НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

№ 3 (11) – 2014

Редакционный совет

Председатель – доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники генерал-полковник внутренней службы **Артамонов Владимир Сергеевич**, статс-секретарь – заместитель министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, почетный президент Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Заместитель председателя – доктор технических наук, профессор полковник внутренней службы **Шарапов Сергей Владимирович**, 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**, начальник кафедры физики и теплотехники, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физики и теплотехники;

кандидат педагогических наук **Давыдова Любовь Евгеньевна**, проректор университета по платной деятельности – ректор института безопасности жизнедеятельности;

доктор физико-математических наук, профессор **Овчинников Андрей Олегович**, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов;

доктор технических наук, профессор **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

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;

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

доктор военных наук, кандидат технических наук, профессор **Сугак Владимир Петрович**, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов.

Секретарь совета:

кандидат педагогических наук капитан внутренней службы **Балабанов Марк Александрович**, ответственный секретарь редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Редакционная коллегия

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

Заместитель председателя – капитан внутренней службы **Алексеева Людмила Викторовна**, начальник отделения – главный редактор редакционного отделения 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, доцент **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Громов Виктор Николаевич**, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории Военного инженерно-технического института;

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, доцент полковник внутренней службы **Алексеик Евгений Борисович**, заместитель начальника университета – начальник института заочного и дистанционного обучения;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, технический редактор редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Секретарь коллегии:

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

СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Иванов К.С., Широухов А.В. Микропрофили дорог и динамические нагрузки элементов подвесок шасси пожарно-спасательных автомобилей ……..…….…..... 5

Сафонов Д.П., Гвоздик М.И. Разработка алгоритма оценки факторов опасности для робототехнического комплекса на основе нечеткой логики ……..…….…… 13

Медведева О.М. Оценка риска аварии трубопровода на территории АЗС ……..... 21

Батуро А.Н., Техтереков С.А., Коморовский В.С. Среднесрочное прогнозирование количества пожаров с использованием автокорреляционных функций ……...… 28

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Заричняк Ю.П., Иванов В.А., Романов Н.Н. Измерение теплофизических свойств антифрикционных композитов на основе фторопласта с порошковыми наполнителями …...… 37

Кораблёв В.А., Минкин Д.А., Шарков А.В. Обеспечение изотермических условий на излучателе устройства для калибровки тепловизоров …….. 42

Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. О капиллярных характеристиках пористых сосудов порошковых огнетушителей …… 50

Шарков А.В., Кораблёв В.А., Некрасов А.С. Экспресс-метод измерения теплопроводности и теплового сопротивления ……..……. 55

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Медведева Л.В., Долгова И.В. Персональный менеджмент как способ повышения эффективности работы руководящих кадров в вузах МЧС России ……..……..... 65

Иванов А.Н., Кузьмина Т.А. Справочная система информационной поддержки пожарно-технической экспертизы ……...…… 70

Кузьмин А.А., Пермяков А.А. Психолого-педагогические принципы организации учебно-деловой игры в вузах МЧС России ……...…….. 74

Данилов И.Л. Изучение основных физических характеристик ионизирующих излучений методом совмещения натурного и виртуального экспериментов …….…….. 78

Сведения об авторах ……..…... 88

Информационная справка …….. 90

Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты) …….. 98

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) 388-19-74. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISBN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2014

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

МИКРОПРОФИЛИ ДОРОГ И ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСОК ШАССИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

К.С. Иванов, кандидат технических наук, доцент;
А.В. Широухов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Выявлены аналитические зависимости, описывающие статистические характеристики возмущающих функций лесных и проселочных дорог для решения задач анализа динамических нагрузок, действующих на пожарно-спасательные автомобили.

Ключевые слова: динамические нагрузки, виброзащитные системы, характеристики возмущений, возмущающие функции

MICROPROFILES OF ROADS AND DYNAMIC LOADS SUSPENSION CHASSIS ELEMENTS OF FIRE AND RESCUE VEHICLES

K.S. Ivanov; A.V. Shirouhov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article revealed the analytical dependences describing the statistical characteristics of the disturbing functions of forest and country roads to solve the problems of analysis of dynamic loads acting on the fire and rescue vehicles.

Keywords: dynamic loads, vibration protection systems, characteristics of perturbations, perturbing functions

Основными источниками динамического нагружения пожарно-спасательных автомобилей (ПСА) при их движении по дорогам являются дорожные неровности, воздействующие на колеса базовых машин. При этом интенсивность динамических нагрузок в основном зависит от характеристик микропрофиля дорог, скорости движения, конструкции и динамических свойств (параметров плавности хода) ПСА. При достижении динамическими нагрузками предельных (допустимых) значений могут происходить отказы конструктивных элементов ПСА, а это, в свою очередь, приводит к необходимости в процессе разработки ПСА принимать меры по снижению их динамической нагруженности за счет совершенствования имеющихся или создания дополнительных виброзащитных систем, а также определения допустимых режимов их движения по дорогам.

Характеристики возмущений, действующих на ПСА при их движении по дорогам, в основном определяются размерами неровностей дороги (высотой, длиной) и скоростью движения. Поэтому при анализе и оценке нагрузок, действующих на ПСА, в первую очередь должны анализироваться характеристики микропрофилей дорог, определяемые размерами сравнительно коротких неровностей, так как плавные подъемы и уклоны дорог практически не оказывают динамических воздействий.

Характеристики дорожных возмущений являются основой для анализа колебаний ПСА и действующих на них динамических нагрузок.

Анализ условий движения и скоростных режимов движения ПСА показывает, что интенсивность колебаний ПСА в основном определяется длиной и высотой неровностей. Если на асфальтобетонных шоссе у 90 % неровностей высота не выходит за пределы 13–20 мм, то на булыжных шоссе высота неровностей возрастает до 40 мм. На изношенном щебеночном шоссе высоту менее 40 мм имеет только 50 % неровностей, а высота остальных достигает 60–80 мм и более [1].

Общая зависимость между длиной и высотой неровностей не установлена, но, как правило, с увеличением длины неровности возрастает и ее высота. Это предположение не всегда согласуется с результатами измерения неровностей, но представляет практический интерес, так как водителю при движении тем труднее заметить высокую неровность, чем она длиннее.

Колебания автомобиля зависят от траектории, описываемой осями колес. Эта траектория не всегда совпадает с микропрофилем дороги. Колесо сглаживает, нивелирует, поглощает мелкие дорожные неровности. Происходит это по двум причинам: вследствие значительной величины радиуса колеса по сравнению с размерами неровности, а также из-за упругости и гибкости шины.

Влияние дорожных условий на степень неравномерности движения ПСА определяется динамическими нагрузками и сопротивлением движению, которые заставляют водителя снижать скорость движения автомобиля.

Определенный интерес представляют диапазоны скоростей, в пределах которых наиболее часто происходят разгоны (рис. 1).

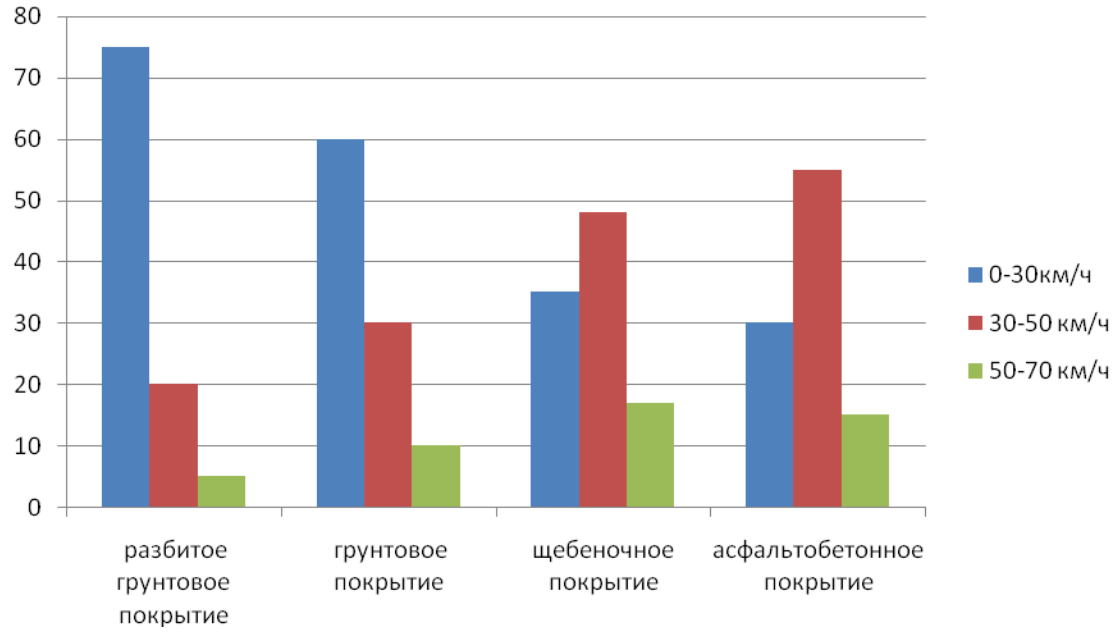


Рис. 1. **Статистика распределения скоростного режима**

Исследования показывают [2], что максимальные скорости движения на грунтовых дорогах, как правило, не превосходили 30–40 км/ч, хотя по своим тяговым возможностям ПСА могли двигаться с более высокими скоростями. Надо полагать, что скорость 50 км/ч можно считать предельной для движения по грунтовым дорогам при существующих конструкциях ПСА с колесными формулами 4х4 и 6х6. При движении по неровным дорогам скорости ПСА не превосходят 25–30 км/ч, а в некоторых случаях составляют всего 5–8 км/ч,

что существенно ограничивает оперативность тушения пожаров в отдаленных и труднодоступных населенных пунктах. Увеличение скоростей движения ПСА за счет совершенствования их динамических систем может значительно повысить эффективность тушения пожаров.

В связи с этим возникает необходимость создания специальных ПСА, способных двигаться по дорогам с плохим покрытием со средними скоростями до 30–50 км/ч.

Восприятие динамических нагрузок различными конструктивными элементами ПСА, а также человеческим организмом в значительной степени зависит не только от интенсивности динамических нагрузок, но и от частоты колебаний. При этом скорости движения ПСА ограничиваются не только из-за возникновения отказов механических и гидравлических систем, но и физиологическими возможностями водителя. Динамические нагрузки, действующие на водителя и на конструктивные элементы конструкции ПСА, как правило, ограничиваются величинами 2,5g–3,0g [3].

Микропрофиль дорог и дорожные возмущения являются случайными функциями и должны, как правило, исследоваться статистическими методами.

Статистические свойства возмущающих функций дорог достаточно полно могут быть описаны корреляционными функциями $K(\tau)_q$, спектральными плотностями $S(\nu)_q$ и законами распределения ординат микропрофиля дорог (высот неровностей) $F(q)$. Эти характеристики дорожных возмущений являются основой для анализа колебаний ПСА и действующих на них динамических нагрузок.

Корреляционная функция $\mathrm{K}(\Delta\ell)_q$ в дискретном виде определяется следующим выражением:

$$\mathrm{K}(\Delta\ell)_q = \frac{1}{N-1}\sum_{j=1}^{N-n}\left[q(l_j) - m_q\right]\left[q(l_j+\Delta l) - m_q\right],$$

где N – общее число ординат на рассматриваемой реализации; n – число ординат на отрезке $\Delta\ell$; ℓ – расстояние.

Обычно корреляционные функции дорог могут быть аппроксимированы зависимостями вида:

$$\mathrm{K}(\Delta\ell)_q = \sigma_q^2\sum_i A_i \ell^{\alpha_{oi}|\Delta\ell|}\mathrm{Cos}\beta_{oi}\Delta\ell, \qquad (1)$$

где α_{oi}, β_{OI} – коэффициент корреляционной связи, 1/м; A_i – эмпирические коэффициенты, $\sum_i A_i = 1$.

Характер возмущающего действия дорожных неровностей на ПСА зависит не только от микропрофиля дороги, но также от скорости его движения. Поэтому при исследовании динамики ПСА, движущегося по дороге, интерес представляют вероятностные характеристики не самого микропрофиля, а того случайного процесса, который описывает во времени вертикальные перемещения точки контакта колес агрегата с дорогой. Этот случайный процесс $q(t)$ называется возмущающей функцией дороги [4].

Вероятностные характеристики возмущающих функций дорог по форме остаются аналогичными вероятностным характеристикам микропрофиля, но изменяются в зависимости от скорости движения. При этом корреляционная функция процесса $q(t)$ будет иметь вид аналогичной зависимостям (1):

$$\mathrm{K}(\tau)_q = \sigma_q^2\sum_{i=1}^{n} A_i \mathrm{e}^{\alpha_i|\tau|}\mathrm{Cos}\beta_i\tau;$$

$$\alpha_i = \alpha_{oi} V \; ; \quad \beta_i = \beta_{oi} V \; , \tag{2}$$

где V– скорость движения; τ – сдвиг по времени; $\tau = \Delta\ell / V$.

Весьма важной вероятностной характеристикой возмущающих функций дорог является спектральная плотность $S(t)$, которая представляет собой преобразование по Фурье корреляционной функции $K(\tau)_q$ [5], то есть:

$$\mathrm{S}(\nu)_q = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty K(\tau)_q \, C\mathrm{os}\, \nu\tau \mathrm{d}\tau \quad ,$$

где ν – частота.

По физическому смыслу спектральная плотность определяет распределение дисперсии ординат процесса σ_q^2 по частотам. При этом:

$$\sigma_q^2 = \int_0^\infty \mathrm{S}(\nu)_q \, d\nu \quad .$$

Для корреляционной функции вида (2) спектральная плотность определяется зависимостью [5]:

$$S(\nu)_q = \frac{2\sigma_q^2}{\pi} \sum_{i=1}^{f} A_i \alpha_i \frac{\nu^2 + \alpha_i^2 + \beta_I^2}{\left(\nu^2 + \alpha_i^2 + \beta_i^2\right)^2 - 4\beta_i^2 \nu^2} . \tag{3}$$

Максимумы каждой из составляющих спектральной плотности $S(\nu)_q$ соответствуют частотам:

$$\nu_* = \sqrt{\alpha_i^2 + \beta_i^2} \; . \tag{4}$$

Общий вид графиков спектральных плотностей $\mathrm{S}(\nu)_q$ для различных скоростей движения ПСА представлен на рис. 2.

Зависимость (3) с учетом (2) и (4) и рис. 2 показывают, что спектральные функции возмущающих функций дорог с увеличением скорости движения растягиваются вдоль оси частот, а их максимумы уменьшаются и смещаются в сторону больших частот пропорционально скорости. Указанная закономерность позволяет для построения спектральных плотностей возмущающих функций дорог при различных скоростях движения использовать простой графоаналитический метод, заключающийся в следующем.

Пусть имеется исходная спектральная плотность $S(\nu)_q$, построенная по зависимостям (2) и (3) для скорости ν_1. Тогда для построения спектральной плотности $S(\nu)_{q2}$ для скорости ν_2 необходимо любую точку исходной спектральной плотности $S(\nu)_{q1}$ переместить в точку графика с координатами:

$$S(\nu)_{q_2} = S(\nu)_{q_1} \frac{V_1}{V_2} \; ; \quad \nu_2 = \nu_1 \frac{V_2}{V_1} ,$$

где ν_1, ν_2 – частоты максимумов спектральных плотностей $S(\nu)_{q1}$ и $S(\nu)_{q2}$.

