93 мкм соответственно. В работе не исследована способность мелких фракций преодолевать конвективные потоки, исходящие от пламени.

Сабининым О.Ю. [4] выявлены оптимальные характеристики огнетушащих порошков применительно к подаче с помощью импульсных модулей пожаротушения. При таком способе подачи конвективные потоки направлены противоположно движению порошка. Установлен критический минимальный диаметр частиц, менее которого они не достигают очага пожара из-за конвективных газовых потоков. При применении огнетушителя их воздействие снижается, оператор подает струю порошка под углом, отличным от прямого, к направлению движения конвективных потоков. Очевидно, что критический диаметр частицы, определенный автором для модулей пожаротушения, не применим в случае подачи порошка с помощью огнетушителя.

В работе [6] авторами экспериментально изучена зависимость огнетушащей способности порошка на пожаре класса В от распределения частиц по размерам. Эта способность увеличивается с уменьшением размеров частиц. Обнаружено резкое ее увеличение при размере частиц 40 мкм и менее. Минимальная огнетушащая концентрация порошка такого размера составила 23 г/м³.

В работе [8] авторами изучено влияние размеров частиц гидроксида магния на огнетушащий эффект. Очаг пожара класса В устанавливали внутри кубической камеры с ребром 1 м и подавали порошок сверху, имитируя действие модуля пожаротушения. Исследованы фракции размером 2, 5, 10 и более 20 мкм. Обнаружено, что огнетушащий эффект повышается с уменьшением размера фракций. При этом существует пороговое значение размера (5 мкм), ниже которого частицы не проникают в зону пожара.

Рассмотренные работы отвечают на вопрос об огнетушащей способности фракций порошка различного размера, не учитывая распределение фракций в потоке порошка при его движении к очагу горения.

В работе [9] авторами исследованы гранулометрические характеристики огнетушащих порошков «Фоскон-430» и «Вексон». Показано, что, несмотря на соблюдение производителем всех требований нормативных документов, действительное распределение фракций остается неизвестным даже в нормированных диапазонах.

Авторами статьи обобщены сведения о заявленном производителями фракционном составе других широко распространенных на рынке марок огнетушащих порошков (рис. 1–4).

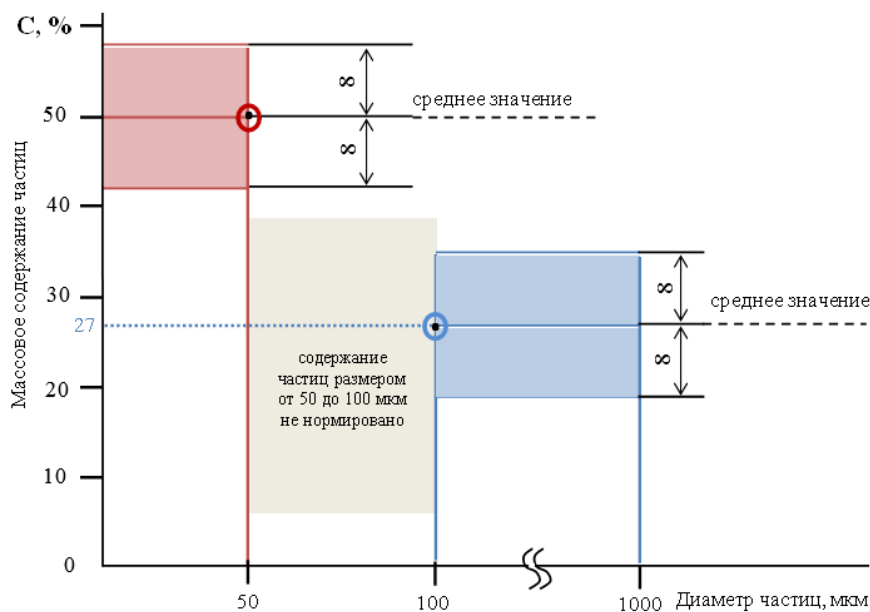


Рис. 1. Распределение частиц порошка «Вексон-ABC 25» (ТУ 2149-028-10968286-2014)

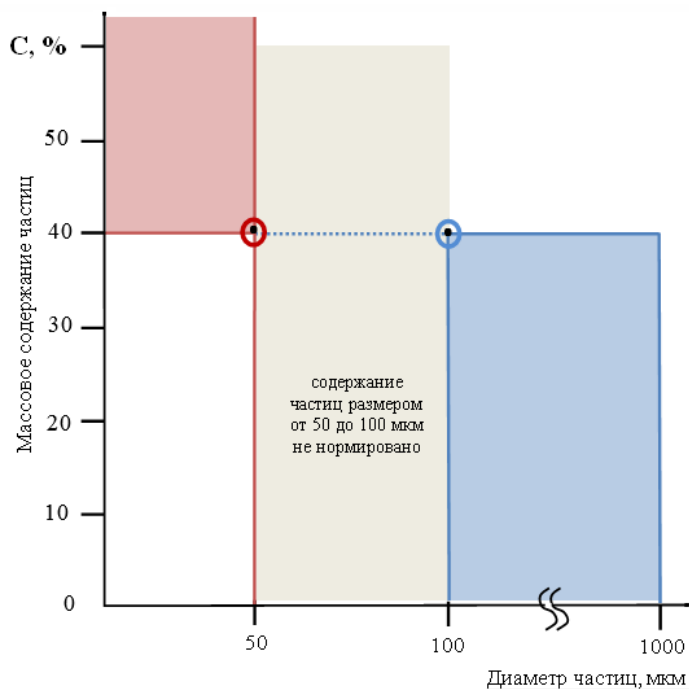


Рис. 2. Распределение частиц порошков «Вексон-ABC 25» (ТУ 2149-028-10968286-96) и ЛИКВИД-ABCE (ТУ 2149-306-10968286-2016)

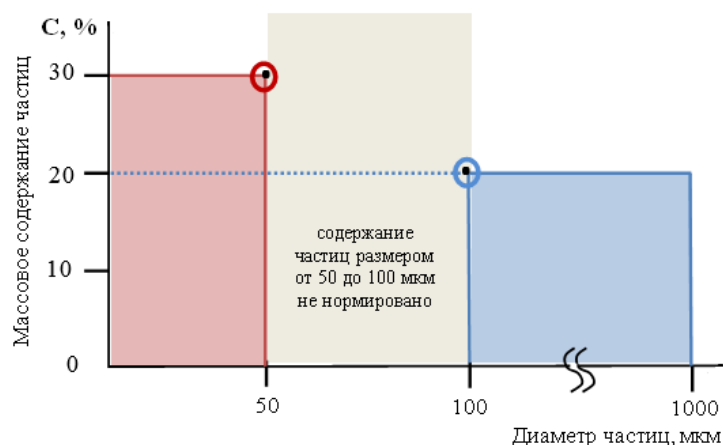


Рис. 3. Распределение частиц порошка «П-АГС (АВСЕ)» по ТУ 2149-001-00159158-99

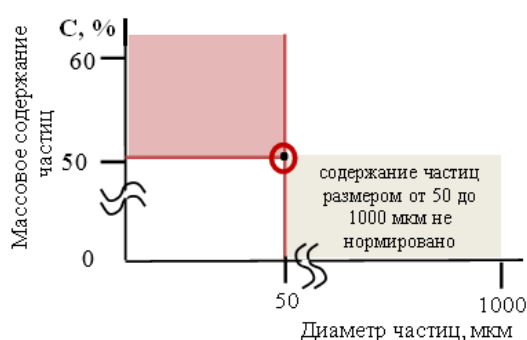


Рис. 4. Распределение частиц порошка «Феникс АВС-40» (ТУ 2149-005-18215408-00)

Аналогичная информация о других порошках («Вексон-АВС 50», «Волгалит-АВС» и «Иркут») приведена в таблице.

Таблица. Заявленное производителем содержание частиц в порошке

Марка порошка и технические условия на производство	Содержание частиц размером, % (масс)	
	менее 50 мкм	более 100 мкм
Вексон-АВС 50 ТУ 2149-028-10968286-2014	55 ± 8	23 ± 8
Волгалит-АВС ТУ 2149-005-57847408-2015	≤ 60	≤ 25
Иркут ТУ 2149-002-51518690-14	≥ 45	≤ 35

Приведенные данные подтверждают неопределенность распределения различных фракций в порошках, представленных на рынке. При выполнении дальнейших исследований необходимо уточнение распределения фракций порошков.

Как известно, на достоверность результатов ситового анализа влияют следующие факторы:

- 1) соответствие сеток сит требованиям нормативных документов;
- 2) отношение объема просеиваемой навески порошка к площади сита;
- 3) длительность просеивания навески, интенсивность и амплитуда встряхиваний.

Допускаемые отклонения среднего арифметического размера стороны ячейки сетки в свету, размера стороны отдельной увеличенной ячейки и допускаемое число ячеек

с максимально увеличенными размерами сторон в свету установлены стандартом [10]. Второй и третий факторы нормативными документами не регламентированы, что не дает возможности определить точность метода ситового анализа [11].

В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России проводятся исследования распределения фракций порошка в нестационарном газовом потоке [12–14]. В работе [12] исследовано такое распределение без влияния конвективных потоков от очага пожара. В области предполагаемого осаждения порошка предварительно раскладывали бумажные подложки известной массы и размера. Огнетушащий порошок подавали с помощью ручного огнетушителя. После полного осаждения частиц самой мелкой фракции взвешивали каждую подложку и строили граничные линии распределения фракций порошка в нестационарном газовом потоке.