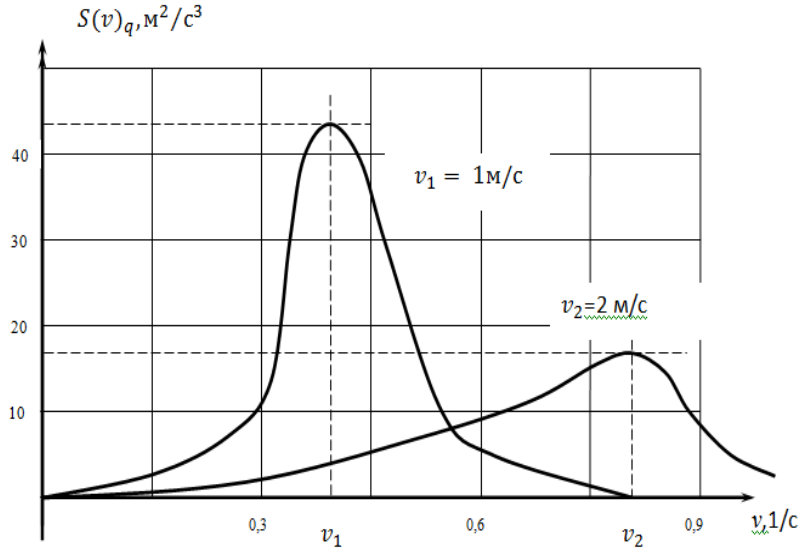


Рис. 2. **Спектральные плотности возмущающих функций дороги**

При изменении скорости движения дисперсия o_q^2 и математическое ожидание $M(q)$ остаются неизменными, так как ординаты процесса $q(t)$ практически не зависят от скорости при постоянном контакте колес с дорогой. Тогда:

$$\int_0^\infty S(v)_{q_1} = \mathrm{d}v = \int_0^\infty \mathrm{S}(v)_{q_2} \mathrm{d}v_2 \ ,$$

то есть площади под графиками спектральных плотностей $\mathrm{S}(v)_{q_2}$ и $\mathrm{S}(v)_{q_2}$ остаются одинаковыми (рис. 2).

Следует подчеркнуть, что основная энергия возмущающих функций дорог при эксплуатационных скоростях движения ПСА приходится на диапазон частот до 200 1/с. При больших частотах дорожные возмущения не оказывают существенного воздействия на колеса автомобилей, что объясняется весьма малыми высотами коротких неровностей и нивелирующей способностью шин.

При движении пожарных автомобилей по дороге на их правые и левые колеса действуют соответственно возмущающие функции $q(t)_a$ и $q(t)_y$, вероятностные характеристики которых аналогичны.

Вертикальная $q(t)_a$ и угловая $q(t)_y$ составляющие возмущающих функций дорог, вызывающие колебания ПСА в поперечной плоскости, определяются зависимостями:

$$q(t)_в = \frac{q(t)_п + q(t)_л}{2}; \quad q(t)_y = \frac{q(t)_п - q(t)_л}{2}.$$

Корреляционные функции этих составляющих $K(\tau)_{qa}$ и $K(\tau)_{qy}$, учитывая, что $K(\tau)_{qa} = K(\tau)_{qa} = K(\tau)_q$; $K(\tau)_{qy} = K(\tau)_{qy} = K(\tau)_q$, могут быть записаны в виде:

$$K(\tau)_{qв} = \frac{1}{4}\left[2K(\tau)_q + K(\tau)_{q_п q_л} + K(\tau)_{q_л q_п}\right];$$

$$K(\tau)_{qy} = \frac{1}{4}\left[2K(\tau)_q - K(\tau)_{q_n q_л} - K(\tau)_{q_л q_n}\right],$$

где $K(\tau)_{qa}$, $K(\tau)_{qy}$ – корреляционные функции возмущающих функций дороги правых и левых колес ПСА.

Поскольку функции $q(t)_a$ и $q(t)_y$ представляют собой реализации одного и того же стационарного случайного процесса $q(t)_a$, то при равенстве нулю его математического ожидания m_q зависимость для взаимной корреляционной функции $K(\tau)_{q_n q_л}$ будет иметь вид:

$$K(\tau)_{q_n q_л} = M\left[q(t)_n\, q(t-\tau_1)_л\right] ,$$

где M – знак математического ожидания.

При этом $K(\tau)_{q_л q_n} = K(-\tau)_{q_n q_л} \cdot K(\tau)_{q_л q_n} = K(-\tau)_{q_л q_n}$.

Взаимные корреляционные функции $K(\tau)_{q_n q_л}$ и $K(\tau)_{q_л q_n}$ по характеру изменения и частотному составу аналогичны корреляционной функции $K(\tau)_q$. Максимум взаимной корреляционной функции сдвинут относительно начала координат на величину τ_0 (рис. 3), которая определяет сдвиг относительно друг друга возмущающих функций дорог, действующих на правые $q(t)_n$ и левые $q(t)_л$ колеса ПСА.

Приведенные зависимости являются исходными при анализе поперечных колебаний ПСА при их движении по дорогам.

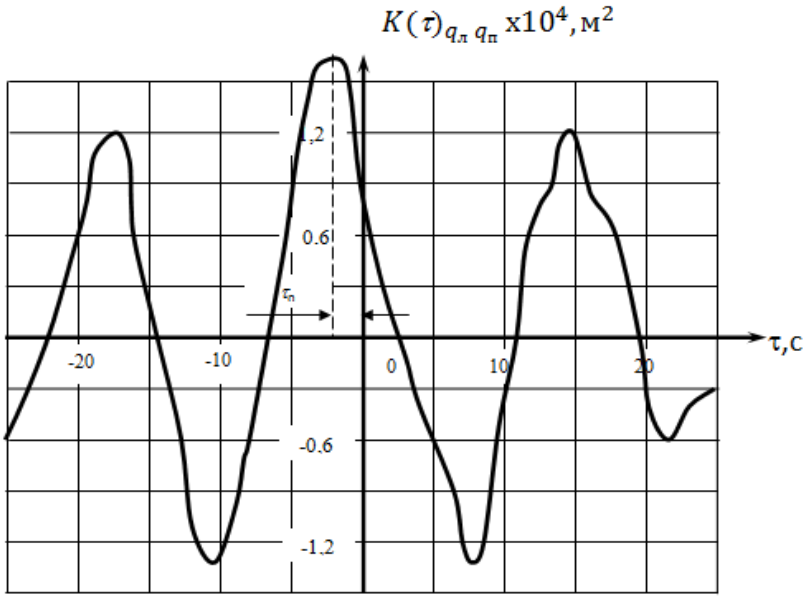


Рис. 3. **Взаимная корреляционная функция $K(\tau)q_n q_л$ (малоизношенная грунтовая дорога, V=1 м/с)**

Следует подчеркнуть, что наличие в случайном процессе многих составляющих с различными основными частотами β_i, ограниченность по продолжительности анализируемых реализаций, ошибки обработки могут приводить к определенному искажению вида взаимных корреляционных функций дорожных возмущений [5]. Однако,

как правило, указанные закономерности в основном сохраняются. В рассматриваемом случае (рис. 2) $\tau_0 \cong 1\ c$ при $V=1\ м/с$, что соответствует сдвигу функции $q(t)_a$ относительно $q(t)_a$ на величину около 1 м. Вертикальные составляющие дорожных возмущений $q(t)_{B\rho}$ будут иметь наибольшую интенсивность при $\tau_0 = 0$, а угловые составляющие $q(t)_{y\rho}$ – при $\tau_0 = \dfrac{\pi}{\beta_1}\cdot$.

В тех случаях, когда коэффициенты корреляционной связи α_{oi} близки к нулю (спектральные плотности имеют острые максимумы), микропрофили дорог, а, следовательно, и их возмущающие функции могут быть описаны полигармоническими или гармоническими функциями вида [4]:

$$q(t) = \sum_i q_{oi} Sin \nu_{oi} t$$

или

$$\mathrm{q(x)} = q_o \mathrm{Sin}\, \nu_o t \quad ,$$

где q_o, ν_o – амплитуда и частота гармонического процесса.

$$\nu_o = \frac{2\pi V}{l_0} \quad ,$$

где l_0 – длина неровностей.

Параметры гармонического процесса дорожных возмущений связаны с его вероятностными характеристиками следующими соотношениями [6]:

$$\nu_o = \sqrt{\alpha_i^2 + \beta_i^2} \ ; \ q_o = \sigma_q \sqrt{2}_{\ q} \quad .$$

Исследования показывают, что колеса пожарных автомобилей вследствие сравнительно большого диаметра, а также упругости и гибкости шин обладают способностью «сглаживать» дорожные неровности. При этом даже при проезде прямоугольной неровности возмущающая функция имеет плавную форму [3].

Максимальные высоты неровностей $h_{q_{\max}}$, появление которых на дорогах определяется весьма малой вероятностью P_0, могут быть определены на основе положений теории выбросов случайных процессов за заданный уровень [5].

Пользуясь тем, что очертания неровности обычно плавные, примем ее профиль синусоидальным относительно средней линии неровности. При этом профиль неровности, представленный на рис. 4, может быть описан зависимостью вида:

$$q = q_o\left(1 - Cos 2\pi \frac{x}{s}\right),$$

где s – длина неровности.

Учитывая, что $x = Vt$, получаем:

$$q = q_0\left(1 - \cos\frac{2\pi V}{s}t\right) = q_0(1 - \cos\nu_e t),$$

где обозначено:

$$\nu_e = \frac{2\pi V}{s}.$$

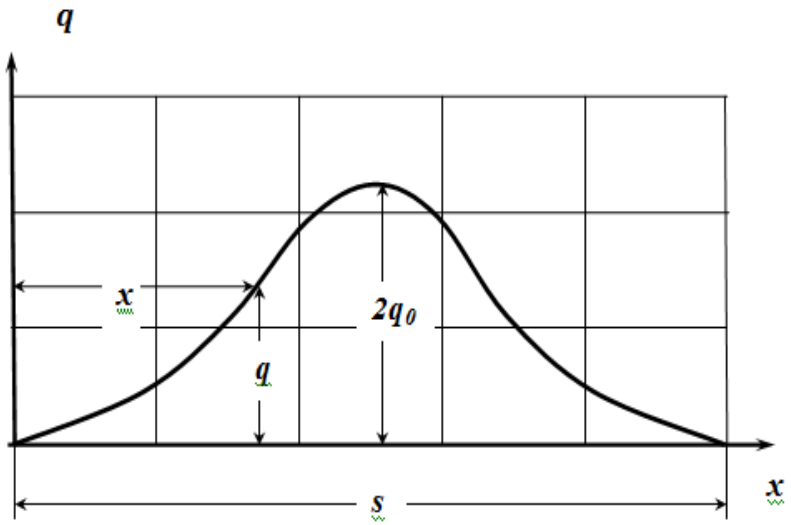


Рис. 4. **Неровность синусоидального профиля**

При единичных неровностях понятие частоты теряет смысл. Тогда величина ν_e может быть связана со временем проезда неровности (продолжительностью действия возмущения):

$$T_e = \frac{2\pi}{\nu_e}.$$

Аналитические зависимости, описывающие статистические характеристики возмущающих функций лесных и проселочных дорог (дисперсий, законов распределения высот дорожных неровностей, спектральных плотностей), являются исходными данными для решения задач анализа динамических нагрузок, действующих на ПСА.

Литература

1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Академия, 2003.

2. Понизовкин А.И. Краткий автомобильный справочник. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1985. 220 с.

3. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. М.: Машиностроение, 1972.

4. Статистическое исследование возмущающих функций дорог / Е.В. Грачев [и др.] // Автомобильная промышленность. 1969. № 12.
5. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. М.: Наука, 1968.
6. Теория колебаний / А.А. Андронов [и др.]. М.: Наука, 1981. 568 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ ОПАСНОСТИ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Д.П. Сафонов;
М.И. Гвоздик, кандидат технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены основные понятия нечеткой логики. Приведен пример разработанного алгоритма оценки нечетких данных факторов опасности для принятия автономного решения об эвакуации робототехнического комплекса.
Ключевые слова: нечеткая логика, обработка информации, автономное функционирование

DEVELOPING AN ALGORITHM FOR ASSESSING HAZARDS ROBOTIC SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC

D.P. Safonov; M.I. Gvozdik. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article includes basic concepts of fuzzy logic and an example of the developed fuzzy algorithm estimates data hazards for making autonomous decision for evacuation of robotic system.
Keywords: fuzzy logic, information processing, autonomous functioning

Используемая человеком информация субъективна, ее представление содержит большое количество неопределенностей. В связи с этим одной из важнейших проблем науки на сегодняшний день является построение моделей приближенных рассуждений человека и использование их в компьютерных системах будущих поколений. Значительное продвижение в этом направлении сделано профессором Калифорнийского университета Беркли Лотфи Заде. В последнее время нечеткая технология завоевывает все больше сторонников среди разработчиков систем управления.

За прошедшее время нечеткая логика прошла путь от почти антинаучной теории, практически отвергнутой в Европе и США, до банальной ситуации конца девяностых годов, когда в Японии в широком ассортименте появились нечеткие бритвы, пылесосы, фотокамеры.

Нечеткое управление оказывается особенно полезным, когда технологические процессы являются слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов или когда доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно или неопределенно. Нечеткая логика, на которой основано нечеткое управление, ближе по духу к человеческому мышлению и естественным языкам, чем традиционные логические системы. Нечеткая логика, в основном, обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей и неточностей реального мира.

Наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности [1].

Теория нечетких множеств (fuzzy sets theory) ведет свое начало с 1965 г., когда профессор Лотфи Заде из университета Беркли опубликовал основополагающую работу «Fuzzy Sets» в журнале «Information and Control». Прилагательное «fuzzy», которое можно перевести на русский как нечеткий, размытый, ворсистый, пушистый, введено в название новой теории с целью дистанцирования от традиционной четкой математики и аристотелевой логики, оперирующих с четкими понятиями: «принадлежит – не принадлежит», «истина – ложь». Концепция нечеткого множества зародилась у Лотфи Заде «как неудовлетворенность математическими методами классической теории систем, которая вынуждала добиваться искусственной точности, неуместной во многих системах реального мира, особенно в так называемых гуманистических системах, включающих людей».

Началом практического применения теории нечетких множеств можно считать 1975 г., когда Мамдани и Ассилиан построили первый нечеткий контролер для управления простым паровым двигателем. В 1982 г. Холмблад и Остергад разработали первый промышленный нечеткий контроллер, который был внедрен в управление процессом обжига цемента на заводе в Дании. Успех первого промышленного контроллера, основанного на нечетких лингвистических правилах «Если – то» привел к всплеску интереса к теории нечетких множеств среди математиков и инженеров. Несколько позже Бартоломеем Коско была доказана теорема о нечеткой аппроксимации (Fuzzy Approximation Theorem), согласно которой любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечеткой логике. Другими словами, с помощью естественно-языковых высказываний-правил «Если – то», с последующей их формализацией средствами теории нечетких множеств, можно сколько угодно точно отразить произвольную взаимосвязь «вход-выход» без использования сложного аппарата дифференциального и интегрального исчислений, традиционно применяемого в управлении и идентификации.

Системы, основанные на нечетких множествах, разработаны и успешно внедрены в таких областях, как: управление технологическими процессами, управление транспортом [2], медицинская диагностика, техническая диагностика, финансовый менеджмент, биржевое прогнозирование, распознавание образов. Спектр приложений очень широкий – от видеокамер и бытовых стиральных машин до средств наведения ракет ПВО и управления боевыми вертолетами [3]. Практический опыт разработки систем нечеткого логического вывода свидетельствует, что сроки и стоимость их проектирования значительно меньше, чем при использовании традиционного математического аппарата [4].

Математический аппарат нечеткой логики

Характеристикой нечеткого множества выступает функция принадлежности (Membership Function). Обозначим через $MF_c(x)$ – степень принадлежности к нечеткому множеству С, представляющей собой обобщение понятия характеристической функции обычного множества. Тогда нечетким множеством С называется множество упорядоченных пар вида $C=\{MF_c(x)/x\}$, $MF_c(x)$ [0,1]. Значение $MF_c(x)=0$ означает отсутствие принадлежности к множеству, 1 – полную принадлежность.

Проиллюстрируем это на простом примере. Формализуем неточное определение «горячий чай». В качестве x (область рассуждений) будет выступать шкала температуры в градусах Цельсия. Очевидно, что она будет изменяться от 0 до 100 °С. Нечеткое множество для понятия «горячий чай» может выглядеть следующим образом:

C={0/0; 0/10; 0/20; 0,15/30; 0,30/40; 0,60/50; 0,80/60; 0,90/70; 1/80; 1/90; 1/100}.

Так, чай с температурой 60 °С принадлежит к множеству «Горячий» со степенью принадлежности 0,80. Для одного человека чай при температуре 60 °С может оказаться горячим, для другого – не слишком горячим. Именно в этом и проявляется нечеткость задания соответствующего множества [5].

Для нечетких множеств, как и для обычных, определены основные логические операции. Самыми основными, необходимыми для расчетов, являются пересечение и объединение.

Пересечение двух нечетких множеств (нечеткое «И»): A B:

$$MF_{AB}(x)=\min(MF_A(x), MF_B(x)).$$

Объединение двух нечетких множеств (нечеткое «ИЛИ»): A B:

$$MF_{AB}(x)=\max(MF_A(x), MF_B(x)).$$

В теории нечетких множеств разработан общий подход к выполнению операторов пересечения, объединения и дополнения, реализованный в так называемых треугольных нормах и конормах. Приведенные выше реализации операций пересечения и объединения – наиболее распространенные случаи t-нормы и t-конормы.

Для описания нечетких множеств вводятся понятия нечеткой и лингвистической переменных.

Нечеткая переменная описывается набором (N, X, A), где N – это название переменной; X – универсальное множество (область рассуждений); A – нечеткое множество на X.

Значениями лингвистической переменной могут быть нечеткие переменные, то есть лингвистическая переменная находится на более высоком уровне, чем нечеткая переменная. Каждая лингвистическая переменная состоит из:

– названия;

– множества своих значений, которое также называется базовым терм-множеством T. Элементы базового терм-множества представляют собой названия нечетких переменных;

– универсального множества X;

– синтаксического правила G, по которому генерируются новые термы с применением слов естественного или формального языка;

– семантического правила P, которое каждому значению лингвистической переменной ставит в соответствие нечеткое подмножество множества X.

Рассмотрим этапы обработки информации на примере оценки факторов опасности для робототехнического комплекса.

В зависимости от типа чрезвычайной ситуации, факторы опасности для робототехнического комплекса могут быть следующими:

– температура;

– разряд батарей;

– влажность;

– механические повреждения;

– химические повреждения;

– радиационные повреждения и др.

Рассмотрим два основных фактора опасности – температура и разряд батарей.

Предположим, что график принадлежности функции «температура» выглядит следующим образом (рис. 1):

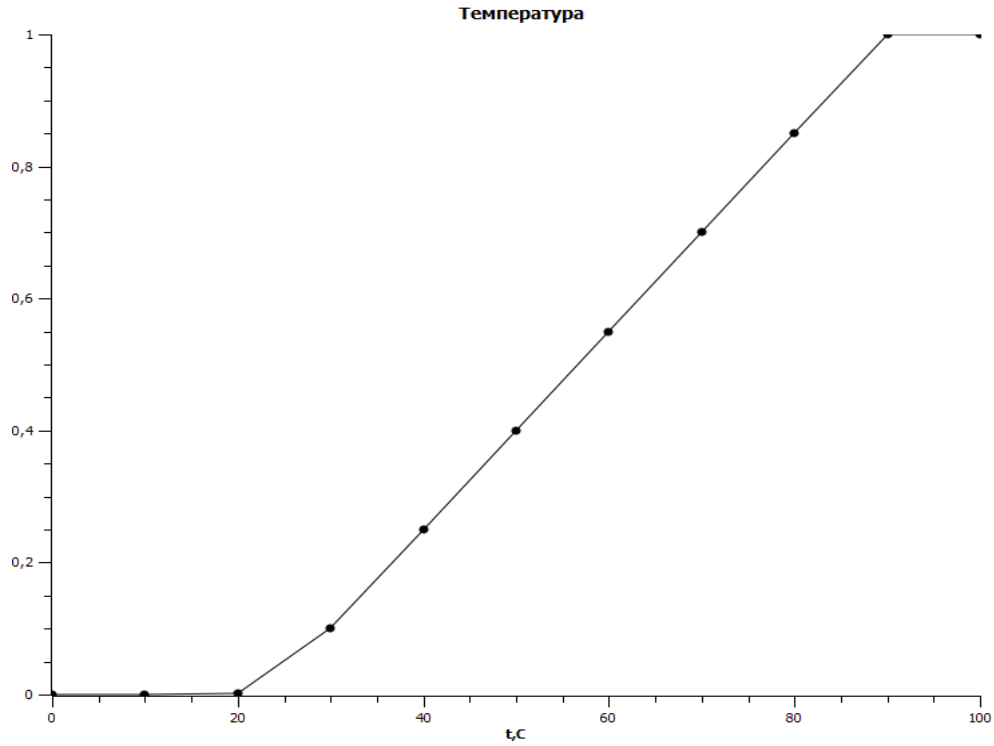


Рис. 1. **График принадлежности функции «температура»**

Пороговые значения заряда батарей практически универсальны для аккумуляторной техники. Предположим, что график принадлежности функции «заряд батарей» выглядит следующим образом (рис. 2):

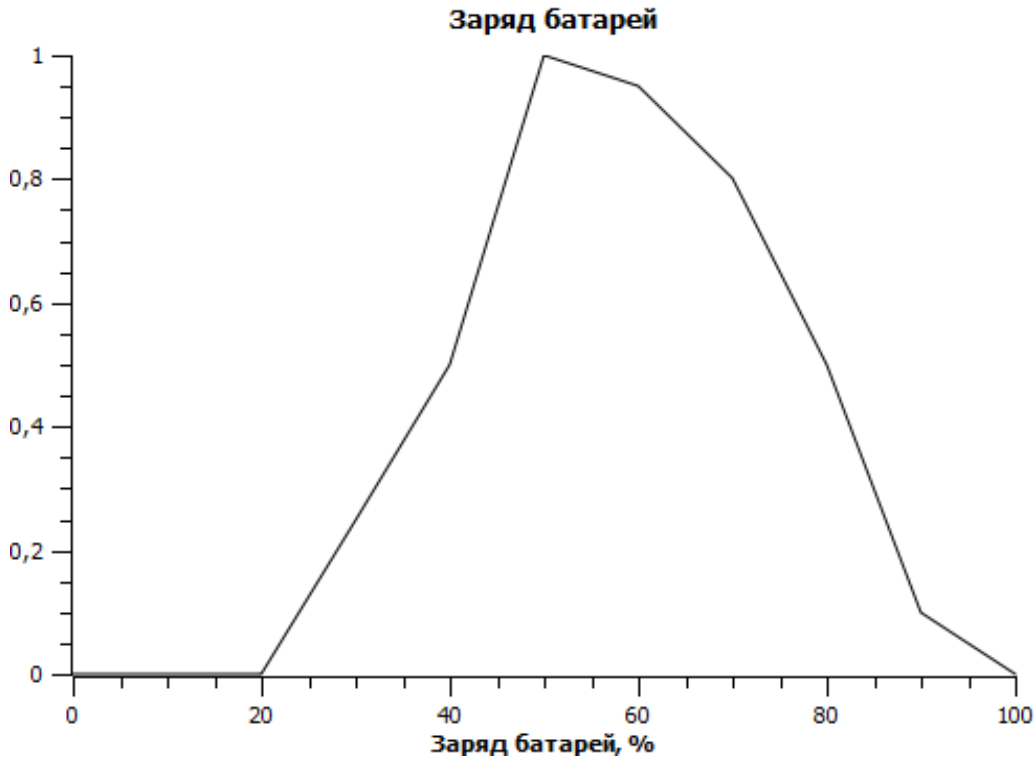


Рис. 2. **График принадлежности функции «заряд батарей»**

Формирование базы правил системы нечеткого вывода

База правил системы нечеткого вывода, соответствующая знаниям эксперта о том, когда робототехническому комплексу следует перейти к алгоритму возвращения, будет выглядеть следующим образом:

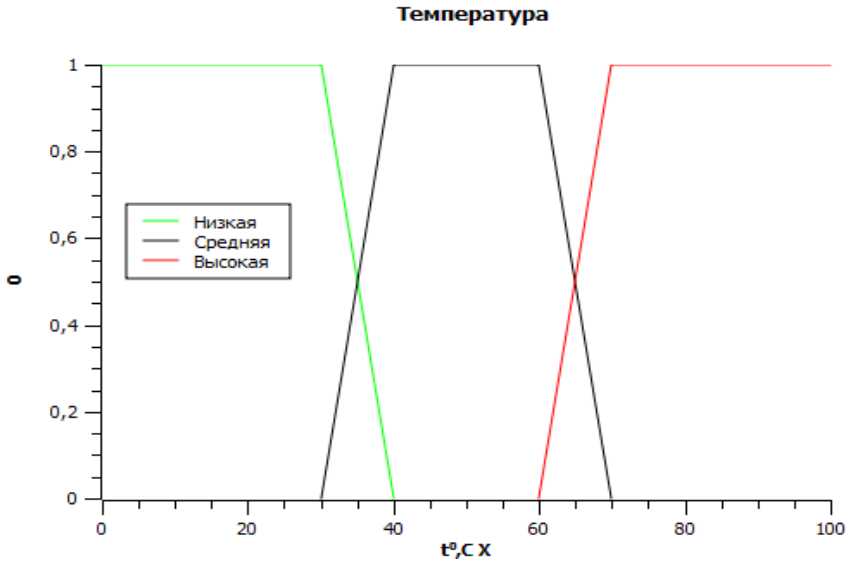
1. Если температура низкая и батареи полные, то опасность =0;
2. Если температура низкая и батареи средние, то опасность =0;
3. Если температура низкая и батареи пустые, то опасность =1;
4. Если температура средняя и батареи полные, то опасность =0;
5. Если температура средняя и батареи средние, то опасность =1;
6. Если температура средняя и батареи пустые, то опасность =1;
7. Если температура высокая и батареи полные, то опасность =1;
8. Если температура высокая и батареи средние, то опасность =1;
9. Если температура высокая и батареи пустые, то опасность =1.

Фаззификация

Фаззификация (введение нечеткости) – это установка соответствия между численным значением входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма лингвистической переменной. На этапе фаззификации значениям всех входных переменных системы нечеткого вывода, полученным внешним по отношению к системе нечеткого вывода способом, например, при помощи датчиков, ставятся в соответствие конкретные значения функций принадлежности соответствующих лингвистических термов, которые используются в условиях (антецедентах) ядер нечетких продукционных правил, составляющих базу нечетких продукционных правил системы нечеткого вывода. Фаззификация считается выполненной, если найдены степени истинности $\mu_A(x)$ всех элементарных логических высказываний вида « β ЕСТЬ $\acute{\alpha}$ », входящих в антецеденты нечетких продукционных правил, где $\acute{\alpha}$ – некоторый терм с известной функцией принадлежности $\mu_A(x)$, а – четкое численное значение, принадлежащее универсуму лингвистической переменной β [6].

Рассмотрим процесс фаззификации шести нечетких высказываний (рис. 3):

– температура низкая;
– температура средняя;
– температура высокая;
– батареи полные;
– батареи средние;
– батареи пустые.



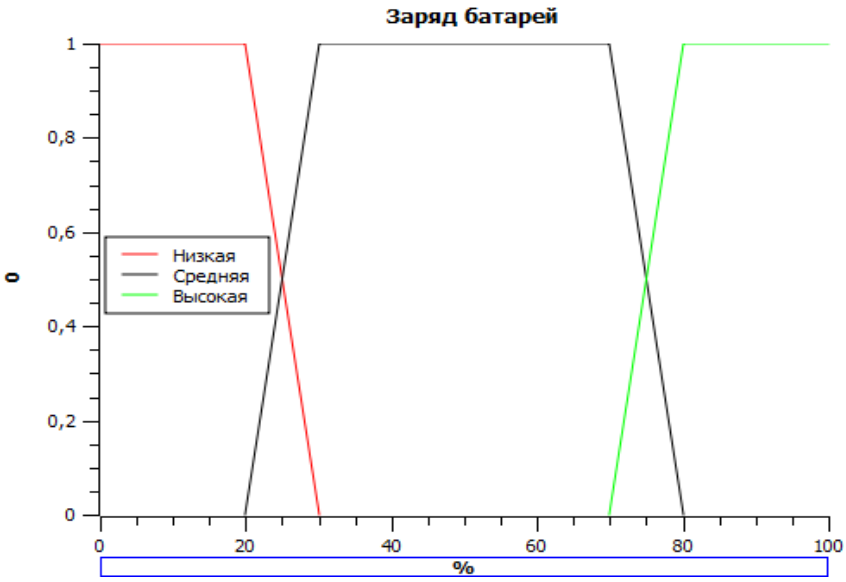


Рис. 3. **Фаззификация нечетких выражений**

Предположим, что t=40 °C и C=25 %. Тогда фаззификация первого нечеткого высказывания дает в результате степень истинности, равную 0. Фаззификация второго нечеткого высказывания дает в результате степень истинности, равную 1. Фаззификация третьего нечеткого высказывания дает в результате степень истинности, равную 1 (рис. 4).

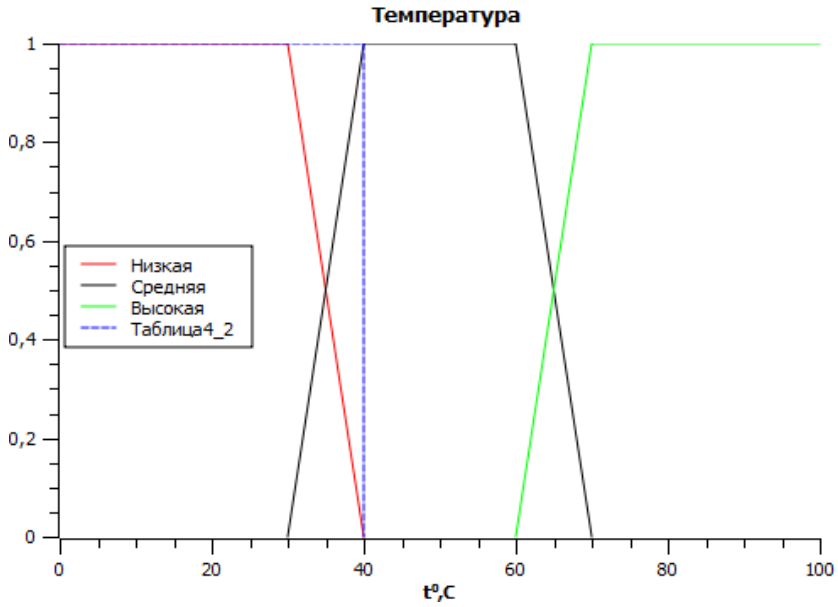


Рис. 4. **Результаты фаззификации при t=40**

Агрегатирование

Агрегирование – это процедура определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода. При этом используются полученные на этапе фаззификации значения функций принадлежности термов лингвистических переменных, составляющих вышеупомянутые условия (антецеденты) ядер нечетких продукционных правил.

Если условие нечеткого продукционного правила является простым нечетким высказыванием, то степень его истинности соответствует значению функции принадлежности соответствующего терма лингвистической переменной.

Если условие представляет составное высказывание, то степень истинности сложного высказывания определяется на основе известных значений истинности составляющих его элементарных высказываний при помощи введенных ранее нечетких логических операций в одном из оговоренных заранее базисов.