Способ позволяет определить фракционный состав суммарной массы осевших фракций в поперечном сечении потока, но не дает сведений о фракционном составе в каждой его точке. Для получения такой информации разработан и запатентован способ определения распределения огнетушащего порошка в поперечном сечении нестационарного газового потока [13, 14]. Пробы порошка в каждой точке сечения улавливают с помощью сборников, установленных в отверстиях координатного стола, плоскость которого ориентирована перпендикулярно движению газопорошкового потока. Фракционный состав порошка в каждой точке сечения определяют методом ситового анализа – в эксперименте использованы три фракции размером 40...199, 200...449 и 450...629 мкм. Точность метода обеспечена тем, что используемые сетки проверены на соответствие [10] с помощью микроскопирования, предварительно экспериментально определены оптимальные отношение объема просеиваемой навески порошка к площади сита, длительность просеивания навески, интенсивность и амплитуда встряхиваний.

Погрешность определения фракционного состава в точках сечения в условиях сходимости составляет порядка 16 % при доверительной вероятности $p=0,95$. Статистическая значимость результатов проверена по критерию Фишера. Способ позволяет выявлять наиболее эффективные средства подачи порошка посредством оценки их влияния на распределение фракций в потоке.

Таким образом, по результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Нормативными документами не регламентированы первостепенные факторы, влияющие на достоверность результатов ситового анализа. Это не позволяет оценить точность метода определения гранулометрических характеристик порошков. Целесообразна доработка стандартов в части, касающейся методики ситового анализа.

2. Установлена целесообразность исследования распределения фракций порошка в поперечных сечениях газопорошкового потока. Авторами разработаны способ и методика изучения такого распределения фракций, определена точность результатов в условиях сходимости. Позже следует проверить воспроизводимость результатов (по работе не менее двух лабораторий).

Литература

1. ГОСТ Р 53280.4–2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Ч. 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.11.2019).

2. Лапшин Д.Н. Модифицирование огнетушащих порошковых составов на основе фосфата и сульфата аммония в условиях интенсивных механических воздействий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Иваново.: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2014. 16 с.

3. Лапшин Д.Н., Смирнов С.А., Кунин А.В. Исследование теплового эффекта разложения огнетушащих порошковых композиций // Матер. XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Волгоград, 25–30 сент. 2011 г.

4. Сабинин О.Ю. Оптимальные характеристики огнетушащих порошков и параметры их подачи для импульсных модулей порошкового пожаротушения: дис. ... канд. техн. наук. М., 2008.
5. Huang D., Wang X., Yang J. Influence of Particle Size and Heating Rate on Decomposition of BC Dry Chemical Fire Extinguishing Powders // *Particulate Science and Technology*. 2015. Vol. 33, issue 5. P. 488–493.
6. Yan Y., Han Z., Zhao L., Du Z., Cong X. Study on the relationship between the particle size distribution and the effectiveness of the K-powder fire extinguishing agent // *Fire and Materials*. 2018. Vol. 42, issue 3. P. 336–344.
7. Lee E., Choi Y. Effects of Particle Size of Dry Water on Fire Extinguishing Performance // *Journal of the Korean Society of Safety*. 2019. Vol. 34, issue 3. P. 28–35.
8. Liu H., Zong R., Lo S., Hu Y., Zhi Y. Fire Extinguishing Efficiency of Magnesium Hydroxide Powders under Different Particle Size // *Procedia Engineering*. 2018. Vol. 211. P. 447–455.
9. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Гранулометрические характеристики огнетушащих порошков // *Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)*. 2014. № 1 (9). С. 48–52.
10. ГОСТ 3826–82. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.11.2019).
11. ГОСТ Р ИСО 5725-1–2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.11.2019).
12. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Способ и результаты оценки распределения частиц огнетушащих порошков в потоке аэрозоля // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2014. № 3 (31). С. 60–67.
13. Polyakov A.S., Kozhevin D.F., Konstantinova A.S. Regularities of dry chemical powder particles mass distribution in cross sections of a non-stationary gas stream // *Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» – Reports in English. Part 2. May 16–17, 2019. Beijing, PRC*.
14. Способ определения распределения массы частиц огнетушащего вещества в нестационарном газовом потоке: пат. RU 2705914 С1 Рос. Федерация: Кожевин Д.Ф., Константинова А.С., Поляков А.С.; заявл. 28.01.19, опубл. 12.11.19, Бюл. № 32 .

МОДЕЛЬ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНДУКЦИОННОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Показаны направления необходимых технологических мероприятий, уменьшающих риск возникновения аварийных ситуаций в технологических трубопроводах в процессе перекачивания нефтепродуктов. Предложена схема и состав индукционной нагревательной системы. Установлено, что одновременное тепловое и магнитное воздействие на углеводороды уменьшает интенсивность образования парафиновых отложений

на внутренних поверхностях. Проанализирована система дифференциальных уравнений и представлена модель, описывающая процесс конвективного теплообмена при образовании парафиновых отложений на внутренних поверхностях трубопроводов. Представлены результаты использования моделирующего комплекса «Ansys» в получении графической зависимости температуры потока по длине трубопровода в случае для различных режимов течения жидкости.

Ключевые слова: парафиновые отложения, индукционная нагревательная система, электромагнитное поле, среднечастотный диапазон, ламинарный режим, турбулентный режим, коксовые отложения

THERMAL INFLUENCE MODEL OF AN INDUCTION HEATING SYSTEM IN TECHNOLOGICAL PIPELINES

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

We showed directions of the necessary technological measures that reduce the risk of emergencies in technological pipelines in the process of petroleum products pumping. We proposed scheme and construction of the induction heating system. It was found that simultaneous thermal and magnetic effect on hydrocarbons reduces the rate of paraffin deposits formation on internal surfaces. We analyzed system of differential equations and presented model that describes the process of convective heat transfer during paraffin deposits formation on pipelines internal surfaces. We presented results of «Ansys» modeling complex using in obtaining a graphical dependence of the flow temperature along the length of the pipeline in the case for various modes of fluid flow.

Keywords: paraffin deposits, induction heating system, electromagnetic field, mid-frequency range, laminar mode, turbulent mode, coke deposits

В процессе транспортировки нефтепродуктов при определенных условиях теплообмена с окружающей средой на внутренних поверхностях технологических трубопроводов появляются твердые парафиновые отложения, которые могут полностью закупорить канал и привести к аварии с тяжелыми последствиями. Это обуславливает актуальность разработки методов, направленных на предотвращение процессов отложения парафинов и соответствующих технических средств, позволяющих реализовать эти методы.

В источнике [1] установлено, что интенсивность образования таких отложений на внутренних поверхностях трубопроводов зависит, в том числе, от падения температуры потока перекачиваемых нефтепродуктов, что делает актуальным проведение необходимых технологических мероприятий, уменьшающих риск возникновения аварийных ситуаций, в двух направлениях:

- уменьшение тепловых потерь за счет повышения эффективности работы теплоизоляционного слоя (увеличение толщины, переход к материалам с меньшим коэффициентом теплопроводности);
- компенсация тепловых потерь за счет физического воздействия внешних источников.

Одним из способов технической реализации внешнего источника тепла, осуществляющего локальный подогрев потока нефтепродуктов, перемещающихся по технологическому трубопроводу, является использование индукционной нагревательной системы (ИНС), работающей в среднечастотном диапазоне [2]. Преимуществом применения ИНС заключается в возможности локального нагрева участка трубопровода, наиболее подверженного образованию твердых парафиновых отложений. К ним относятся участки технологических трубопроводов, где происходит турбулентное перемешивание перекачиваемых нефтепродуктов (повышенная шероховатость внутренней поверхности,

регулирующая арматура, изменение рабочего сечения трубопровода), что увеличивает скорость выделения парафина. Схема ИНС, применяемая для локального нагрева участка технологического трубопровода, представлена на рис. 1.

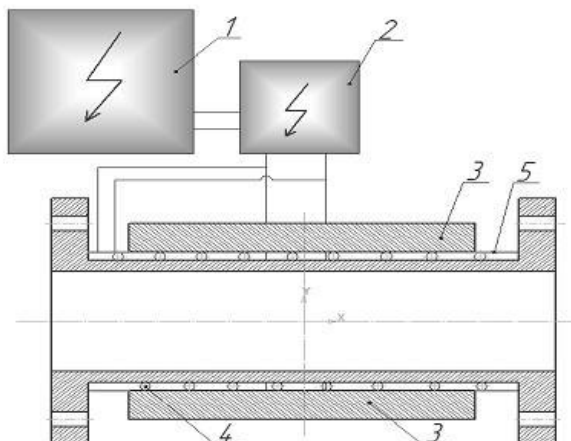


Рис. 1. Схема индукционной нагревательной системы:

**1 – генератор электромагнитных колебаний; 2 – среднечастотный трансформатор;
3 – электромагнит; 4 – индукционный проводник; 5 – слой теплоизоляции**

В ИНС должен входить источник питания генератора, который содержит нагрузочный колебательный контур, состоящий из среднечастотного трансформатора и электромагнита, генерирующего переменное электромагнитное поле, а также индукционного проводника, представляющего собой обмотку вокруг слоя тепловой изоляции цилиндрическую спираль.

Переменное электромагнитное поле в металле технологического трубопровода вызывает вихревые токи, вследствие действия которых, в соответствии с законом Джоуля-Ленца, выделяется тепловая энергия, которая способствует нагреву и последующему расплавлению тонкого парафинового слоя, прилегающего к внутренней поверхности технологического трубопровода.

В источниках [3, 4] утверждается, что одновременное тепловое и магнитное воздействие на углеводороды уменьшает интенсивность образования парафиновых отложений на внутренних поверхностях трубопроводов, что можно объяснить разрушением микроструктур, которые состоят из ферромагнитных соединений, входящих в перекачиваемые нефтепродукты. Внешнее электромагнитное поле способствует образованию дополнительных центров кристаллизации в потоке перекачиваемых нефтепродуктов и тем самым препятствует накоплению парафиновых отложений на внутренней поверхности технологического трубопровода.

Выбор среднечастотного диапазона в работе ИНС обусловлен тем, что тепловая энергия в этом случае выделяется в металлической стенке технологического трубопровода без использования для этого промежуточного теплоносителя. Величина температуры на внутренней поверхности технологического трубопровода определяется, в том числе, и частотой индуцируемого электрического тока в металле. При этом с увеличением частоты генерируемых электромагнитных колебаний уменьшается толщина прогреваемого слоя, однако плотность выделяемого теплового потока q и мощность, расходуемая на прогрев пограничного слоя перемещаемого потока нефтепродуктов, увеличивается [2]. Толщину зоны возникновения вихревых токов Δ можно определить с использованием следующего эмпирического уравнения:

$$\Delta \approx 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}},$$

где ρ – удельное сопротивление металла технологического трубопровода; μ – относительная магнитная проницаемость металла трубопровода; f – генерируемая частота электромагнитных колебаний.

Существенным фактором, влияющим на эффективность применения ИНС для уменьшения интенсивности образования парафиновых отложений на внутренних поверхностях трубопроводов, является интенсивность конвективного теплопереноса, которая определяется в значительной степени режимом движения потока нефтепродуктов.

Для описания процессов теплопередачи потока жидкости с учетом ламинарного режима течения, используется система дифференциальных уравнений в цилиндрических координатах, состоящая из уравнения передачи энергии (1), уравнений движения жидкости (2÷4), уравнения неразрывности (5) и уравнения теплопередачи (6): [5]

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + w_r \frac{\partial t}{\partial r} + w_z \frac{\partial t}{\partial z} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q}{\rho \cdot c_p}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial w_r}{\partial \tau} + w_r \frac{\partial w_r}{\partial r} + \frac{w_r}{r} \cdot \frac{\partial w_r}{\partial \varphi} - \frac{w_\varphi^2}{r} = \nu \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial w_r}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w_r}{\partial \varphi^2} - \frac{w_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \cdot \frac{\partial w_\varphi}{\partial \varphi} \right], \quad (2)$$

$$\frac{\partial w_\varphi}{\partial \tau} + w_r \frac{\partial w_\varphi}{\partial r} + \frac{w_r}{r} \cdot \frac{\partial w_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{w_\varphi w_r}{r} = \nu \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial w_\varphi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w_\varphi}{\partial \varphi^2} - \frac{w_\varphi}{r^2} - \frac{2}{r^2} \cdot \frac{\partial w_r}{\partial \varphi} \right], \quad (3)$$

$$w_r \frac{\partial w_r}{\partial r} + \frac{w_\varphi}{r} \cdot \frac{\partial w_r}{\partial \varphi} = \nu \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial w_r}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w_r}{\partial \varphi^2} \right], \quad (4)$$

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial (r \cdot w_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w_\varphi}{\partial \varphi} = 0, \quad (5)$$

$$\alpha = - \frac{\lambda}{t_w - t_f} \left(\frac{\partial t}{\partial r} \right)_{r \rightarrow 0}, \quad (6)$$

где r, φ, z – оси цилиндрической системы координат; w_r, w_φ, w_z – скорость перемещения потока нефтепродуктов в направлении осей r, φ, z соответственно; a – коэффициент температуропроводности нефтепродукта; ρ – плотность перемещаемых нефтепродуктов; c_p – удельная (массовая) изобарная теплоемкость нефтепродукта; ν – коэффициент кинематической вязкости нефтепродукта; α – коэффициент конвективного теплообмена между потоком перекачиваемого нефтепродукта и внутренней поверхностью технологического трубопровода; t_w – температура внутренней поверхности технологического трубопровода; t_f – температура перекачиваемого нефтепродукта.

Решение системы дифференциальных уравнений (1÷6) возможно при определении соответствующих начальных условий:

$$t(r, \varphi, z)_{\tau=0} = t_o; w_{z, \tau=0} = w_o.$$

В случае течения ламинарного потока нефтепродуктов по технологическому трубопроводу практически теплообменом между параллельными слоями жидкости можно пренебречь [6]. В этом случае внешний источник тепловой энергии может поддерживать ее равномерное радиальное распределение в тепловом поле, что дает возможность задания граничных условий первого рода.

$$t_{z=0} = t_f; \left(\frac{\partial t}{\partial r} \right)_{r=R} = 0; w_{z,r=0} = w_{\max}; w_{z,r=R} = w_{\min} \rightarrow 0.$$

Численное решение системы дифференциальных уравнений (1÷6) возможно на основе использования моделирующего комплекса «Ansys», который дает возможность на основе графоаналитического метода сформировать картину трехмерного температурного поля по сечению технологического трубопровода. Прогнозируемая зависимость средней температуры потока нефтепродуктов по длине технологического трубопровода диаметром 100 мм в случае ламинарного режима течения жидкости представлена на рис. 2.

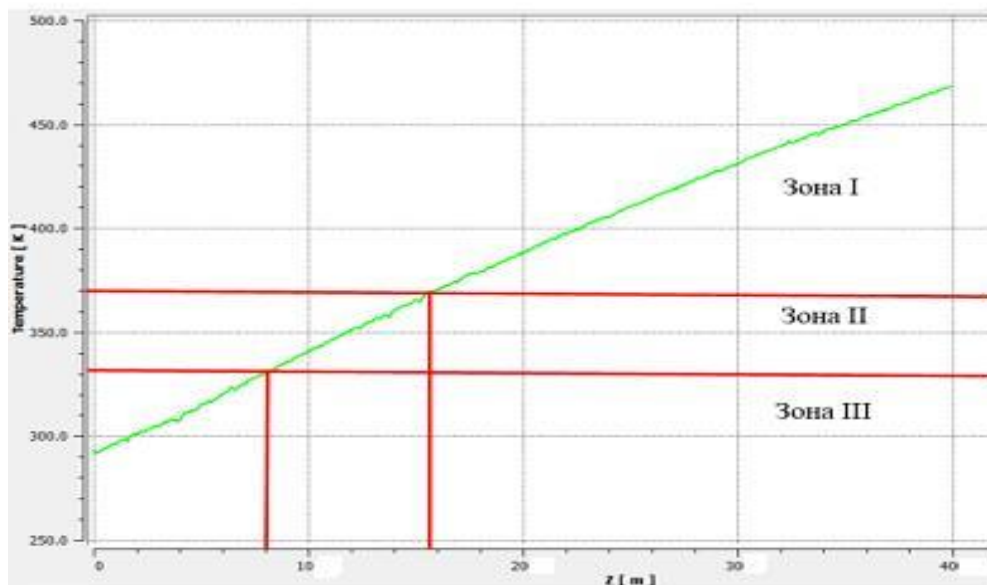


Рис. 2. Распределение температуры в трубопроводе в случае воздействия ИНС при ламинарном режиме

Полученные результаты моделирования при воздействии ИНС на поток нефтепродуктов позволяют выделить на графической зависимости температуры жидкости по длине технологического трубопровода три характерные зоны:

- зона 1 (аварийный режим), в которой происходит образование коксовых отложений в пограничном слое, причем подобный процесс может привести к изменению состава перекачиваемых нефтепродуктов;
- зона 2 (зона перегрева), в которой образования коксовых отложений на внутренней поверхности технологического трубопровода не происходит;
- зона 3 (оптимальный режим), которая характеризуется высокой энергетической эффективностью использования ИНС, применение которой не приводит к структурному изменению нефтепродуктов в процессе их перемещения по технологическому трубопроводу.

Графическая зависимость средней температуры потока нефтепродуктов по длине технологического трубопровода в случае турбулентного режима течения жидкости представлена на рис. 3.

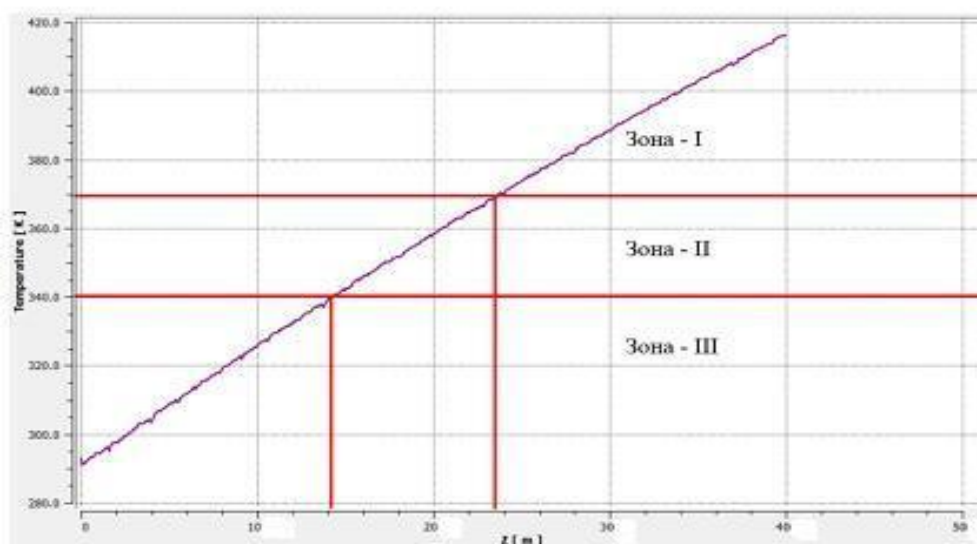


Рис. 3. Распределение температуры в трубопроводе в случае воздействия ИНС при турбулентном режиме

Сравнение результатов моделирования распределения температур в случае турбулентного режима движения с данными, характерными для ламинарного движения нефтепродуктов по технологическому трубопроводу при воздействии на жидкость ИНС, позволяет сделать следующие выводы:

- при одинаковой интенсивности индукционного воздействия на поток нефтепродуктов, перемещающийся по технологическому трубопроводу, длина прогреваемого участка в случае ламинарного режима движения жидкости составляет примерно 70 % от протяженности прогреваемого участка в случае турбулентного режима;
- в случае ламинарного режима течения жидкости возрастание скорости перемещения сопровождается увеличением градиента температуры и наблюдается более глубокое проникновение тепловой энергии вглубь потока жидкости;
- увеличение скорости течения потока жидкости не приводит к значительному увеличению длины нагреваемого участка технологического трубопровода.