Например, с учетом полученных в результате фаззификации значений истинности элементарных высказываний, степень истинности условий для каждого составного правила системы нечеткого вывода по определению необходимости возврата, в соответствии с определением по Заде нечеткого логического «И» двух элементарных высказываний A, B: $T(A \cap B)=\min\{T(A);T(B)\}$, будет следующей.

Правило 1: антецедент «температура низкая» и «батареи полные», степень истинности антецедента $\min\{0;0\}=0$.

Правило 2: антецедент «температура низкая» и «батареи средние», степень истинности антецедента $\min\{0;0,5\}=0$.

Правило 3: антецедент «температура низкая» и «батареи пустые», степень истинности антецедента $\min\{0;0,5\}=0$.

Правило 4: антецедент «температура средняя» и «батареи полные», степень истинности антецедента $\min\{1,00;0\}=0$.

Правило 5: антецедент «температура средняя» и «батареи средние», степень истинности антецедента $\min\{1;0,5\}=0,5$.

Правило 6: антецедент «температура средняя» и «батареи пустые», степень истинности антецедента $\min\{1;0,5\}=0,5$.

Правило 7: антецедент «температура высокая» и «батареи полные», степень истинности антецедента $\min\{0;0\}=0$.

Правило 8: антецедент «температура высокая» и «батареи средние», степень истинности антецедента $\min\{0;0,5\}=0$.

Правило 9: антецедент «температура высокая» и «батареи пустые», степень истинности антецедента $\min\{0;0,5\}=0$.

Активизация

Активизация в системах нечеткого вывода – это процедура или процесс нахождения степени истинности каждого из элементарных логических высказываний (подзаключений), составляющих консеквенты ядер всех нечетких продукционных правил. Поскольку заключения делаются относительно выходных лингвистических переменных, то степеням истинности элементарных подзаключений при активизации ставятся в соответствие элементарные функции принадлежности.

Если заключение (консеквент) нечеткого продукционного правила является простым нечетким высказыванием, то степень его истинности равна алгебраическому произведению весового коэффициента и степени истинности антецедента данного нечеткого продукционного правила.

Если заключение представляет составное высказывание, то степень истинности каждого из элементарных высказываний равна алгебраическому произведению весового коэффициента и степени истинности антецедента данного нечеткого продукционного правила.

Если весовые коэффициенты продукционных правил не указаны явно на этапе формирования базы правил, то их значения по умолчанию равны единице.

Функции принадлежности $\mu(y)$ каждого из элементарных подзаключений консеквентов всех продукционных правил находятся при помощи одного из методов нечеткой композиции:

– min–активизация – $\mu(y)=\min\{ c; \mu(x) \}$;

– prod-активизация – $\mu(y) = c\,\mu(x)$;

– average-активизация – $\mu(y) = 0,5(c + \mu(x))$,

где μ (x) и c – соответственно функции принадлежности термов лингвистических переменных и степени истинности нечетких высказываний, образующих соответствующие следствия (консеквенты) ядер нечетких продукционных правил.

Аккумуляция

Аккумуляция (или аккумулирование) в системах нечеткого вывода – это процесс нахождения функции принадлежности для каждой из μ B (x) } (max-объединение), также выходных лингвистических переменных. Цель аккумуляции состоит в объединении всех степеней истинности подзаключений для получения функции принадлежности каждой из выходных переменных. Результат аккумуляции для каждой выходной лингвистической переменной определяется как объединение нечетких множеств всех подзаключений нечеткой базы правил относительно соответствующей лингвистической переменной. Объединение функций принадлежности всех подзаключений проводится как правило классически $\forall x \in X \ \mu A \cup B (x)=\max\{ \mu A (x)$; могут использоваться операции:

– алгебраического объединения $\forall x \in X \ \mu A+B \ x = \mu A \ x + \mu B \ x - \mu A \ x \cdot \mu B \ x$;

– граничного объединения $\forall x \in X \ \mu A \ B \ x =\min\{ \mu A \ x \cdot \mu B \ x ;1\}$;

– драстического объединения $\forall x \in X \ \mu A \nabla B (x)=\{ \mu B (x)$, если $\mu A (x)=0$, $\mu A (x)$, если $\mu B (x)=0$, 1, в остальных случаях,

а также λ-суммы $\forall x \in X \ \mu (A+B) \ x =\lambda \ \mu A \ x +(1-\lambda) \ \mu B \ x \ ,\lambda \in [0;1]$.

Дефаззификация

Дефаззификация в системах нечеткого вывода – это процесс перехода от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к ее четкому (числовому) значению. Цель дефаззификации состоит в том, чтобы, используя результаты аккумуляции всех выходных лингвистических переменных, получить количественные значения для каждой выходной переменной, которые используются внешними по отношению к системе нечеткого вывода устройствами (исполнительными механизмами интеллектуальной системы автоматического управления).

Переход от полученной в результате аккумуляции функции принадлежности μ (x) выходной лингвистической переменной к численному значению y выходной переменной производится одним из следующих методов:

– метод центра тяжести (Centre of Gravity) заключается в расчете центроида площади $y= \int x \min x \max x\mu(x)dx \int x \min x \max \mu(x)dx$, где [x max ; x min] – носитель нечеткого множества выходной лингвистической переменной;

– метод центра площади (Centre of Area) заключается в расчете абсциссы y, делящей площадь, ограниченную кривой функции принадлежности μ (x) , так называемой биссектрисы площади $\int x \min y \ \mu(x)dx = \int y \ x \max \mu(x)dx$;

– метод левого модального значения y=x min;

– метод правого модального значения y=x max.

Алгоритм нечеткого вывода Мамдани

Рассмотренные этапы нечеткого вывода могут быть реализованы неоднозначным образом: агрегирование может проводиться не только в базисе нечеткой логики Заде, активизация может проводиться различными методами нечеткой композиции, на этапе аккумуляции объединение можно провести отличным от max-объединения способом, дефаззификация также может проводиться различными методами. Таким образом, выбор конкретных способов реализации отдельных этапов нечеткого вывода определяет тот или иной алгоритм нечеткого вывода. В настоящее время остается открытым вопрос критериев

и методов выбора алгоритма нечеткого вывода в зависимости от конкретной технической задачи. На текущий момент в системах нечеткого вывода наиболее часто применяется Алгоритм Мамдани (Mamdani). Он нашел применение в первых нечетких системах автоматического управления. Был предложен в 1975 г. английским математиком Е. Мамдани для управления паровым двигателем.

Формирование базы правил системы нечеткого вывода осуществляется в виде упорядоченного согласованного списка нечетких продукционных правил в виде «IF A THEN B», где антецеденты ядер правил нечеткой продукции построены при помощи логических связок «И», а консеквенты ядер правил нечеткой продукции простые.

Фаззификация входных переменных осуществляется описанным выше способом, так же, как и в общем случае построения системы нечеткого вывода.

Агрегирование подусловий правил нечеткой продукции осуществляется при помощи классической нечеткой логической операции «И» двух элементарных высказываний A, B :$T(A \cap B) = \min\{ T(A);T(B) \}$.

Активизация подзаключений правил нечеткой продукции осуществляется методом min-активизации $\mu(y) = \min\{c; \mu(x)\}$, где $\mu(x)$ и c – соответственно функции принадлежности термов лингвистических переменных и степени истинности нечетких высказываний, образующих соответствующие следствия (консеквенты) ядер нечетких продукционных правил.

Аккумуляция подзаключений правил нечеткой продукции проводится при помощи классического для нечеткой логики max-объединения функций принадлежности $\forall x \in X \; \mu_{A \; B}(x) = \max\{ \mu_A(x) ; \mu_B(x) \}$.

Дефаззификация проводится методом центра тяжести или центра площади.

Литература

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2000. 352 с.

2. Бурдаков С.Ф., Мирошник И.В., Стельмаков Р.Э. Системы управления движением колесных роботов // СПб.: Наука, 2001.

3. Демидова Л.А., Кираковский В.В., Пылькин А.Н. Алгоритмы и системы нечеткого вывода при решении задач диагностики городских инженерных коммуникаций в среде MATLAB. М.: Радио и связь, Горячая линия – Телеком, 2005. 365 с.

4. Градецкий В.Г., Вешников В.Б., Калиничеко С.В. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированным в пространстве поверхностям. М.: Наука, 2001.

5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.

6. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 144 с.

ОЦЕНКА РИСКА АВАРИИ ТРУБОПРОВОДА НА ТЕРРИТОРИИ АЗС

О.М. Медведева, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен способ оценки величины риска аварии в результате разгерметизации принадлежащих автозаправочным станциям трубопроводов, учитывающий особенности их структуры и происходящих в них физических процессов. Использована статистика частот возникновения утечек из технологических трубопроводов. Для вывода зависимостей применен метод анализа размерностей и принцип мультипликативной свертки.

Ключевые слова: автозаправочная станция, техногенный риск, технологические трубопроводы, частота аварийных утечек, разгерметизация трубопровода

RISK ASSESSMENT ACCIDENT PIPELINE ON THE TERRITORY OF PETROL STATION

O.M. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The way of estimating of an accident risk as a result of petrol stations pipelines depressurization was considered. The peculiarities of pipeline structure and pipeline physical processes were taken into account. The emergency leakages frequency statistics of technological pipelines was used. The dimensional analysis method and the multiplicative convolutions principle were used to display the dependencies.

Keywords: Petrol station, technogenic risk, technological pipelines, emergency leakages frequency, pipeline depressurization

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [1], автозаправочная станция (АЗС) относится к опасным производственным объектам. Методика [2], разработанная в развитие этого закона в 2009 г. и дополненная в 2010 г., содержит рекомендации по расчету и оценке пожарного риска таких объектов. АЗС осуществляют целый комплекс функций, в том числе, кроме заправки автотранспортной техники топливом, хранение, продажу смазочных материалов, специальных жидкостей, запасных частей и различных принадлежностей к автомобилям; прием от владельцев индивидуального транспорта отработанных масел; техническое обслуживание и мойку автомобилей. Поэтому вопрос техногенной безопасности АЗС требует более детального рассмотрения.

Существенной частью оборудования АЗС является трубопровод: технологическая схема заправочной станции включает подземные нефтепродуктопроводы общей длиной до 1,8 км (в том числе от подземных емкостей до топливораздаточных колонок). Методикой [2] предусмотрена возможность определять расчетные величины пожарного риска для технологических трубопроводов и для линейной части магистральных трубопроводов. Специфическими особенностями устройства заправочных станций, не позволяющими напрямую применить упомянутые рекомендации, обусловлена необходимость выработки универсального метода для оценки риска прорыва трубопровода АЗС (как подземного, так и надземного). Отметим, что исследование проводится для станций заправки жидким моторным топливом наземных транспортных средств.

Подобная проблема рассмотрена в работе [3], где получено, что формула для расчета потенциального риска аварии на переходах нефтепродуктопроводов (НПП) через препятствия в результате их разгерметизации, по аналогии с формулой (1) методики [2], может быть записана в виде:

$$R_{\text{ТП}}(t) = \sum_{j=1}^{J} \pi_j \cdot Q_j , \qquad (1)$$

где Q_j – частота утечек из технологических трубопроводов за счет их разгерметизации по *j*-му типу, год$^{-1}$; π_j – условная вероятность аварии НПП в результате его разгерметизации по *j*-му типу.

Обобщенный безразмерный показатель π в уравнении (1) является комплексной вероятностной характеристикой техногенного состояния трубопровода:

$$\pi = \frac{P \cdot Q_L \cdot \tau}{E \cdot G}, \qquad (2)$$

где P – рабочее давление, Па; Q_L – начальный расход горючей жидкости, истекающей из поврежденного трубопровода, м^3/с; τ – длительность отключения аварийного участка трубопровода, с; E – низшая теплота сгорания транспортируемой горючей жидкости, Дж/кг; G – количество горючей жидкости в трубах АЗС, кг.

Числитель комплекса π соответствует энергии, связанной с аварийными утечками нефтепродукта (фактической энергии аварии), знаменатель – потенциальной энергии нефтепродукта, находящегося в трубе между элементами отсекающей арматуры.

Следовательно, чем меньше произведение в числителе комплекса π, тем менее опасен объект. Таким образом, показатель π можно использовать для сравнительной характеристики техногенной безопасности трубопроводов, с условием, что все входящие в него величины определяются с достаточной степенью достоверности.

Этот методический прием можно применить и для технологических трубопроводов АЗС, поскольку физические процессы в магистральных трубопроводах и в соответствующих трубопроводах заправочных станций аналогичны. Основное отличие заключается в величинах диаметров и длин отдельных участков. Однако при этом необходимо выполнить некоторые преобразования, вытекающие из особенностей оборудования АЗС.

Уравнение (2) содержит две взаимосвязанные переменные величины: рабочее давление P и начальную пропускную способность Q_L, поэтому целесообразно одну из них выразить через другую, более достоверно регистрируемую при эксплуатации трубопроводов. Ею является рабочее давление P. Такую замену можно провести на основании зависимостей [2]:

$$G_L = \mu \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_P^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_L \cdot \Delta P_R};$$

$$Q_L = \frac{G_L}{\rho_L},$$

где Q_L – начальный расход жидкости, истекающей из поврежденного трубопровода, м^3/с; G_L – начальный расход жидкости, истекающей из поврежденного трубопровода, кг/с; d_P – диаметр трубопроводов (в случае различных диаметров трубопроводов, связанных с местом разгерметизации, объем выходящей жидкости рассчитывается для каждого трубопровода в отдельности), м; ρ_L – плотность жидкости, кг/м^3; ΔP_R –перепад давления при истечении жидкости из трубопровода под слой, Па; μ – коэффициент расхода.

Тогда уравнение (2) можно преобразовать к виду:

$$\pi = \frac{P \cdot G_L \cdot \tau}{E \cdot G \cdot \rho_L} = \frac{P \cdot \mu \cdot F \cdot \sqrt{2\rho_L \cdot \Delta P_R} \cdot \tau}{E \cdot G \cdot \rho_L}.$$

В случае прорыва трубопровода:

$$\Delta P_R = \rho_L g H_{\text{ж}} - \rho_L g h_{\text{гр}} = \rho_L g (H_{\text{ж}} - h_{\text{гр}}), \qquad (3)$$

где $H_{\text{ж}}$ – напор жидкости в трубопроводе; $h_{\text{гр}}$ – высота грунта над трубопроводом; F – площадь сечения трубы, м^2; g – ускорение свободного падения, м/с^2 (g = 9,81).

Так как глубина промерзания почвы в Санкт-Петербурге в среднем составляет 1,26 м [4], величина $h_{\text{гр}}$ не должна превышать этого значения по экономическим соображениям.

Величина напора жидкости в трубопроводе, как правило, не превышает $H_{\text{ж}} = 60$ м.

Таким образом, высота грунта составляет (0,7÷2,1) от напора жидкости в трубопроводе, следовательно, величиной $h_{\text{гр}}$ в формуле (3) можно пренебречь, тогда получим:

$$\pi = \frac{P \cdot \mu \cdot F \cdot \sqrt{2gH_{\text{ж}}} \cdot \tau}{E \cdot G} = \frac{\mu \cdot \frac{3{,}14}{4} \cdot d_P^2 \cdot \sqrt{\frac{2P^3}{\rho_L}} \cdot \tau}{E \cdot G}. \quad (4)$$

После перемножения постоянных величин $\frac{3{,}14}{4} \cdot \sqrt{2} \approx 1{,}11$ и введения обозначений $d = d_P$; $\rho = \rho_L$, зависимость (4) принимает вид:

$$\pi = \frac{1{,}11 \cdot \mu \cdot d^2 \cdot P^{1,5} \cdot \tau}{E \cdot G \cdot \rho^{0,5}}.$$

Величину комплекса π в определенной точке *(а)* с учетом наличия участков трубопроводов различных диаметров можно вычислить по формуле:

$$\pi = \sum_{i=1}^{S} \frac{1{,}11 \cdot \mu \cdot d_i^2 \cdot P^{1,5} \cdot \tau_i}{E \cdot G \cdot \rho^{0,5}}, \quad (5)$$

где d_i – диаметр *i*-го участка трубопровода; τ_i – длительность отключения *i*-го аварийного участка, с; S – количество участков трубопровода различных диаметров.