Литература

1. Коптева А.В. Асфальто-смолопарафиновые отложения в магистральных нефтепроводах и необходимость борьбы с ними // *Международ. науч. журнал «Путь науки»*. 2015. № 5 (15). С. 36–39.
2. Кислицын А.А. Численное моделирование высокочастотного электромагнитного прогрева диэлектрической пробки, заполняющей трубу // *Прикладная механика и техническая физика*. 1996. № 3. С. 75.
3. Тронов В. П. Механизм образования смолопарафиновых отложений и борьба с ними на нефтепромыслах. М.: Недра, 1970. 240 с.
4. Лесин В. И. Магнитные депарафинизаторы нового поколения // *Изобретения и рациональные предложения в нефтегазовой промышленности*. 2001. № 1. С. 18–20.
5. Конесев С.Г., Хлюпин П.А. Математическая модель тепловых режимов изотермических трубопроводов // *Науч.-техн. и производств. журнал «Вести высших учебных заведений Черноземья»*. Липецк: ЛГТУ. 2008. № 3 (13). С. 46–47.
6. Фатыхов М.А., Багаутдинов Н.Я., Фатыхов Л.М. Предотвращение отложения парафина, солей и гидратов // *Нефтепромысловое дело*. 2007. № 7. С. 48–51.



ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГАШЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА

С.В. Саркисов, доктор технических наук, доцент;

Г.В. Макачук, кандидат педагогических наук, доцент.

**Военный институт (инженерно-технический) Военной академии
материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева.**

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный
работник высшей школы Российской Федерации.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложено устройство против гидравлического удара, эксплуатация которого позволяет увеличить срок службы трубопроводов и минимизировать аварии на системах жизнеобеспечения военной инфраструктуры.

Ключевые слова: гидравлический удар, устройство для гашения, водопроводная сеть

HYDRAULIC SUSPENSION DEVICE

S.V. Sarkisov; G.V. Makarchuk.

Military institute (engineering) of the Military academy logistics support named after army general A.V. Hrulev;

L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Proposed devices against water hammer, the operation of which allows to increase the service life of pipelines and minimize accidents on the life support systems of military infrastructure.

Keywords: water hammer, damping device, water supply network

Общая протяженность городских систем водоснабжения, в том числе и для обеспечения нужд военной инфраструктуры, в Российской Федерации составляет 550 тыс. км. Износ трубопроводов водопроводных сетей превышает 60 % . Количество аварий составляет порядка 20 на 100 км в год, а потери воды в среднем около 23 % от общего объема подачи, включая несанкционированные врезки [1].

Ежегодный темп износа водопроводной сети составляет около 3 %, а плановый ремонт позволяет восстановить лишь 1,4 %. Таким образом, ежегодный рост количества трубопроводов, на которых обнаруживается различного рода дефекты, составляет 1,6 %. При таком темпе увеличения количества поврежденных трубопроводов и непринятии мер по реконструкции и модернизации трубопроводных сетей через 38 лет из строя выйдет 100 % водопроводных сетей [1].

К типичным дефектам водопроводной сети относятся:

- образование свищей;
- разрывы швов;
- образование микротрещин и продольных трещин;

– деформация труб.

В большинстве случаев к данным дефектам в системе водоснабжения приводит гидравлический удар – резкий перепад давления жидкости в трубопроводе, возникающий в результате стремительного изменения скорости движения воды. Основные причины возникновения гидравлического удара в системе водоснабжения:

1. Резкое перекрытие или открывание запорно-регулирующей арматуры, меняющее скорость потока.

2. Включение или выключение насосного оборудования, провоцирующее изменения напора в сети.

3. Резкий перепад сечения труб в коммуникациях.

4. Наличие преград на пути перемещения рабочей среды. Такими преградами могут быть воздушные пробки, противоположно направленный поток и прочее.

Для недопущения увеличения износа трубопроводов и минимизации аварий на системах жизнеобеспечения военной инфраструктуры требуется незамедлительно решить проблемы, вызванные данными причинами.

Кафедрой системы жизнеобеспечения военной инфраструктуры Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва был проведен анализ существующих устройств против гидравлического удара (RU 118 715 U1, опубликовано: 27.07.2012 г., Бюл. № 21, патент RU № 2 360 177 C1, опубликовано: 27.06.2009 г., Бюл. № 18) и рассмотрены их недостатки [2, 3]. К данным недостаткам относятся:

– засорение отверстий перфорированного трубопровода и невозможность их прочистки;

– застой воды в демпфирующих камерах, приводящий к зарастанию перфорированной перегородки гидравлической полости и запорной арматуры, установленной между демпфирующей камерой и цилиндрической предкамерой;

– износ упругих элементов и эластичной диафрагмы демпферной камеры, а также невозможность ремонта и замены этих элементов;

– недостаточная степень снижения гидроудара при повышенных давлениях нагнетания и больших диаметрах магистральных трубопроводов.

Для устранения перечисленных недостатков было разработано устройство по оптимизации и реконструкции систем водоснабжения. Данное устройство предотвращает воздействие гидравлического удара на участках системы водоснабжения, наиболее подверженных влиянию гидравлического удара.

Устройство для гашения гидроударов в системах напорных трубопроводов, транспортирующих жидкости, содержит полый непроточный демпфирующий элемент. Данный элемент выполнен в виде последовательно соединенных камеры, соединительного патрубка и входного фланца. Устройство дополнительно снабжено:

– гидравлическим узлом, содержащим цилиндрическую камеру с входным и выходным основаниями, соединенную с входным патрубком, входящим внутрь цилиндрической камеры через входное основание;

– выходным фланцем, соединенным с цилиндрической камерой посредством промежуточного патрубка, присоединенного к выходному основанию, причем выходной фланец расположен соосно входному патрубку;

– отводным патрубком, расположенным под прямым углом к входному патрубку;

– предохранительной разрушающейся мембраной, зажатой между входным фланцем полого непроточного демпфирующего элемента и выходным фланцем гидравлического узла, связанными между собой с помощью болтового соединения.

Цилиндрическая камера установлена в разрыв трубопровода между входным и отводным патрубками, предохранительная разрушающаяся мембрана выполнена с возможностью ее разрушения при воздействии на неё давления, превышающего допустимое значение, а расстояние между выходным фланцем и входным патрубком меньше расстояния между выходным основанием и отводным патрубком.

Устройство для гашения гидравлического удара представлено на рисунке.

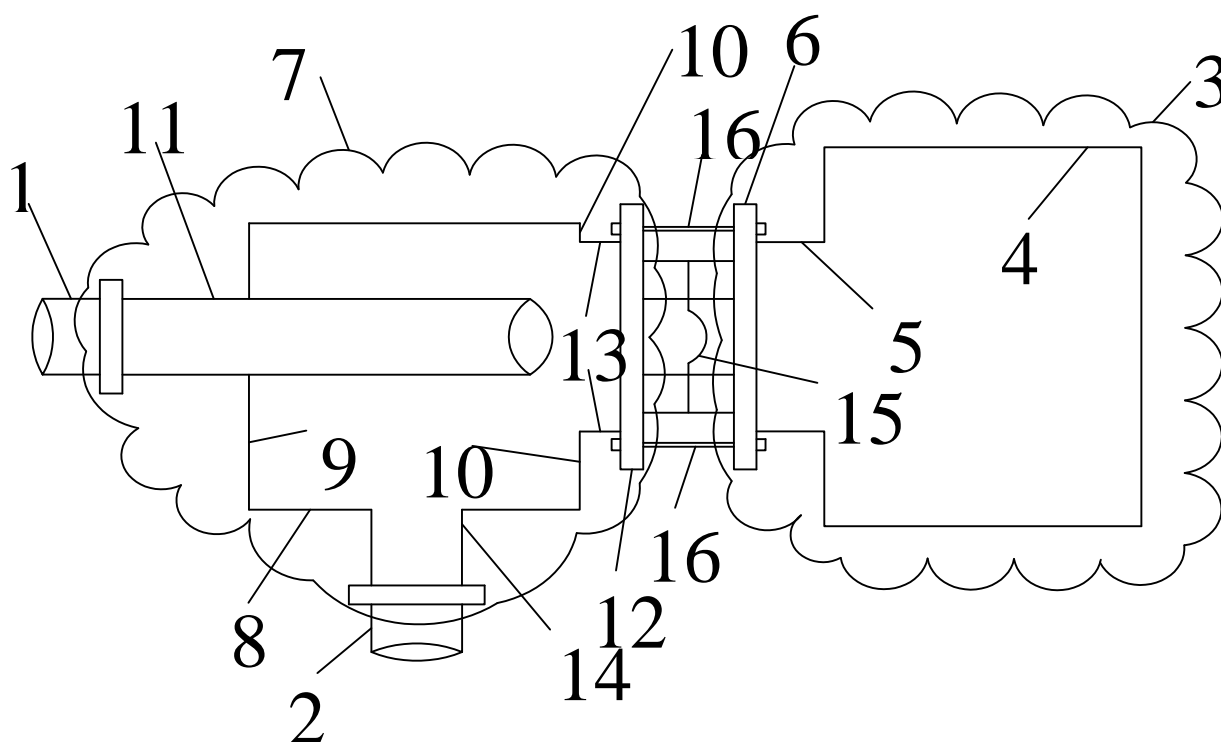


Рисунок. Устройство для гашения гидравлического удара:

1 – подводящий трубопровод; 2 – отводящий трубопровод, 3 – полый непроточный демпфирующий элемент; 4 – камера; 5 – соединительный патрубок; 6 – входной фланец; 7 – гидравлический узел; 8 – цилиндрическая камера; 9 – входное основание; 10 – выходное основание; 11 – входной патрубок; 12 – выходной фланец; 13 – промежуточный патрубок; 14 – отводной патрубок; 15 – предохранительная разрушающаяся мембрана; 16 – болтовое соединение

Устройство работает следующим образом.