Рассмотрим статистику, приведенную в табл. 1 методики [2].

Таблица 1. **Данные о частотах утечек из технологических трубопроводов [2]**

Диаметр трубо-провода, мм	Частота утечек, ($м^{-1}$ $год^{-1}$)				
	малая (диаметр отверстия 12,5 мм)	средняя (диаметр отверстия 25 мм)	значительная (диаметр отверстия 50 мм)	большая (диаметр отверстия 100 мм)	разрыв
50	$5{,}7\ 10^{-6}$	$2{,}4\ 10^{-6}$	–	–	$1{,}4\ 10^{-6}$
100	$2{,}8\ 10^{-6}$	$1{,}2\ 10^{-6}$	$4{,}7\ 10^{-7}$	–	$2{,}4\ 10^{-7}$
150	$1{,}9\ 10^{-6}$	$7{,}9\ 10^{-7}$	$3{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$	$2{,}5\ 10^{-8}$
250	$1{,}1\ 10^{-6}$	$4{,}7\ 10^{-7}$	$1{,}9\ 10^{-7}$	$7{,}8\ 10^{-8}$	$1{,}5\ 10^{-8}$
600	$4{,}7\ 10^{-7}$	$2{,}0\ 10^{-7}$	$7{,}9\ 10^{-8}$	$3{,}4\ 10^{-8}$	$6{,}4\ 10^{-9}$
900	$3{,}1\ 10^{-7}$	$1{,}3\ 10^{-7}$	$5{,}2\ 10^{-8}$	$2{,}2\ 10^{-8}$	$4{,}2\ 10^{-9}$
1200	$2{,}4\ 10^{-7}$	$9{,}8\ 10^{-8}$	$3{,}9\ 10^{-8}$	$1{,}7\ 10^{-8}$	$3{,}2\ 10^{-9}$

На основании сведений, приведенных в табл. 1, можно заключить, что чем больше диаметр трубопровода, тем меньше частота утечек, следовательно, для снижения риска необходимо увеличивать диаметр технологических трубопроводов.

Одновременно, из уравнения (5) следует, что чем больше диаметр, тем выше опасность аварии.

Возникает противоречие, которое необходимо устранять. Для этого нужны аналитические зависимости, взаимно связывающие эти величины.

В табл. 1 приведены значения частоты утечек по отношению к единице длины трубопровода. Обозначив эту величину символом ν_j, получим:

$$Q_j = \nu_j \cdot l,$$

где ν_j – частота утечек по отношению к единице длины трубопровода (относительная частота утечек), ($м^{-1}$ $год^{-1}$); l – длина аварийного участка трубопровода, м; j – номер, соответствующий масштабу утечки (малая, средняя, значительная, большая), j=1, …, 4.

Аппроксимация (по данным табл. 1) зависимости частоты утечек Q_j ($год^{-1}$) от диаметра трубы d (м) приводит к следующим результатам (рис. 1–4):

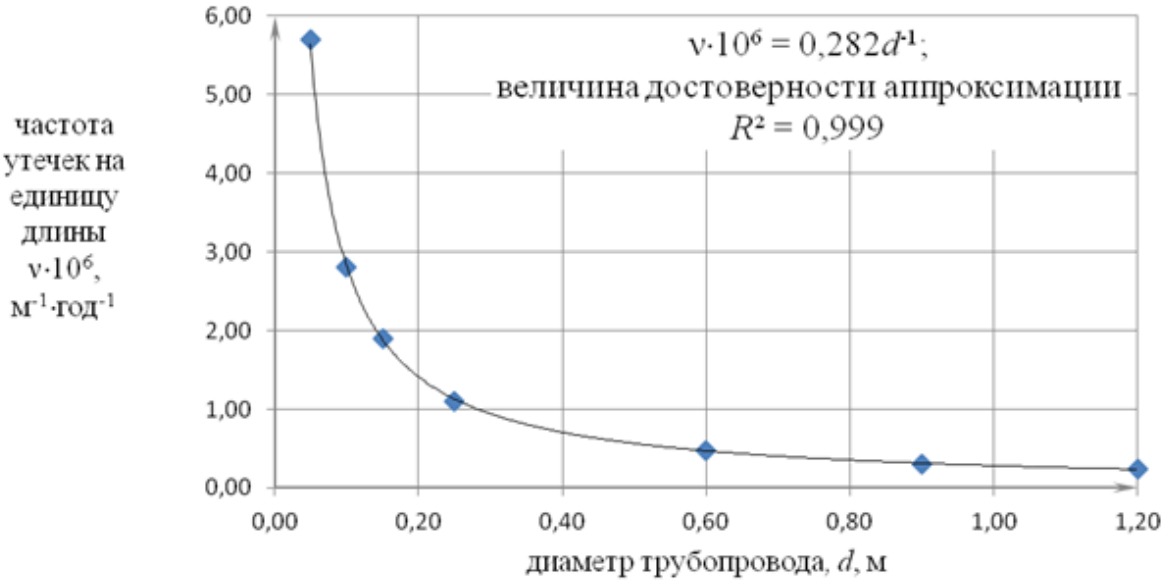


Рис. 1. **Зависимость относительной частоты утечек ν_1 от диаметра трубы d для утечек через отверстие диаметром 12,5 мм**

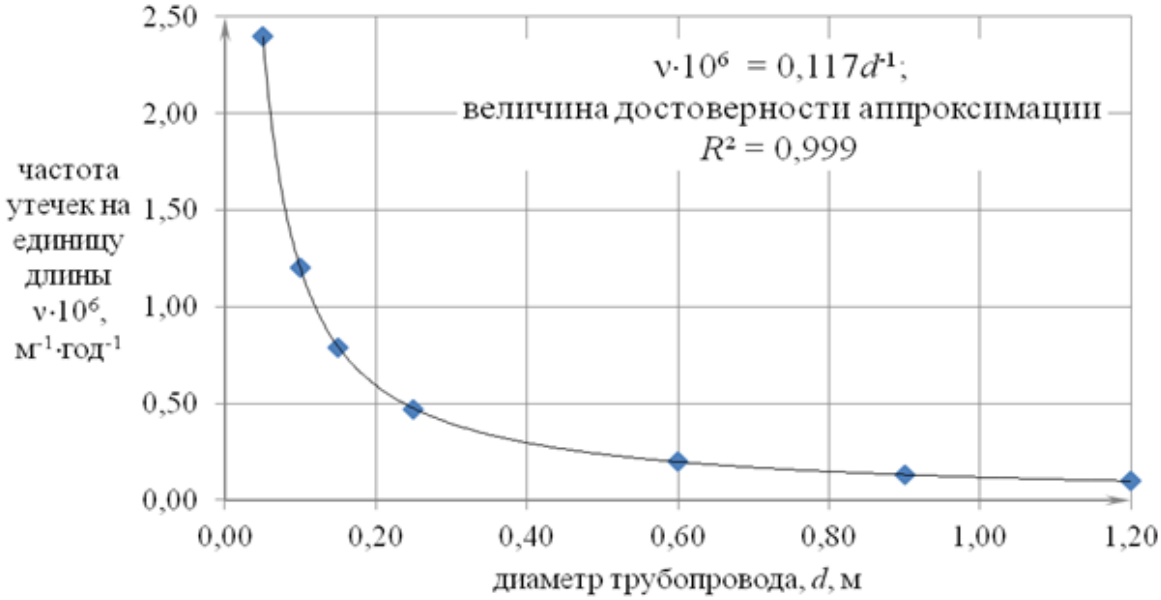


Рис. 2. **Зависимость относительной частоты утечек ν_2 от диаметра трубы d для утечек через отверстия диаметром 25 мм**

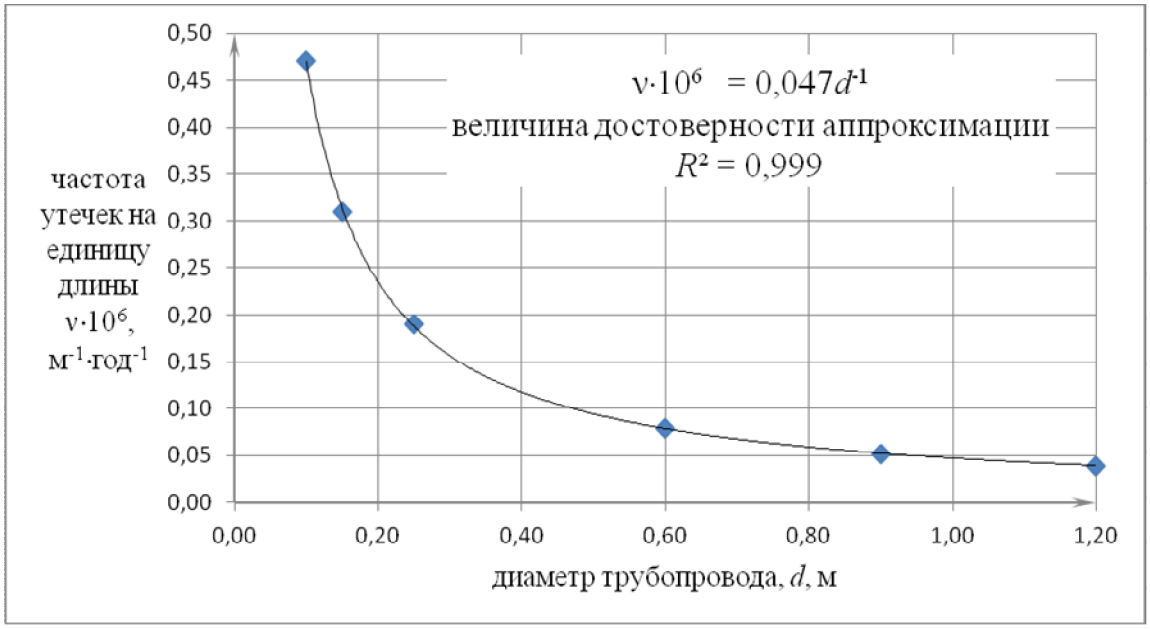


Рис. 3. **Зависимость относительной частоты утечек ν_3 от диаметра трубы *d* для утечек через отверстия диаметром 50 мм**

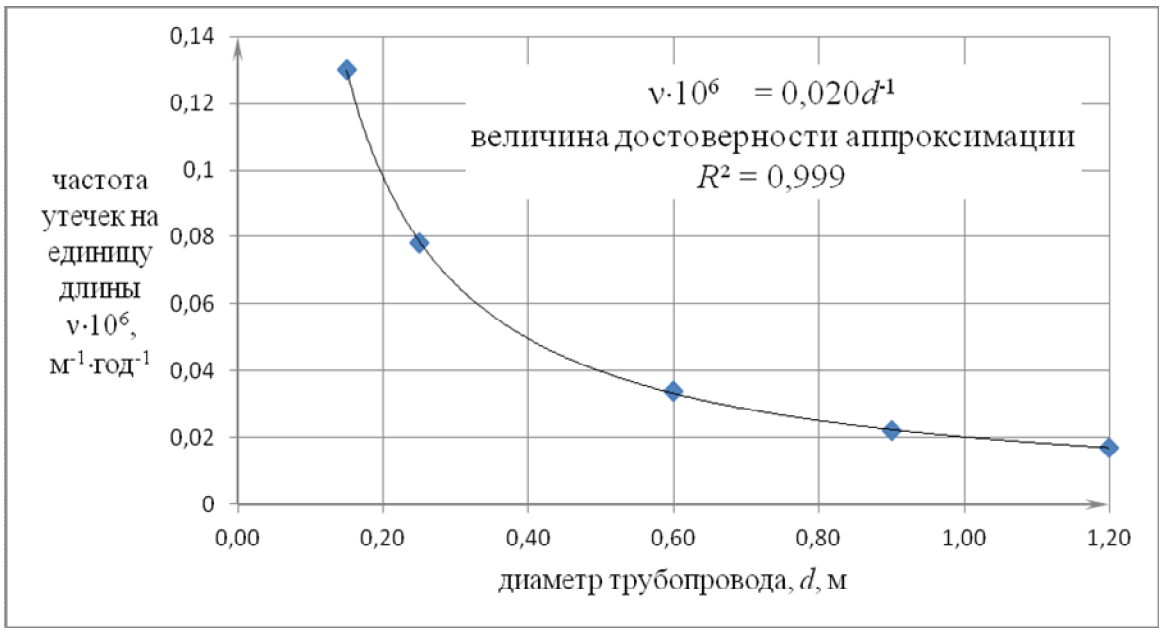


Рис. 4. **Зависимость относительной частоты утечек ν_4 от диаметра трубы *d* для утечек через отверстия диаметром 100 мм**

На основании представленных данных будем считать, что зависимость – обратная пропорциональная вида:

$$\nu \cdot 10^6 = 0{,}020 \cdot d^{-1}$$

(вместо зависимости $\nu \cdot 10^6 = 0{,}020 \cdot d^{-0{,}98}$).

Оценим относительную погрешность округлений.

Обозначим: $y = \nu \cdot 10^6$; $y = 0{,}020 \cdot d^{-1}$; $y' = 0{,}020 \cdot d^{-0{,}98}$.

Тогда относительная погрешность округления:

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{|y - y'|}{y} = \frac{\left|d^{-0,98} - d^{-1}\right|}{d^{-0,98}} = \left|1 - d^{-0,02}\right| = \left|1 - \frac{1}{d^{0,02}}\right|.$$

Если $d = 0,1$ м^2, то $\frac{\Delta y}{y} = 0,047$ или 4,7;

если $d = 0,15$ м^2, то $\frac{\Delta y}{y} = 0,039$ или 3,9;

если $d = 0,25$ м^2, то $\frac{\Delta y}{y} = 0,028$ или 2,8.

Такую величину погрешности можно считать незначительной, отвечающей потребностям практики.

Полученные зависимости, связывающие частоту утечек из трубопровода и диаметр трубы (для различных значений диаметра утечки в трубе), сведены в табл. 2.

Таблица 2. **Результаты аппроксимации зависимости частот аварийных утечек из нефтепродуктопроводов от диаметра трубы**

Диаметр отверстия утечки в трубе, мм	Аналитическая зависимость
12,5	$Q_1 = 0,282 \cdot 10^{-6} \cdot l \cdot d^{-1}$
25	$Q_2 = 0,117 \cdot 10^{-6} \cdot l \cdot d^{-1}$
50	$Q_3 = 0,047 \cdot 10^{-6} \cdot l \cdot d^{-1}$
100	$Q_4 = 0,020 \cdot 10^{-6} \cdot l \cdot d^{-0,98}$

В общем виде уравнение, связывающее частоту утечек и диаметр трубы, можно записать следующим образом:

$$Q_j = k_j \cdot \frac{l_j}{d_j}, \qquad (6)$$

где k_j – коэффициент, характеризующий масштаб утечки (малая, средняя, значительная, большая), год$^{-1}$; d_j – диаметр участка трубопровода, разгерметизированного по *j*-му типу, м; l_j – длина участка трубопровода, разгерметизированного по *j*-му типу, м.