В первом режиме эксплуатации, когда нет гидравлических ударов, жидкость протекает по трубопроводу 1, изливается в цилиндрическую камеру 8 через входной патрубок 11, а затем продолжает движение через отводной патрубок 14 в продолжение трубопровода 2.

Во втором режиме эксплуатации, когда появляются гидравлические удары, жидкость протекает по трубопроводу 1 и вследствие резкого повышения давления в системе воздействует на предохранительную разрушающуюся мембрану 15. При возникновении давления, превышающего допустимое, срабатывает предохранительная разрушающаяся мембрана 15. После этого жидкость начинает заполнять полый непроточный демпфирующий элемент 3, тем самым гася гидроудар.

Применение предлагаемого устройства в системе водоснабжения позволяет получить следующие положительные эффекты:

- предотвращение гидравлических ударов, которые могут привести к образованию свищей, разрывам швов, образованию микротрещин и продольных трещин, деформации труб в системе водоснабжения;
- простота конструкции устройства по гашению гидравлического удара;
- повышенная надежность при эксплуатации;
- простота ремонта;
- низкая стоимость использования устройства.

Литература

1. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.12.2019).
2. Булат Р.Е., Игнатчик В.С., Саркисов С.В. Направления научно-исследовательских работ военного института (инженерно-технического) на современном этапе развития // Военный инженер. 2017. № 1 (3). С. 29–32.
3. Булат Р.Е., Саркисов С.В., Вакуненко В.А. Повышение эффективности функционирования жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации // Военный инженер. 2018. № 4 (10). С. 32–39.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

А.Н. Иванов, кандидат технических наук, доцент;

Д.С. Иванов;

Е.С. Григорьева.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматривается классификация системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, а также разновидности объектов с массовым пребыванием людей. Проанализированы значимые вопросы, возникающие при проектировании системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре для объектов с массовым пребыванием людей. Выявлены недостатки в проектировании систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, разработаны рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: система оповещения и управления эвакуацией, время эвакуации, извещатель пожарный, места с массовым пребыванием людей, маломобильные группы населения

PECULIARITIES OF DEVELOPMENT OF A NOTIFICATION SYSTEM AND MANAGEMENT OF EVACUATION FROM A BUILDING WITH A MASS STAY OF

A.N. Ivanov; D.S. Ivanov; E.S. Grigoreva.

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

The classification of the system of notification and management of evacuation of people in case of fire, as well as varieties of objects with mass stay of people is considered. Significant issues arising in the design of the warning system and management of evacuation of people in case of fire for objects with mass stay of people are analyzed. Identified shortcomings in the design of warning systems and management of evacuation of people in case of fire, developed recommendations for their elimination.

Keywords: warning system and evacuation control, evacuation time, fire detector, places with a massive stay of people, people with limited mobility

В настоящее время ведется активное строительство бизнес-центров, торгово-развлекательных комплексов и других объектов, отличительной особенностью которых является большое количество людей, находящихся в них одновременно.

Соответственно, ввод в эксплуатацию новых объектов такого функционального назначения невозможен без наличия в них научно-обоснованной системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ). Такое обоснование на сегодняшний день должно основываться на требованиях Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [1], Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], ГОСТа Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний» [3], СП.3.131.30.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [4].

Классификация объектов с массовым пребыванием людей выглядит следующим образом: объекты транспорта (вокзалы, аэропорты и пр.), объекты образования и здравоохранения, объекты торговли, объекты туристической инфраструктуры (гостиницы, дома отдыха и пр.), объекты культуры, объекты религиозного назначения, спортивные сооружения.

Также места массового пребывания людей делятся на категории в соответствии с количеством людей, которые могут находиться в здании одновременно (табл.) [5].

Таблица. Категории мест массового пребывания людей

№ категории	Количество человек
1	Более 1000 человек
2	От 200 до 1000 человек
3	От 50 до 200 человек

В зависимости от способа оповещения, деления здания на зоны оповещения и других характеристик, СОУЭ подразделяются на пять типов [4].

Функционирование небольших и средних объектов регламентируется нормами пожарной безопасности и установкой СОУЭ первого и второго типа. На таких объектах оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре осуществляется путем подачи звуковых и световых сигналов во все помещения здания с постоянным или временным пребыванием людей.

СОУЭ третьего–пятого типов снабжены функциями питания и управления звуковыми, световыми и комбинированными оповещателями, а также функцией питания и управления электромагнитными замками аварийных выходов. Основной способ оповещения – речевой, то есть путем передачи специально разработанных текстов, предотвращающих панику, способствующих эффективному проведению эвакуации. Тексты заранее записанных сообщений, направленные на обеспечение безопасности людей, содержат информацию о необходимости эвакуации, о путях эвакуации и других действиях.

Информация, сообщаемая через оповещатели СОУЭ, должна быть распространена по разным зонам оповещения в соответствии с алгоритмом работы СОУЭ и в зависимости от места загорания.

СОУЭ пятого типа, кроме того, должна осуществлять автоматическую корректировку сообщений о смене путей эвакуации в случае резкого изменения обстановки при пожаре [7].

Проведенный анализ публикаций, посвященных системам оповещения, показал озабоченность данной темой на всех уровнях обеспечения пожарной безопасности, начиная с федерального.

В частности, в работе [8] представлена общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения (ОКСИОН), которая обеспечивает гарантированное оповещение и ежедневное информирование свыше 35 млн чел.

В статье [9] приводится анализ работы мобильного сегмента общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового

пробывания людей (ОКСИОН-МС и МКИОН), который позволяет выявить ряд основных направлений повышения эффективности данных подсистем.

Особенности и основные требования к проектированию СОУЭ торгово-развлекательных комплексов (ТРК) рассмотрены в работе [10]. В ней приведена методика обоснования выбора СОУЭ четвертого и пятого типов, потому что с учетом больших размеров зданий и большого количества людей, находящихся в них, является актуальным вопрос наличия двусторонней связи зон оповещения с пунктом управления или диспетчерским постом.

В то же время отмечается, что часть производящихся сегодня средств оповещения не соответствует требованиям пожарной безопасности и не пригодна для работы в СОУЭ [12].

Очень важным является наличие расчета прогнозируемого времени эвакуации для каждого сценария пожара, максимально приближенного к реальному. Для этого могут применяться различные методики расчета, но все они позволяют говорить только об определенной вероятностной величине времени эвакуации, так как оно будет зависеть от очень большого количества факторов.

Поэтому данная проблема на сегодняшний день является довольно актуальной и вариантов её решения предлагается множество. Например, заслуживает внимания предложение о разработке мобильного приложения, которое позволяет при нахождении в здании с помощью смартфона подключиться к сети обеспечения безопасности и в случае пожара получить на экран смартфона план здания с указанием точки локации смартфона (а, следовательно, и пользователя) и наиболее оптимального пути эвакуации [13].

Вместе с тем такое решение проблем эвакуации подходит только для конкретной группы людей, которые привычно используют смартфон в повседневной жизни. Однако использовать его всё равно целесообразно, так как со временем данная целевая аудитория будет только расширяться.

Прорабатывается вопрос дополнительного оповещения людей с использованием локально-вычислительной сети объекта, если в нем достаточное количество офисных помещений.

В особом внимании нуждаются пожилые люди, инвалиды, в частности, с пониженным слухом и имеющие слабое зрение.

Вопрос разработки способов быстрой и безопасной эвакуации для этих категорий пока остается открытым. Единственно, чем выделена данная категория в нормативных документах, это в том, что для них должны быть предусмотрены световые мигающие оповещатели или специализированные оповещатели. Звуковые сигналы должны быть определенной частоты, а световые импульсные сигналы – повышенной яркости [4].

Выбор типа системы оповещения определяется проектной организацией, которая должна не только правильно определить его, но и рассчитать места установки элементов системы с учетом требований к обеспечению достаточной мощности звука в любой точке здания. Кроме того, в последнее время многие специалисты обращают внимание на то, что обилие световой электронной рекламы своей яркостью делает невидимыми указатели направления эвакуации.

Также помимо сложностей самого процесса расчета проектировщикам необходимо брать во внимание архитектурно-планировочные особенности каждого помещения, их размеры, отделку поверхностей, наличие фальшполов, фальшпотолков, колонн, перегородок и др. Некоторые производители оборудования систем оповещения даже разрабатывают собственные методики и программное обеспечение для выполнения расчета звукового и речевого оповещения.

При проектировании важно минимизировать время, затраченное на эвакуацию, учесть психологические особенности людей, их способность передвигаться, слышать оповещение, правильно и вовремя реагировать на него.

На основе вышеизложенного, предлагается на каждом объекте с массовым пребыванием людей при разработке мероприятий по их оповещению и эвакуации на первом этапе за расчетное время эвакуации принять время, необходимое для спасения маломобильных групп населения. Тогда для остальных групп населения тем более этого времени будет достаточно.

На втором этапе определить и провести комплекс организационных и технических мероприятий по обеспечению данного времени при любом варианте развития пожара. Под комплексом организационных и технических мероприятий понимается подготовка ответственных лиц объектов к действиям по руководству эвакуацией, замена материалов конструкций и обшивки на путях эвакуации на более безопасные и, особенно, постоянное поддержание в рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации.

Реализация данных предложений, конечно, потребует времени и определенных финансовых затрат, скорее всего существенных. Но если речь идет о спасении жизни людей, думается, что считать деньги не совсем нравственно.

Литература

1. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (ред. от 30.10.2018 г.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.12.2019).

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 23.06.2014 г.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.12.2019).

3. ГОСТ Р 53325–2009. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.12.2019).

4. СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» (утв. Приказом МЧС Рос. Федерации от 25 марта 2009 г. № 173) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.12.2019).

5. Об утверждении требований к антитеррористической защищенности мест массового пребывания людей и объектов (территорий), подлежащих обязательной охране войсками национальной гвардии Российской Федерации, и форм паспортов безопасности таких мест и объектов (территорий): постановление Правительства Рос. Федерации от 25 марта 2015 г. № 272 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.12.2019).