На основании формул (5) и (6), уравнение для расчета риска аварии в результате разгерметизации трубопровода (1) преобразуется к виду:

$$R_{\text{ТП}}(t) = \sum_{j=1}^{4} \sum_{i=1}^{S} \frac{1,11 \cdot \mu \cdot d_{ij}^2 \cdot P^{1,5} \cdot \tau_i}{E \cdot G \cdot \rho^{0,5}} \cdot \frac{k_j \cdot l_{ij}}{d_{ij}},$$

или после сокращения величин:

$$R_{\text{ТП}}(t) = \frac{1{,}11 \cdot \mu \cdot P^{1,5}}{E \cdot G \cdot \rho^{0,5}} \sum_{j=1}^{4} \left(k_j \cdot \sum_{i=1}^{S} d_{ij} \cdot l_{ij} \cdot \tau_i \right), \quad (7)$$

где τ_i – длительность отключения *i*-го участка поврежденного трубопровода; d_{ij} – диаметр *i*-го участка трубопровода, разгерметизированного по *j*-му типу, м; l_{ij} – длина *i*-го участка трубопровода, разгерметизированного по *j*-му типу, м.

Формула (7) позволяет вычислять величину риска аварии в результате разгерметизации трубопровода – одну из составляющих величины риска отказа оборудования на территории АЗС.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. М.: ИНФРА-М, 2008. 150 с.

2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах // Официальный сайт МЧС России. URL: http://www.mchs.gov.ru/document/235257; http://www.mchs.gov.ru/document/235389 (дата обращения: 20.06.2014).

3. Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Модели пожаробезопасных подземных переходов нефтепродуктопроводов через автомобильные дороги // Нефтегазовое дело. 2010. Т. 8. № 1.

4. Строй своими руками. URL: http://stroy-svoimi-rukami.ru (дата обращения: 18.06.2014).

СРЕДНЕСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ

А.Н. Батуро;
С.А. Техтереков, кандидат педагогических наук;
В.С. Коморовский, кандидат технических наук.
Сибирская пожарно-спасательная академия –
филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы оперативного прогнозирования количества техногенных пожаров на региональном уровне. Основным методом прогноза является использование автокорреляционных функций. Также рассмотрена пороговая фильтрация данных для повышения качества прогнозов.

Ключевые слова: прогнозирование, техногенные пожары, автокорреляция, преобразование Фурье, пороговая фильтрация

MEDIUM-TERM FORECASTING OF NUMBER OF FIRES USING AUTOCORRELATION FUNCTIONS

A.N. Baturo; S.A. Tekhterekov; V.S. Komorovskiy. Siberian fire and rescue academy – branch of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article deals with the operational forecasting of number of man-made fires at the regional level. Using the autocorrelation functions is the main method of forecasting. The threshold filtering data is considered to improve the forecasts quality.

Keywords: forecasting, man-made fires, autocorrelation, Fourier transform, threshold filtering

Необходимость составления прогноза пожаров на период один–два месяца обусловлена решением задач планирования обеспечения подразделений ГПС МЧС России, решения кадровых вопросов, определение режимов несения службы. Особенно актуальным это является в труднодоступных районах Крайнего Севера и обширных по площади регионах Сибири, где своевременное обеспечение подразделений всем необходимым может быть затруднено как протяженностью путей сообщения, так и погодными условиями. Кроме того, оперативный прогноз необходим для организации и проведения работ по профилактике и предотвращению пожаров.

Целью данной работы является разработка методики оценочного оперативного прогнозирования количества техногенных пожаров на примере регионов Сибири и Дальнего Востока.

Работа проводилась в рамках проекта по созданию универсальной методики прогнозирования количества техногенных пожаров в различных регионах России. Актуальность работы определяется тем, что существующая в подразделениях МЧС России практика использования показателя «Аналогичный период прошлого года» как основы построения прогнозов и отчетности не в полной мере использует потенциал ретроспективных данных и требует совершенствования.

В настоящей работе прогнозирование основано на использовании автокорреляционных функций для прогнозирования временных рядов. Этот математический аппарат широко используется в экономике, демографии, метеорологии [1–3]. Однако для решения задач обеспечения техносферной безопасности данный метод используется сравнительно редко [4, 5].

Автокорреляционная модель процесса возникновения пожаров

Рассмотрим данные о количестве пожаров в Красноярском крае по месяцам за период с января 2006 г. по июнь 2011 г. [6]. На рис. 1 приведен график изменения количества пожаров за 66 месяцев.

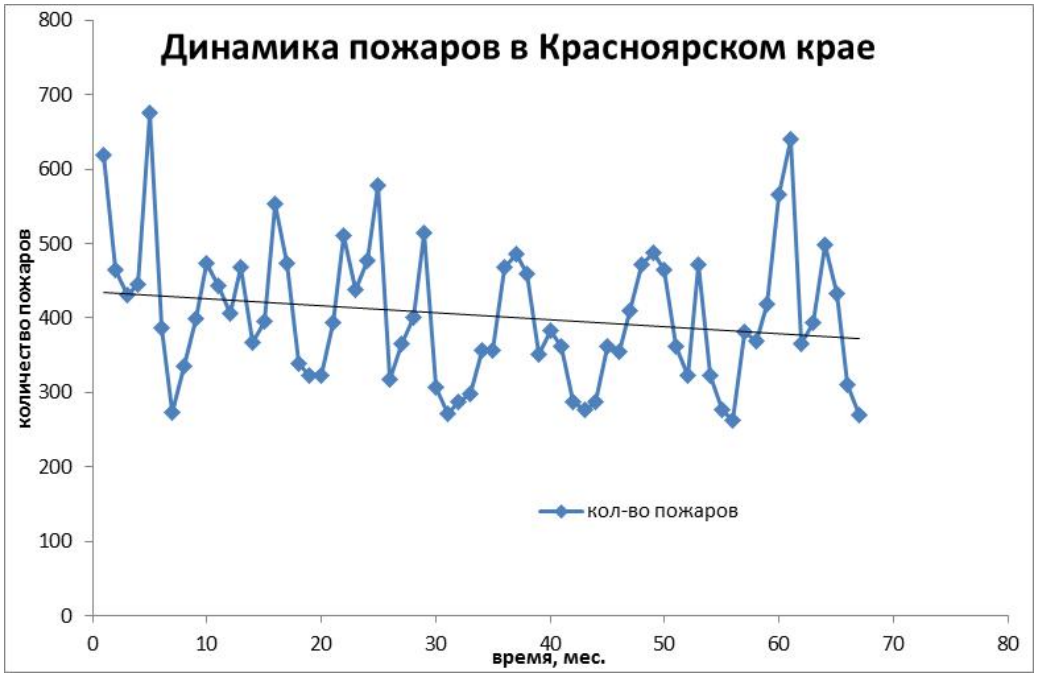


Рис. 1. **Динамика пожаров в Красноярском крае**

Как можно заметить из рис. 1, зависимость количества пожаров от времени представляет собой периодическую функцию с линейным убывающим трендом (линия тренда добавлена на рисунке). Для составления прогноза воспользуемся методами прогнозирования временных рядов [7].

Предположим, что возникновение техногенных пожаров представляет собой стационарный процесс *y(t)*. Найдем автокорреляционную функцию этого процесса.

Основными статистическими характеристиками временного ряда являются математическое ожидание:

$$\bar{y}(t) = M\left[y(t)\right],$$

дисперсия:

$$\sigma^2(t) = D\left[y(t)\right],$$

и автокорреляционная функция временного ряда:

$$\rho(t,s) = \frac{M\left[\left(y(t) - \bar{y}(t)\right) * \left(y(\tau) - \bar{y}(\tau)\right)\right]}{\sigma(t) * \sigma(s)},$$

где $\sigma(t)$, $\sigma(s)$ – средние квадратические отклонения [8, 9]. В приведенных формулах и далее черта над переменной означает осреднение по времени.

Оценками автокорреляционной функции являются выборочные коэффициенты автокорреляции:

$$r(t, t-L) = \frac{\left(\overline{y(t) * y(t-L)}\right) - \left(\overline{y(t)}\right) * \left(\overline{y(t-L)}\right)}{s(t) * s(t-L)},$$

где:

$$s(t) = \sqrt{\left(\overline{y(t) * y(t)}\right) - \left(\overline{y(t)}\right) * \left(\overline{y(t)}\right)};$$

$$s(t-L) = \sqrt{\left(\overline{y(t-L) * y(t-L)}\right) - \left(\overline{y(t-L)}\right) * \left(\overline{y(t-L)}\right)};$$

$$\overline{y(t) * y(t-L)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^{N} y(i)y(i-L)}{N-L}\right), \quad \overline{y(t) * y(t)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^{N} y(i)y(i)}{N}\right), \quad \overline{y(t)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^{N} y(i)}{N-L}\right);$$

$$\overline{y(t-L)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^{N} y(i-L)}{N-L}\right).$$

здесь N – длина ряда, величина лага *L*.

Коррелограмма количества возникших пожаров в Красноярском крае представлена на рис. 2. Пунктирными линиями показан интервал доверительной трубки при доверительной вероятности 0,95. Величина лага была выбрана от L=1 до L=15, что было несколько больше, чем визуально определяемый период колебания количества пожаров.

Рис. 2. **Коррелограмма количества возникших пожаров в Красноярском крае**

Статистический критерий Дарбина–Уотсона для приведенных данных составляет DW=0,059 при DW_{up}=1,634, DW_{low} =1,574. Следовательно, можно предположить наличие положительной автокорреляции, по крайней мере, первого порядка. Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по критерию Стьюдента на уровне значимости 0,05 показывает, что все коэффициенты значимо отличаются от нуля. Как видно из рис. 2, максимальные коэффициенты автокорреляции приходятся на L=1 и L=12, что говорит о наличии выраженной тенденции (тренда) и выраженной периодичности колебаний количества пожаров, с периодом в 12 месяцев. Это хорошо согласуется с априорной информацией.

Модель процесса будем искать в виде:

$$y(t) = a_1 y(t-1) + a_2 y(t-2) + \ldots + a_n y(t-n) + \varepsilon(t), \qquad (1)$$

где n – максимальный учитываемый лаг; ε) – ошибка модели в момент времени t. Параметры модели a_i могут быть выражены через выборочные коэффициенты автокорреляции $r(i)$ в системе уравнений Юла–Уокера:

$$\begin{cases} r(1)=a_1 & +a_2 r(1) & +\cdots+a_n r(n-1), \\ r(2)=a_1 r(1) & +a_2 & +\cdots+a_n r(n-2), \\ \vdots \quad \vdots & \vdots & \vdots \ddots \vdots \\ r(n)=a_1 r(n-1)+a_2 r(n-2)+\cdots+a_n, \end{cases},$$

где n – максимальный лаг. Представим решение данной системы в матричной форме:

$$a = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r(1) & \cdots r(n-1) \\ r(1) & 1 & \cdots r(n-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots \vdots \\ r(n-1) r(n-2) & \cdots & 1 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} r(1) \\ r(2) \\ \vdots \\ r(n) \end{pmatrix}.$$

Для удобства анализа временного ряда сначала проведем его центрирование, вычтя из значений *y(t)* трендовую составляющую:

$$z(t) = y(t) - y_{tr}(t), \quad (2)$$

где $y_{tr}(t)$ – линейный тренд процесса:

$$y_{tr}(t) = a \cdot t + b.$$

Коэффициенты линейной модели тренда, найденные по методу наименьших квадратов, равны *a*=-0,9528, *b*=435,93. Величина коэффициента *a* говорит о снижении количества пожаров в среднем на один пожар/мес. Далее, для центрированного процесса пересчитаем коэффициенты автокорреляции и решим систему уравнений Юла–Уокера. Подставим найденные значения в модель (1), при n=12. Таким образом, получим прогнозирующую модель в виде:

z(t)=0,533·z(t-1)-0,015·z(t-2)-0,098·z(t-3)+0,042·z(t-4)-0,213·z(t-5)-0,363·z(t-6)-0,187 z(t-7)+0,032·z(t-8)-0,127·z(t-9)-0,084·z(t-10)+0,298·z(t-11)+0,579·z(t-12).

Подставив значения центрированной функции, получаем вектор модельных данных, без учета трендовой компоненты. Проведя преобразование, обратное (2), получим модель количества пожаров. Оценим ее погрешность:

$$\varepsilon = t_{\alpha, n-1} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (z(t) - y(t))^2}{n \cdot (n-1)}},$$

где $t\alpha$, n –1 – критерий Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 0{,}05$, n – объем выборки.

Для данного примера получим $\varepsilon = 114$. Проверим метод с помощью ретро-прогнозирования на один месяц вперед, то есть на июль (67-й месяц в нашей постановке задачи):

$$z(67) = 291 \mp 114 \text{ пожаров.}$$

Фактически, на июль 2011 г. в Красноярском крае было зарегистрировано 269 пожаров, ошибка прогноза составила 22 пожара, в сторону завышения, или 8,2 % от фактического числа пожаров.

Средняя ошибка прогноза составляет 51 пожар по абсолютной величине или около 13 % от среднего количества пожаров за рассматриваемый период.

На рис. 3 приведен график исходных данных и модели с прогнозом на один месяц.

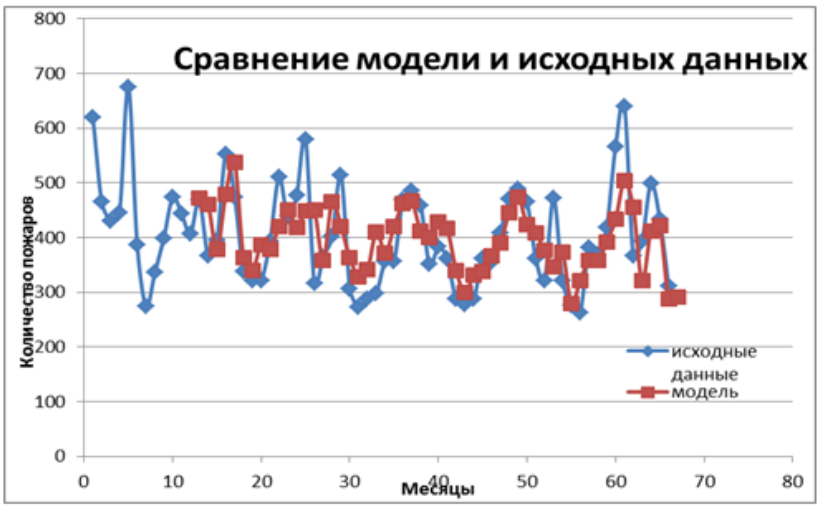


Рис. 3. **Сравнение исходных данных и модели**

Таким образом, получили удовлетворительное совпадение фактических и модельных данных. Построим аналогичные модели для других регионов. Основные результаты моделирования приведены в табл. 1.

Наихудшие результаты имеем для Красноярского края, что, по-видимому, связано с наибольшей географической неоднородностью территории данного региона.

Таблица 1. **Характеристики автокорреляционных моделей для разных регионов**

Регион	Математическое ожидание	Полуширина доверительного интервала	Средняя ошибка	Доля ошибки от среднего, %
Красноярский край	406	114	51	13
Забайкальский край	177	49	19	10
Новосибирская область	337	77	30	9
Иркутская область	360	84	32	9

Исследование спектра процесса возникновения пожаров

Поскольку процесс возникновения пожаров можно рассматривать как некоторый сигнал дискретного времени, для построения прогнозирующих моделей имеет смысл изучить спектр этого сигнала. Для получения спектра будем использовать преобразование Фурье:

$$Y(i\omega) = \int_0^{\infty} y(t) e^{-i\omega t} dt \quad ,$$

где ω – частота сигнала.

Вновь обратимся к данным по Красноярскому краю, сократив временной ряд до N=64 значений (это связано с реализацией алгоритма быстрого преобразования Фурье в системе Mathcad). На рис. 4 приведен спектр возникновения пожаров в Красноярском крае.