6. СОУЭ – выбор оборудования и рекомендации при проектировании. URL: <https://os-info.ru/opoveschenie/soue-vybor-oborudovaniya-i-rekomendacii-pri-proektirovanii.html> (дата обращения: 15.12.2019).

7. Аюбов Э.Н. Совершенствование Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей (ОКСИОН) // Технологии гражданской безопасности. 2006. № 2.

8. Горячев А.А., Дрожжин Н.А., Сороковой Н.К. Анализ оснащения и эксплуатации мобильного комплекса информирования и оповещения населения на территории Рос. Федерации // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 2 (25).

9. Носов М.В. Основные характеристики и показатели качества функционирования систем оповещения населения // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2014. № 2.

10. Мальцев А.С., Корнеева Я.А. Особенности проектирования системы оповещения и управления эвакуацией в местах с массовым пребыванием людей // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. № 8.

11. Чепрасов С.А. Обоснование применения систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) людей при пожарах в зданиях и сооружениях // Вестник ВИ ГПС МЧС России. 2015. № 2 (15).

12. Артамонов В.С [и др.]. Использование информационных систем оповещения и управления эвакуацией при пожаре на объектах с массовым пребыванием людей // Пожаровзрывобезопасность. 2016. № 12.

13. Шархун С. В. Средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе сетевых технологий // Пожаровзрывобезопасность. 2013. № 2.

14. Рекомендации по проектированию в общественных зданиях безопасных зон для маломобильных групп населения: методич. пособие. М.: Федер. центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве, 2016.

ПОДГОТОВКА ДЕЖУРНОГО ПЕРСОНАЛА АТОМНОЙ СТАНЦИИ К РАБОТЕ В СРЕДСТВАХ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

А.Н. Иванов, кандидат технических наук, доцент;

М.И. Ершова;

А.А. Матросов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены основные вопросы, связанные с обеспечением пожарной безопасности на Ленинградской атомной электростанции. Ключевая роль отводится проблеме отбора и обучения персонала, которая является неотъемлемой составляющей в обеспечении безопасного функционирования Ленинградской атомной электростанции.

Ключевые слова: атомная станция, пожарная безопасность, отбор и обучение персонала, средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения

TRAINING OF NUCLEAR POWER PLANT DUTY PERSONNEL TO WORK IN RESPIRATORY PROTECTION EQUIPMENT

A.N. Ivanov; M.I. Ershova; A.A. Matrosov.

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

The main issues related to fire safety at the Leningrad nuclear power plant are considered. A key role is given to the problem of personnel selection and training, which is an integral part in ensuring the safe operation of the Leningrad nuclear power plant.

Keywords: nuclear power plant, fire safety, selection and training of personnel, means of individual protection of respiratory organs and vision

Обеспечение пожарной и других видов безопасности эксплуатации Ленинградской атомной электростанции (ЛАЭС) является одним из важнейших вопросов устойчивого функционирования всей системы Ленэнерго, в которой она обеспечивает около 50 % энергопотребления. Город Сосновый Бор и прилегающие промышленные предприятия получают от ЛАЭС тепло в виде горячей воды. Кроме того, значительная часть электрической энергии, вырабатываемой ЛАЭС, поступает в систему «ЕЭС России».

Станция расположена в 80 км западнее Санкт-Петербурга на побережье Финского залива (рис. 1). Общая площадь, занимаемая ЛАЭС, составляет почти 500 га.



Рис. 1. Ленинградская атомная электростанция

На станции работают четыре энергоблока с водографитовыми реакторами РБМК-1000 канального типа на тепловых нейтронах (рис. 2).

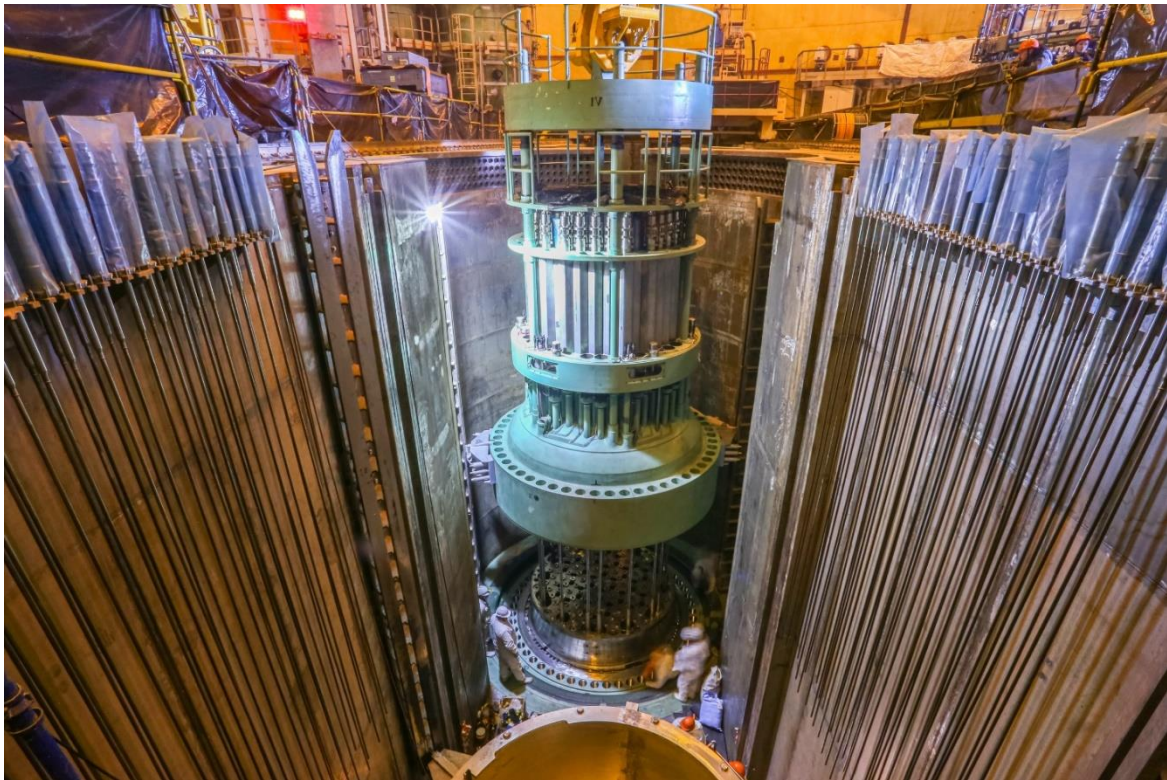


Рис. 2. Общий вид реактора РБМК-1000

Реактор и его вспомогательные системы размещены в отдельных корпусах. Машинный зал является общим на два энергоблока. Вспомогательные цеха и системы для двух энергоблоков являются общими и территориально расположены вблизи каждой из очередей станции.

Надзор за безопасностью столь важного по объемам поставки электроэнергии и в то же время потенциально опасного по типу производства объекта осуществляет Северо-Европейское межрегиональное территориальное управление по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Надо отметить, что, по оценкам ученых, реакторы РБМК-1000 являются самыми небезопасными в эксплуатации. Доказательством тому могут служить аварии на первом энергоблоке ЛАЭС в декабре 1975 г. и на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г., где были установлены такие же реакторы.

После Чернобыльской катастрофы в результате детального анализа ее причин в конструкцию работающих РБМК-1000 (а их на территории России в настоящее время работает 10 шт.) были внесены изменения: стало использоваться более обогащенное топливо, было увеличено количество управляющих стержней, введены дополнительные ингибиторы для исключения ситуации потери контроля над реактором при низких мощностях.

Вместе с тем ЛАЭС, как и любая другая АЭС, продолжает относиться к числу наиболее опасных производственных объектов, авария на которых может привести к серьезной трагедии. В этих условиях пожар может стать как причиной, так и следствием аварии.

Поэтому одной из важнейших задач обеспечения безопасной эксплуатации станции является разработка и реализация мероприятий по ее противопожарной защите [1], а также мероприятий, направленных на обучение персонала действиям в случае возникновения пожара.

Как известно, к наиболее опасным факторам пожара, особенно часто являющихся причиной гибели людей, относятся повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, а также пониженная концентрация кислорода. Тем не менее, обеспечение безопасного функционирования атомной станции требует и в этих условиях постоянного контроля и управления параметрами ядерной реакции в энергоблоке. Естественно, что безопасность самого персонала должна обеспечиваться использованием ими средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД).

Однако в учебных заведениях, готовящих специалистов для атомной отрасли, навыкам работы в СИЗОД не обучают.

На ЛАЭС эту проблему решают в тесном взаимодействии с объектовой пожарной частью, осуществляющей профилактику пожаров и пожарно-оперативное обслуживание станции. Для защиты органов дыхания и зрения используются дыхательные аппараты на сжатом воздухе.

Необходимость дополнительного обучения персонала ЛАЭС работе в СИЗОД обусловлена существующей вероятностью возникновения нештатной ситуации, в ходе ликвидации которой пожарно-спасательным подразделениям помощь со стороны персонала будет крайне необходима.

Вот наиболее характерные примеры подобных ситуаций:

1. Согласно действующему нормативному документу [2] заземление насосов пожарной техники и ручных пожарных стволов производит личный состав объектового пожарно-спасательного подразделения. Учитывая, что стационарные места заземления стволов оборудованы у входных дверей зданий и помещений станции, весьма вероятно, что в случае нарушения герметичности дверей и дверных проемов из-за воздействия пожара места заземления будут задымлены. В этом случае, будет крайне необходим персонал станции с навыками работы в дыхательных аппаратах.