Как видно из рис. 4, существенные амплитуды имеются во всех частотных областях спектра, хотя больший вклад вносят области средних и низких частот. Применим пороговый фильтр:

$$G_j = Y_j \Phi(|Y_j| - p) \quad ,$$

где p – величина порога, выбираемая из условия:

$$\varepsilon = \sum_{j=1}^{N} (y_j(t) - g_j(t))^2 \to \min ,$$

где $g_j(t)$ – сигнал после фильтрации, полученный обратным преобразованием Фурье над G. На рис. 4 приведена величина выбранного порога p=85.

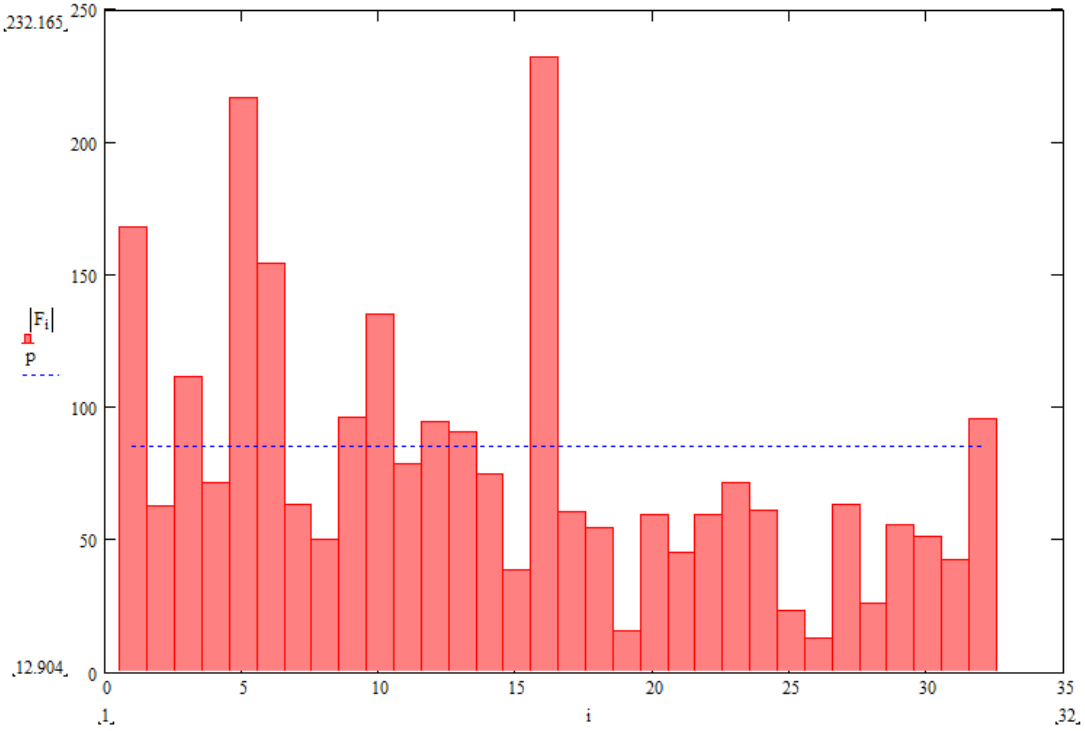


Рис. 4. **Спектр временного ряда количества пожаров в Красноярском крае**

На рис. 5 приведены исходная модель и модель после фильтрации. Построим автокорреляционную модель полученного после фильтрации сигнала по методике, описанной выше. Результаты прогнозирования для различных регионов приведены в табл. 2.

Как следует из табл. 2, имеется незначительное улучшение прогнозных характеристик модели по двум регионам, по Новосибирской области характеристики практически не изменились, по Забайкальскому краю наблюдается незначительное ухудшение характеристик. Таким образом, на данном этапе исследования нельзя дать однозначный ответ на вопрос о необходимости применения спектров Фурье и пороговой фильтрации в задачах прогнозирования пожаров. Однако полученные результаты свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения этого вопроса, в том числе привлечение оконного преобразования Фурье и вейвлет-преобразования.

Таблица 2. **Характеристики автокорреляционных моделей для разных регионов после фильтрации**

Регион	Математическое ожидание	Полуширина доверительного интервала	Средняя ошибка	Доля ошибки от среднего, %
Красноярский край	418	100	44	11
Забайкальский край	179	57	24	13
Новосибирская область	338	63	31	9
Иркутская область	364	73	30	8

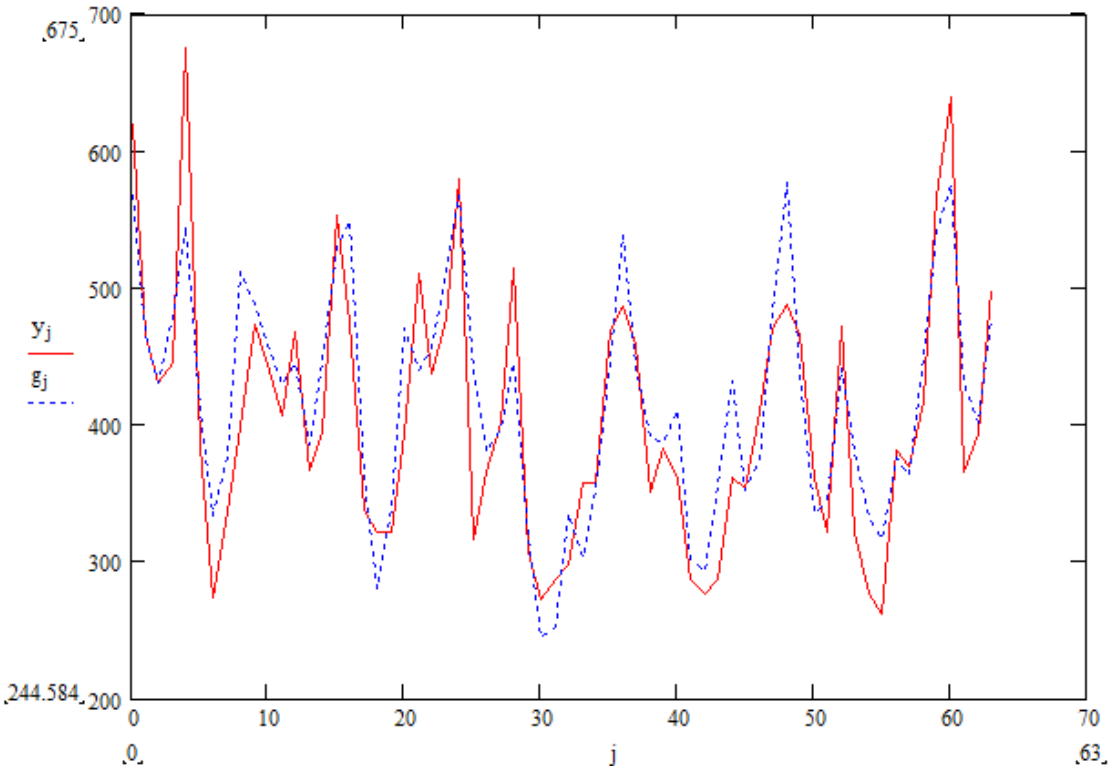


Рис. 5. **Исходные данные и модель после пороговой фильтрации**

Основные результаты и выводы

В настоящее время существует практика прогнозирования количества пожаров, основанная на использовании данных за аналогичный период прошлого года. Подобный подход нуждается, по крайней мере, в уточнении. Для уточнения прогнозов использовался хорошо известный в экономике и эконометрике метод автокорреляции.

Полученные автокорреляционные модели позволяют прогнозировать количество пожаров на месяц вперед с точностью порядка 87–92 % от среднего количества пожаров за весь исследуемый период. Исследования проводились по четырем регионам: Красноярский край, Забайкальский край, Новосибирская область, Иркутская область.

Дополнительно, для повышения качества прогнозирующих моделей, был исследован Фурье-спектр процесса возникновения пожаров и применена пороговая фильтрация. Однако на данном этапе существенных улучшений добиться не удалось.

Предложенный подход к прогнозированию количества техногенных пожаров в масштабе региона позволяет добиться удовлетворительного качества прогноза на период в один месяц. Перспективой данной работы является изучение спектров количества пожаров, полученных путем оконного преобразования Фурье и вейвлет-преобразования.

Литература

1. Ширнаева С.Ю. Краткосрочное прогнозирование факторов макроэкономической стабилизации экономики России // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 120. С. 133–137.

2. Прогноз урожайности зерновых культур как основа прогнозирования объемов сельскохозяйственного производства / К.П. Личко [и др.] // Проблемы прогнозирования. 2007. № 3. С. 60–67.

3. Разложение, анализ и прогноз временных рядов метеопараметров / Л.Ж. Шугунов [и др.] // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. 2005. Т. 55. № 11. С. 15–21.

4. Shumway R., Stoffer D.S. Time Series Analysis and its Applications. Berlin: Springer, 2000. P. 549.

5. Моделирование взаимодействия природных пожаров и объектов защиты / М.В. Берестенькова [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. XXX. № 5–6. С. 103–106.

6. Статистика пожаров // Статистика пожаров, 2011. URL: http://statp.ru/index.php (дата обращения: 11.08.2014).

7. Батуро А.Н. Прогнозирование количества пожаров в регионе на основе теории временных рядов // Технологии гражданской безопасности. 2013. № 3. С. 84–88.

8. Арутюнян С.А. Системы цифровой обработки сигналов. Красноярск: Сиб. гос. технол. ун-т, 2010. 53 с.

9. Доррер Г.А. Теория информационных процессов и систем. Красноярск : Сиб. гос. технол. ун-т, 2009. 202 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТИФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА С ПОРОШКОВЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Ю.П. Заричняк, доктор физико-математических наук, профессор.
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.
В.А. Иванов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.
Институт физико-технических проблем Севера, Сибирское отделение Российской академии наук, г. Якутск.
Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены результаты измерений теплоемкости и теплопроводности композиционных материалов на основе политетрафторэтиленовой матрицы с различной объемной долей дисперсных наполнителей – порошков кокса, дисульфида молибдена и мелкодисперсных алмазов в диапазоне температур 300–550 К.

Ключевые слова: теплоемкость, теплопроводность, композиционные материалы, концентрация, температура

MEASUREMENT OF THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF TEFLON COMPOSITES FILLED BY POWDER FILLERS

Yu.P. Zarichnyak. Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics.
V.A. Ivanov. Institute of physical and technical problems of the North, Siberian branch of the Russian academy of sciences, Yakutsk.
N.N. Romanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The results of measurements of specific heat capacity and thermal conductivity of composites based on polytetrafluoroethylene (teflon) matrix with different volume fraction of filler dispersed powders of coke, molybdenum disulfide and fine diamonds in the temperature range 300–550 K.

Keywords: heat capacity, heat conduction, composite material, concentration, temperature

Теплофизические свойства политетрафторэтилена, наполненного коксом (ФК), дисульфидом молибдена (ФМ) и мелкодисперсным алмазным порошком, исследованы в зависимости от температуры и концентрации наполнителя на приборах ИТ-λ-400, ИТ-С-400

и методом начальной стадии нагрева. Образцы для измерения теплопроводности на приборах ИТ-λ-400, ИТ-С-400 имели форму диска диаметром 15 мм, высотой от 3 до 3,5 мм, а удельной теплоемкости – диаметром 15 мм и высотой от 9 до 10 мм. Эксперименты проведены для одного наполнения с тремя различными образцами.

Теплопроводность наполненного коксом фторопласта изменяется немонотонно – в диапазоне температур от 330 К до 390 К растет медленно: с 390 К до 430 К рост ускоренный, а после 430 К начинается слабое снижение (рис. 1). Получается, что температурная зависимость теплопроводности наполненных фторопластов повторяет ход температурной зависимости теплопроводности и определяется преимущественно матричным компонентом – фторопластом. Именно такой ход температурной зависимости теплопроводности чистого фторопласта наблюдается как в наших экспериментах [1], так и по литературным данным [2]. С повышением концентрации наполнителя теплопроводность композиционного материала увеличивается (рис. 1).

Аналогичные зависимости получены и у фторопласта, наполненного дисульфидом молибдена. Температурные зависимости теплопроводности фторопластов с наполнителями β-сиалон, сиалон 8-46F_1, нитрид кремния – оксид иттрия 6-176F_2 получены для одного значения концентрации наполнителя.

Как известно, алмаз обладает аномально высокими износостойкостью и теплопроводностью. Поэтому фторопласт с алмазным наполнителем является одним из наиболее перспективных антифрикционных материалов для различных отраслей народного хозяйства. Теплофизические свойства наполненных алмазами фторопластов исследовались в зависимости от температуры и объемной доли алмазов.

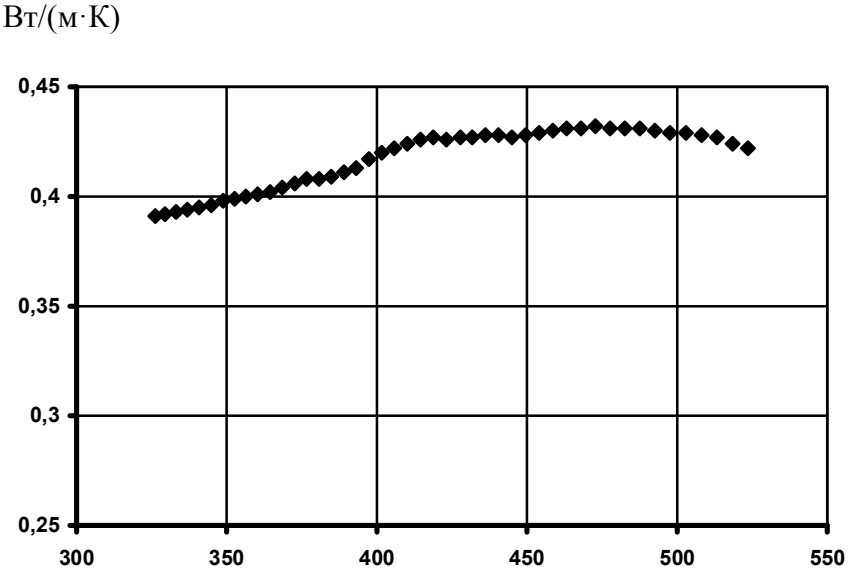


Рис. 1. **Зависимость теплопроводности ФК-40 от температуры**

Содержание алмазов в образцах составляло 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4 от общей массы образца. В диапазоне температур от 360 до 520 К теплопроводность фторопласта (рис. 2), наполненного мелкодисперсным алмазом, меняется практически по линейному закону:

$$\lambda = a + вT \ ,$$

где *а* и *в* – эмпирические коэффициенты, зависящие от массовой С доли алмазного наполнителя (таблица).

Таблица

Массовая доля алмазов, С	0	0,1	0,2	0,3	0,4
а	0,304	0,303	0,325	0,375	0,432
$в \cdot 10^4$	0,92	1,92	1,58	1,42	1,17

λ, Вт/(м·К)

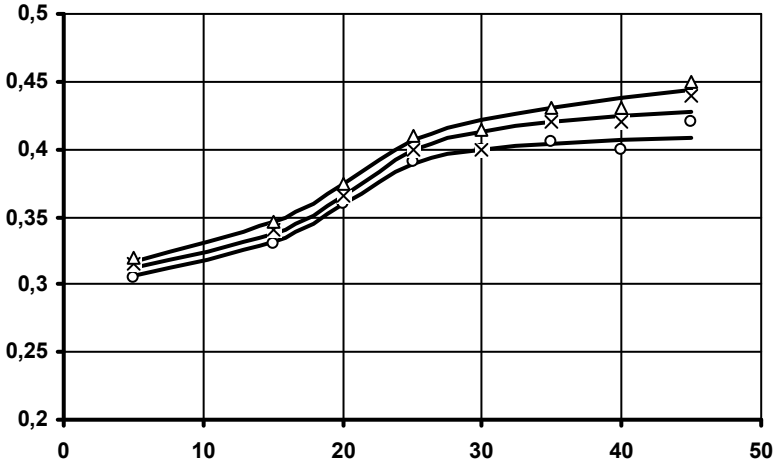


Рис. 2. **Зависимость теплопроводности композитов ФК от массовой доли наполнителя при различных температурах : о – Т = 350 К; × – Т = 400 К; Δ – Т = 450 К**

Температурная зависимость теплоемкости (рис. 3) слабо нелинейная. С ростом температуры различие в удельной теплоемкости фторопластов при различной объемной доле алмазного порошка уменьшается, что объясняется более быстрым увеличением удельной теплоемкости алмаза по сравнению с фторопластовой матрицей при повышении температуры.