2. В соответствии с действующей «Инструкцией о порядке допуска и условиях работы личного состава федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России по тушению пожаров в условиях радиационной опасности на Ленинградской АЭС» [3], ответственность за обеспечение радиационной безопасности и дозиметрический контроль лиц, участвующих в тушении пожара, в равной мере несут начальник смены станции, начальник смены отдела радиационной безопасности и руководитель тушения пожара. При этом дежурный дозиметрист должен сообщить руководителю тушения пожара объектового подразделения пожарной охраны радиационную обстановку на пути следования к месту пожара. Учитывая, что путь следования к очагу горения может пролегать в непригодной для дыхания среде, обеспечить точные данные о радиационной обстановке сможет только дозиметрист, умеющий работать в СИЗОД.

3. Атомная станция имеет большое количество установок автоматического пожаротушения, включая установки воздушно-пенного, аэрозольного и водяного пожаротушения. Они защищают самые важные системы управления и помещения, в которых они находятся, такие, как: кабельные помещения энергоблоков, кабельные тоннели, блочные трансформаторы, маслохозяйства главных циркуляционных насосов, помещения щитов управления. Запуск установок может производиться как от сигналов противопожарной автоматики, так и дистанционно. В условиях аварии всегда будет существовать определенная вероятность отказа срабатывания установки в случае повреждения взрывом или пожаром канала управления. В этом случае остается единственная возможность её запуска с использованием местного пуска. Так как элементы местного пуска установок пожаротушения находятся вблизи защищаемого помещения, то существует возможность их задымления.

4. Блочные щиты управления – это «мозг» станции, отсюда происходит управление всеми процессами на атомной станции в режиме реального времени. Поэтому при пожаре как в помещении самого блока управления, так и рядом с ним, оперативный персонал станции должен продолжать работу даже в условиях задымления для переключения в случае необходимости систем управления на запасной щит.

5. Учитывая большие размеры станции (длина машинного зала 444 м, ширина – 51 м), большое количество людей, находящихся на станции (в период проведения планово-предупредительных и текущих ремонтных работ количество людей может увеличиться до 700 чел., возможно нахождение работников подрядных организаций), эвакуация персонала атомной станции и подрядных организаций может не завершиться в установленное время и пути эвакуации окажутся задымлены.

В этом случае помощь подразделениям ФПС МЧС России в эвакуации персонала также может оказать персонал станции с использованием СИЗОД.

Поэтому, исходя из риска возникновения нештатных ситуаций, в программу подготовки дежурного персонала станции включена отработка следующих практических ситуаций с использованием СИЗОД:

1. Осуществление заземления пожарных автомобилей и приборов подачи огнетушащих веществ.
2. Проведение дозиметрической разведки.
3. Запуск систем автоматического пожаротушения.
4. Осуществление управления работой энергоблока в непригодной для дыхания среде.
5. Организация эвакуации персонала атомной станции.

Наряду с обучением персонала, сотрудники объектовой пожарной части регулярно проводят инструктажи с практической отработкой применения СИЗОД (рис. 3).



Рис. 3. Начальник объектовой пожарной части капитан внутренней службы А.А. Матросов проводит инструктаж по применению дыхательного аппарата на сжатом воздухе

Таким образом, в случае возникновения пожара сотрудники объектовой пожарной части могут рассчитывать не только на свои возможности и силы, но и на действенную помощь дежурного персонала станции.

Литература

1. ППБ-АС-95* Правила пожарной безопасности при эксплуатации атомных станций (2-ое изд. с изм. и доп.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.12.2019).

2. Типовая инструкция по тушению пожаров на электроустановках АЭС Концерна «Росэнергоатом» от 01 июня 2002 г. URL: <https://docplan.ru/Data1/53/53490/index.htm> (дата обращения: 15.12.2019).

3. Методические рекомендации по организации и проведению работ по локализации и тушению пожаров, поиску и спасению людей личным составом подразделений ФПС при радиационной аварии на АЭС в зоне повышенного облучения от 13 сент. 2010 г. URL: <https://pandia.ru/text/78/037/2129.php> (дата обращения: 15.12.2019).

МЕТОД И ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЖАРНЫХ МАШИН В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель
науки Российской Федерации;**

Б.В. Гавкалюк, кандидат технических наук;

О.В. Ложкина, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена технология уменьшения взвешенных частиц и оксидов азота в отработавших газах пожарной машины на режимах эксплуатации при ее следовании на пожар в городских условиях. Технология основана на применении балластированного водой дизельного топлива

и позволяет при содержании воды в топливе до 30 % по массе снизить выброс взвешенных частиц с отработавшими газами до 60 %, концентрацию оксидов азота – до 40 %.

Ключевые слова: пожарная машина, отработавшие газы, взвешенные частицы, оксиды азота, эмульсия топлива с водой

METHOD AND TECHNOLOGY FOR IMPROVING THE SAFETY OF FIRE ENGINES IN URBAN ENVIRONMENTS

V.N. Lozhkin; B.V. Gavkaluyk; O.V. Lozhkina.

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

The technology of reducing emissions of suspended particles and nitrogen oxides of a fire engine in urban environments is proposed. The technology is based on the use of an emulsion of diesel fuel with water and allows for a water content of diesel fuel of up to 30 % by mass to reduce the emission of suspended particles with exhaust gases to 60 %, the concentration of nitrogen oxides – to 40 %.

Keywords: fire engine, exhaust gases, suspended particles, nitrogen oxides, fuel emulsion with water

В городах при движении пожарных автомобилей к месту ведения боевых действий в условиях неблагоприятной метеорологии могут возникнуть ситуации локального сверхнормативного загрязнения воздушной среды [1] твердыми частицами (Particulate matter) размером до 2,5 мкм (PM_{2,5}) [2] и оксидами азота NO_x.

Частицы PM_{2,5} [2] отработавших газов (ОГ) проникают в альвеолы легких, затрудняют жизненно важные клеточные обменные процессы, воспаляют ткани и блокируют кровотоки сосудов, а со временем могут привести к таким заболеваниям, как инсульты и инфаркты миокарда. Доказано, что сажевые частицы PM_{2,5} ОГ дизелей адсорбируют на поверхности пор бензо(а)пирен (C₂₀H₁₂) – вещество, обладающее наивысшей комплексной опасностью для человека по данным Всемирной организации здравоохранения [2]. Длительное вдыхание с воздухом оксидов азота NO_x может привести к эмфиземе легких.

Известно [3], что одним из эффективных способов уменьшения образования в цилиндрах дизельных двигателей частиц сажи и оксидов азота является балластирование процесса горения топлива водой. Вода может впрыскиваться во впускной коллектор или непосредственно в цилиндры двигателя, а может быть составной частью топливной эмульсии [3].

К настоящему времени эмульсионные топлива применительно к тепловым двигателям рассматриваются как топлива, альтернативные традиционному дизельному топливу [3, 4]. Многочисленными исследованиями, проанализированными, в частности, в работе [4], доказано, что оно может использоваться без изменения конструкции дизельного двигателя и его системы топливоподачи. При этом приобретает множество преимуществ: снижается выброс с ОГ оксидов азота (NO_x), твердых частиц сажи (PM_{2,5}), существенно уменьшаются максимальная температура горящих газов в камере сгорания и температура ОГ на выпуске, то есть пожарная опасность транспортного средства. Однако установлено [4], что значительное увеличение содержания воды в топливных эмульсиях (свыше 20–30 % по массе) приводит к заметному росту выбросов с ОГ оксида углерода СО (угарного газа) и летучих углеводородов СН. Большинство исследователей [4] поддерживается гипотеза явления «микровзрыва», способствующего дроблению топливного факела, что повышает эффективность его сгорания.

В современных пожарных автомобилях (ПА) применяются, в основном, дизельные двигатели, которые, при следовании ПА к месту ведения боевых действий работают с полной нагрузкой. Это позволяет допустить, что для таких условий (то есть высоких нагрузок эксплуатации дизельного двигателя ПА) эмульсионное топливо может обеспечить максимальную экологическую эффективность.

Для подтверждения гипотезы более благоприятного состояния топливной эмульсии с точки зрения смесеобразования и последующего окисления дизельного топлива в камере сгорания были проведены лабораторные исследования [5]. Топливная дизельная эмульсия формировалась в виброкавитационном устройстве дроблением воды на частицы 1–3 мкм со стабилизацией этих размеров с помощью поверхностно-активного вещества (ПАВ) – олеата натрия – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COONa}$.

Специфика физической природы силовых атомарных связей в молекулах топливной эмульсии, как «предвестницы» ожидаемых ее уникальных физических свойств, исследовалась на ИК-спектрофотометре Specord 75 IR [5]. На рис. 1 показаны ИК-спектры воды и топливной эмульсии в области частот 900–1 800 см^{-1} .

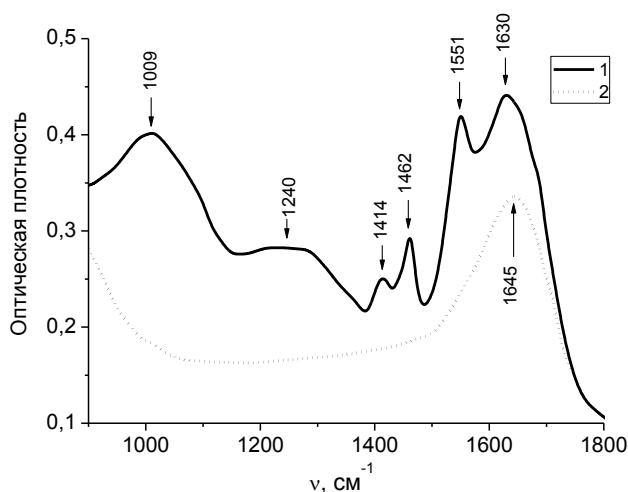


Рис. 1. ИК-спектры топливной эмульсии (1) и воды (2) в области частот 900–1 800 см^{-1}

Как видно, в спектре воды можно выделить лишь одну полосу поглощения на частоте 1 645 см^{-1} . Значение ее «полуширины» составляет, приблизительно, 100 см^{-1} . Оно, очевидно, приписано так называемым «деформационным колебаниям» молекул воды. Можно наблюдать (рис. 1), что максимум аналогичной полосы для ИК-спектра топливной эмульсии уже располагается на частоте 1 630 см^{-1} со значением «полуширины» приблизительно в диапазоне 60 см^{-1} . Как видим, в этом же диапазоне частот (900–1 800 см^{-1}) для топливной эмульсии имеют место полосы: 1 551 см^{-1} (частота, приписываемая колебаниям молекул воды, образующих водородную связь с ионом $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$), а также последовательно частоты 1 642 см^{-1} , 1 414 см^{-1} , 1 240 см^{-1} и 1 009 см^{-1} (приписываемые колебаниям иона $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$) [5].

Из анализа ИК-спектров (рис. 1) можно заключить, что молекула поверхностно-активного вещества в водной среде способна диссоциировать с образованием двух ионов: отрицательно заряженного иона $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$ и положительно заряженного иона Na^+ . Отрицательно заряженный ион способен образовать водородную связь с молекулой воды. Эта связь, как видно, и приводит к уменьшению средней частоты колебаний остальных молекул воды на 15 см^{-1} с 1 645 см^{-1} до 1 630 см^{-1} . Последнее, а именно, уменьшение частоты колебаний молекул воды, означает, что длина водородных связей между этими молекулами воды увеличивается, а энергия их диссоциации (то есть, испарения), соответственно, уменьшается. Сложно не заметить, что полоса 1 630 см^{-1} асимметрична в направлении высоких частот. На это физическое обстоятельство следует обратить особое внимание. Обнаруженная асимметричность является следствием очевидного физического явления, выражающегося тем, что при удалении от отрицательно заряженного иона энергия диссоциации водородных связей должна закономерно возрастать.

Ниже на рис. 2 проиллюстрирован дифференциальный спектр (полученный, условно, как результат вычитания частотного ИК-спектра водно-топливной микроэмульсии из частотного ИК-спектра чистой воды).

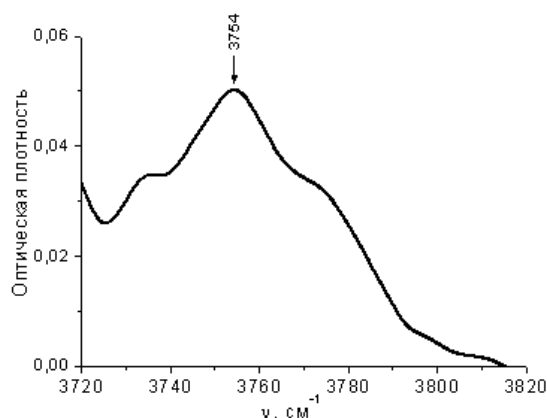


Рис. 2. Дифференциальный ИК-спектр микроэмульсии и чистой воды

На рис. 2 отчетливо выделяется дифференциальный пик с ИК-частотой полосы 3754 см^{-1} , приписанной, очевидно, колебаниям молекул воды, не участвующих в образовании водородных связей друг с другом. Можно с высокой степенью вероятности допустить, что такие молекулы способны существовать между молекулами олеата натрия, который тонкой микро пленкой «обволакивает» капельки воды в микро эмульсии. Наличие таких молекул воды в тончайших структурах микро эмульсии дизельного топлива способно самым существенным образом повлиять на процессы смесеобразования и сгорания в термических условиях камеры сгорания двигателя ПА.

Можно допустить, что при нагревании они способны, в первую очередь, мгновенно газифицироваться и, тем самым, инициировать взрывоподобный эффект «микровзрывов», способствующих разрушению (дроблению) тончайших оболочек капелек воды, состоящих из ионов олеата натрия.

Проведенный анализ показал, что в боевых частях Государственной противопожарной службы Российской Федерации имеется на вооружении достаточно много пожарной техники с дизельными двигателями ниже второго экологического класса. Для такой пожарной техники применение метода балластирования водой дизельного топлива могло бы дать ощутимый эффект. С целью доказательства такого эффекта были организованы и проведены стендовые испытания дизельного двигателя КамАЗ-740.10, в выпускную систему которого вместо штатного глушителя шума был вмонтирован опытный образец глушителя-нейтрализатора ОГ.

На рис. 3 приведены результаты экспериментальной проверки разработанного метода.

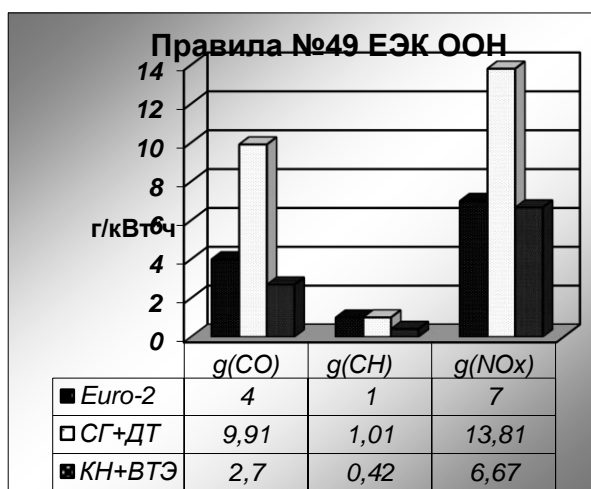


Рис. 3. Результаты испытаний по Правилам № 49 ЕЭК ООН:
 SG+DT – работа двигателя на дизельном топливе с серийным глушителем;
 KH+VTЭ – работа двигателя на топливной эмульсии с глушителем-нейтрализатором

Представленные на рис. 3 результаты экспериментальных исследований проводились в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011), утвержденного решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877, и аутентичным требованиям Правил № 49 Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных наций (ЕЭК ООН). Состав ОГ измерялся отечественной газоаналитической системой модели АСГА-Т. Измерения дымности ОГ прибором модели МК-3 Фирмы «Hartridge» показали возможность снижения в ОГ концентрации частиц сажи опасных размеров $PM_{2.5}$ до 60 %.

Предложен оригинальный метод балластирования водой дизельного топлива в форме микроэмульсий, стабилизируемых ПАВ олеатом натрия, позволяющий, применительно к дизельным двигателям пожарных автомобилей, существенно снизить опасность их применения на режимах боевой работы в городских условиях: по оксидам азота – до 40 %; по частицам сажи опасных размеров $PM_{2.5}$ – до 60 %.

Литература

1. Ложкин В.Н., Лакеев Д.А., Ложкина О.В. Система каталитической нейтрализации отработавших газов для пожарного автомобиля // «ОБОРОННЫЙ ЗАКАЗ». 2012. № 2 (21). С. 72–75.
2. Introducing the Air Quality Life Index Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy By Michael Greenstone and Claire Qing Fan, Energy Policy Institute at the University of Chicago, November 2018. URL: <https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2018/11/AQLI-Report.111918-2.pdf> (дата обращения: 15.12.2019).
3. Мельник Г.В. Технологии снижения вредных выбросов дизелей. Состояние и перспективы развития. По материалам конгресса СИМАС 2010 // Двигателестроение. 2011. № 4. С. 48–56.
4. Effect of emulsion fuel on engine emissions / Hasannuddin A.K. [et. al.] // Clean Technologies and Environmental Policy. 2016, Volume 18, Issue 1. Pp 17–32.
5. Vettegren V.I., Mamalimov R.I., Lozhkin V.N., Morozov V.A., Lozhkina O.V., Pimenov Yu.A. IR Spectroscopic Investigation of the Structure of Water–Fuel Microemulsion for Diesel Engines // Technical Physics. 2016. Vol. 61, No. 9. Pp. 1433–1435.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гавкалюк Богдан Васильевич – доц. 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;

Григорьева Елена Сергеевна – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Ершова Мария Игоревна – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Жуковец Павел Игоревич – курсант фак-та экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Иванов Анатолий Николаевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Иванов Дмитрий Сергеевич – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ivanovdma1982@mail.ru;

Исембулатов Алдияр Серикович – курсант фак-та экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Калинина Елена Сергеевна – проф. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. проц. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Кожевин Дмитрий Федорович – нач. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Колеров Дмитрий Алексеевич – курсант фак-та экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Коннова Людмила Алексеевна – ведущ. науч. сотрудник отд. перспектив. разраб. и инновацион. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р. мед. наук, проф., засл. деятель науки РФ;

Константинова Алина Станиславовна – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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), тел.: (812) 369-69-70, канд. техн. наук, доц.;

Ложкин Владимир Николаевич – проф. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., акад. и лауреат НАНПБ, засл. деятель науки РФ;

Ложкина Ольга Владимировна – проф. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

Макарчук Галина Васильевна – препод. каф. систем жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. пед. наук, доц.;

Максимов Александр Викторович – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Марченко Михаил Анатольевич – нач. ин-та развития СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Матросов Александр Александрович – слушатель ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пожарной безоп. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

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;

Поляков Александр Степанович – проф. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пожарной безоп. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

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.;

Саркисов Сергей Владимирович – нач. каф. систем жизнеобесп-я объектов военной инфраструктуры Военного ин-та (инж-техн.) Военной акад. матер.-техн. обеспеч-я им. генерала армии А.В. Хрулева (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), e-mail: sarkisovs@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Скрипник Игорь Леонидович – проф. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы, кандидат экономических наук Чижиков 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: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего

профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

- 32 кафедры;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации, факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА), факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности научно-исследовательского института: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск, Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета

за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств-участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны, Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального

образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

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 УГПС – *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 тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;

б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.

2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.

3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.

4. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневой опасности: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

Внимание авторов: материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное, анонимное рецензирование.



МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»

Научно-аналитический журнал

Природные и техногенные риски
(физико-математические и прикладные аспекты)

№ 4 (32) – 2019

Выпускающий редактор
П.А. Болотова
А.В. Домничева

Подписано в печать 16.12.2019. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. 8,75 л. Тираж 1000 экз. Зак. №

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149