С, Дж/(кг·К)

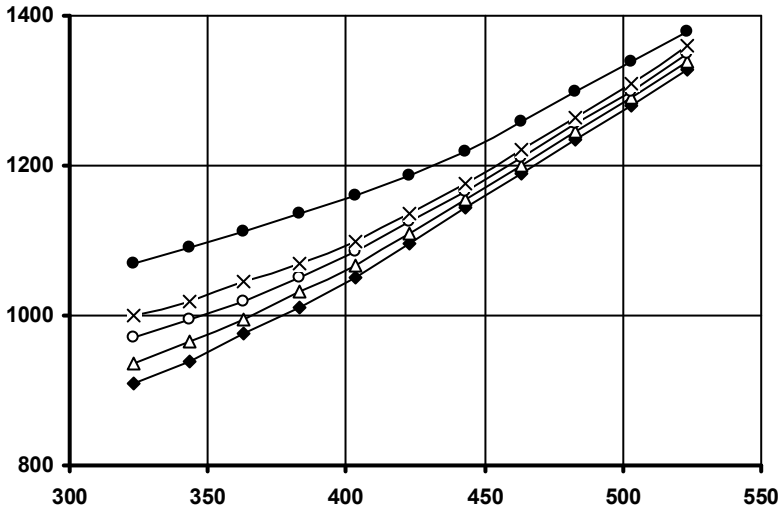


Рис. 3. **Температурная зависимость удельной теплоемкости политетрафторэтилена (●) и композитов с различным объемным содержанием V_2 алмаза : ● – ПТФЭ; × – V_2 = 0,1; о – V_2= 0,2; Δ – V_2= 0,3; ♦ - V_2 = 0,4**

Удельная теплоемкость политетрафторэтилена в зависимости от содержания алмаза изменяется с различной интенсивностью (рис. 4).

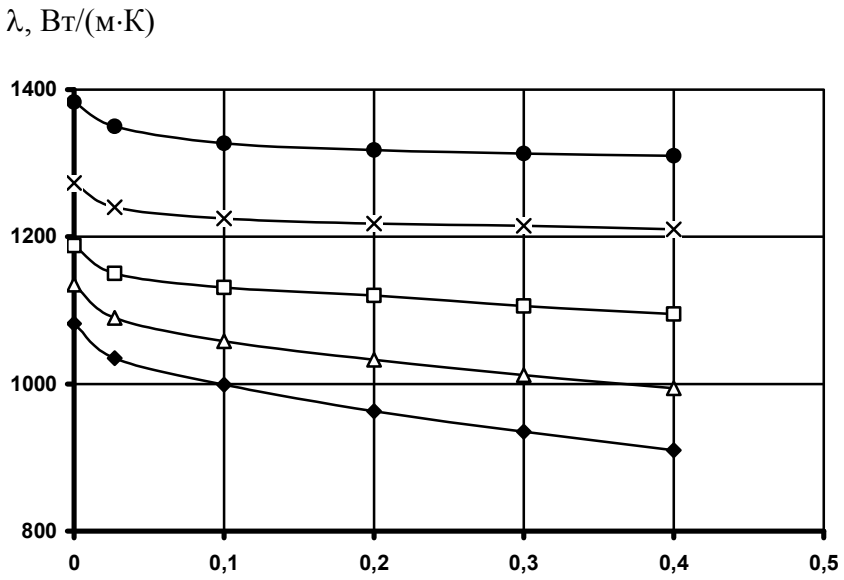


Рис. 4. **Зависимость удельной теплоемкости политетрафторэтилена от объемной доли алмаза V_2 при различных температурах:**
● – Т = 523 К; × – 473; о – 423; Δ – 373; ♦ – Т = 323 К

Сначала добавление алмазного наполнителя от 0 до V_2=0,07 она уменьшается резко, а затем – почти по линейному закону.

Изменение теплопроводности композитов политетрафторэтилен-алмаз в зависимости от объемной доли алмазов имеет более сложный характер (рис. 5). При повышении объемной доли алмазов от 0 до 0,07 теплопроводность быстро увеличивается. В пределах изменения С от 0,07 до 0,2 наблюдается медленный рост λ, а при дальнейшем повышении концентрации наполнителя теплопроводность быстро растет. Такой ход изменения теплопроводности предположительно может быть обусловлен влиянием двух факторов – изменением микроструктуры и теплопроводности слоя фторопластовой матрицы на границе раздела с наполнителем и изменением характера макроструктуры композита – переход от структуры с неконтактирующими вкраплениями наполнителя к структуре бесконечного кластера (по терминологии теории протекания [3]), то есть к непрерывным цепочкам контактирующих частиц наполнителя с высокой теплопроводностью.

При концентрациях от 0,07 до 0,15 частицы алмазного наполнителя в фторопластовой матрице представляют собой все еще не контактирующие между собой включения. Поэтому, при таких концентрациях теплопроводность политетрафторэтилена определяется в основном теплопроводностью матрицы и изменяется слабо. При возникновении первых непрерывных цепочек контактирующих частиц наполнителя $V_2 > (0,15 + – 0,03)$ теплопроводность начинает резко увеличиваться, то есть чем больше концентрация, тем больше координационное число – количество контактов одной проводящей частицы наполнителя с другими.

А резкое возрастание теплопроводности и снижение удельной теплоемкости при малых значениях концентрации наполнителя вероятно можно объяснить тем, что введение наполнителя приводит к частичному упорядочению аморфной фазы фторопластовой матрицы вблизи границы раздела с частицами наполнителя, что согласуется с данными работ [3, 4] по исследованию структурных изменений в наполненных фторопластах на основе измерений затухания ультразвука в широком диапазоне температур.

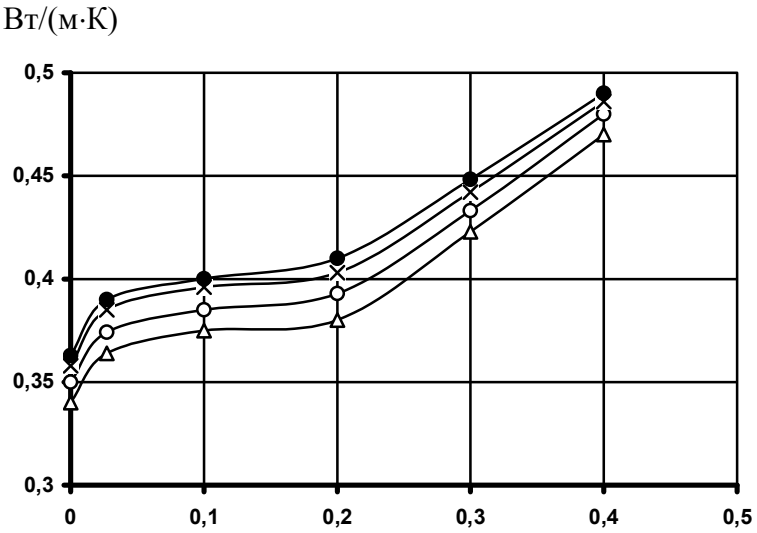


Рис. 5. **Зависимость теплопроводности политетрафторэтилена от объемной доли алмазов V_2 при различных температурах:**
• – Т = 523 К; × – 473 К; о – 423; Δ – 373 К

Аналогичные данные по резкому росту теплопроводности композита с полимерной матрицей при малой объемной доле углеродного наполнителя (единицы процентов) в виде одностенных и многостенных углеродных нанотрубок [5].

Также методом растровой электронной микроскопии О.А. Адриановой [1] показано, что под влиянием наполнителя в структуре фторопласта происходит образование сферолитов, повышение плотности упаковки внутри них, увеличение размеров кристаллитов, что при малом наполнении (до 0,07) фторопласта объясняет резкое увеличение теплопроводности и уменьшение удельной теплоемкости по нелинейному закону. Но при этом необходимо отметить работу [6], где указывается, что не сферолиты определяют свойства полимеров, а более мелкие образования – кристаллиты, возникающие в матричном компоненте вблизи границ раздела с наполнителем.

Литература

1. Адрианова О.А. Исследование и разработка морозостойких антифрикционых полимерных материалов на основе политетрафторэтилена для деталей герметизирующих устройств: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Якутск, 1985. 17 с.

2. Hsu K.L., Kline D.E., Tomlinson J.H. Thermal conductivity of polytetra fluoroethylene // J. Appl. Pol. Sci. 1965. Vol. 9. № 11. P. 3567–3574.

3. Шкловский Б.М., Эфрос А.Л. Теория протекания и проводимость сильно неоднородных сред. М.: УФН, 1975. Т. 117. Вып. 3. С. 401–433.

4. Козырев Ю.П., Коваленко Н.А., Швец Г.В. Исследования затухания ультразвука в наполненных фторопластах: тезисы докладов Всесоюз. науч.-техн. конф. «Свойства и применение полимерных материалов при низких температурах». Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1977. С. 198–199.

5. Евсеева Л.Е., Танаева С.А. Теплофизические свойства эпоксидных нанокомпозитов при низких температурах: Междунар. науч.-техн. конф. «Современные методы и средства исследования теплофизических свойств веществ». СПб. 2010.

6. Абелиов Я.А. Исследование теплофизических свойств полимерных материалов, применяемых в машиностроении, в температурном диапазоне 100÷600 К: автореф. дис. … канд. техн. наук. М., 1981. 18 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ИЗЛУЧАТЕЛЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ТЕПЛОВИЗОРОВ

В.А. Кораблёв, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.
Д.А. Минкин, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
А.В. Шарков, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

Предложена конструкция устройства для калибровки инфракрасных приборов, рассмотрены особенности свободно-конвективного теплообмена на вертикальной поверхности, предложен метод формирования изотермических условий.

Ключевые слова: изотермическая поверхность, свободно-конвективный теплообмен, калибровка, тепловизор

PROVIDING OF ISOTHERMAL CONDITIONS OF CALIBRATING DEVICE EMITTER FOR THERMOVISION CAMERA

V.A. Korablev. Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics.
D.A. Minkin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
A.V. Sharkov. Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics

Construction of calibrating device for thermovision camera is suggested, peculiarities of free convection near the vertical plate are described, method of providing isothermal conditions is suggested.

Keywords: isothermal surface, free convection, calibration, thermovision camera

Тепловизионная техника появилась в прошлом веке, но использовалась главным образом для военных целей, сегодня же она имеет обширную область применения, в том числе при обнаружении и ликвидации пожаров.

Тепловизоры позволяют вести противопожарный мониторинг лесных массивов и торфяников, дают возможность пожарным и спасателям работать в условиях недостаточной видимости и задымленности, удаленно оценивать обстановку, определять направления и эвакуации.

В связи с высокой ответственностью проводимых работ с помощью тепловизоров важное значение имеет точность их показаний, от которой зависит успех выполнения поставленных задач. Калибровка позволяет установить соответствие между показаниями измерительного прибора и значением физической величины. Она позволяет оценить неопределенность полученного результата.

Целью данной работы является расчет параметров излучателя в устройстве для калибровки тепловизоров. Требования к устройству определяются совокупностью параметров, которые заданы в ГОСТ Р 8.619–2006 ГСИ «Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки». Одним из требований является обеспечение высокой

изотермичности (±0,07 К при перегреве над температурой среды 10 К) вертикальной пластины-излучателя, которая находится в свободно-конвективном и лучистом теплообмене с окружающей средой.

Экспериментальные исследования нагретых плоских вертикальных поверхностей, находящихся в условиях свободно конвективного теплообмена с окружающей средой, показывают, что градиент температуры по их поверхности достигает значений 0,1 $\frac{K}{см}$ и более [1].

Такое распределение температуры зависит от ряда факторов, среди них: расположение и мощность источников тепловыделений, значения локального коэффициента теплоотдачи на границе объект-среда, теплопроводность материала объекта. Для формирования требуемого распределения температуры необходимо определять соответствующие значения подводимого и отводимого локальных тепловых потоков, подбирать материалы и геометрию самого объекта.

В настоящей работе рассмотрен метод формирования требуемого температурного поля вертикальной пластины. Суть метода заключается в особом распределении плотности тепловыделений в пластине, поскольку свободное движение воздуха вблизи ее поверхности приводит к неравномерному распределению интенсивности теплообмена по высоте.

Для расчета распределения плотности тепловыделений необходимо знать распределение интенсивности отводимого теплового потока. Рассмотрим свободное гравитационное течение около вертикальной нагретой пластины.

Изотермичная пластина находится в воздушной среде, ее температура выше температуры окружающего воздуха. При этом около пластины возникает подъемное движение нагретого слоя воздуха. Вдали от пластины скорость воздуха равна нулю. Процесс стационарный.

В такой постановке задача свободноконвективного теплообмена на вертикальной нагретой поверхности решалась многими авторами. Из проведенного обзора источников по данной тематике выберем несколько расчетных формул. Среди них:

1) Исаченко В.П. [2]:

$$Nu_x \equiv 0.473\sqrt[4]{(Gr_x \,\mathrm{Pr})}\,. \tag{1}$$

2) Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А [3]:

$$Nu_x = 0{,}6\left(\frac{\mathrm{Pr}}{1+2\,\mathrm{Pr}^{\frac{1}{2}}+2\,\mathrm{Pr}}\right)^{\frac{1}{4}} Ra_x^{\frac{1}{4}}. \tag{2}$$

3) Дульнев Г.Н. [4]:

$$Nu_x = 0{,}508\,\mathrm{Pr}^{\frac{1}{2}}\left(\frac{Gr_x}{0{,}952+\mathrm{Pr}}\right)^{\frac{1}{4}}. \tag{3}$$

4) John H. Lienhard IV and John H. Lienhard V [5]:

$$Nu_x = 0{,}508\,Ra_x^{\frac{1}{4}}\left(\frac{\mathrm{Pr}}{0{,}952+\mathrm{Pr}}\right)^{\frac{1}{4}}. \tag{4}$$

5) Соковишин Ю.А., Мартыненко О.Т. [6, 7]:

$$Nu_x = \frac{1}{2}\mathrm{Pr}^{\frac{1}{2}}\left[\left(\frac{3}{\sqrt{2}}-1\right)+(\sqrt{2}+1)\mathrm{Pr}\right]^{-\frac{1}{4}} Gr^{\frac{1}{4}}; \tag{5}$$

$$Nu_x = 0.453\left(\mathrm{Pr}+0.453\right)^{-\frac{1}{4}}\mathrm{Pr}^{\frac{1}{2}}\,Gr^{\frac{1}{4}}. \tag{6}$$

6) Себиси Т., Бредшоу П. [8]:

$$Nu_x = \frac{3}{4}\left(\frac{2\,\mathrm{Pr}}{5\left(1+2\,\mathrm{Pr}^{\frac{1}{2}}+2\,\mathrm{Pr}\right)}\right)^{\frac{1}{4}} Ra_x^{\frac{1}{4}}. \tag{7}$$

В качестве примера на рис. 1 приведено распределение коэффициента теплоотдачи по высоте пластины по формулам (1–7) в условиях свободной конвекции при перегреве пластины над температурой окружающей воздушной среды ϑ_c=10 К.

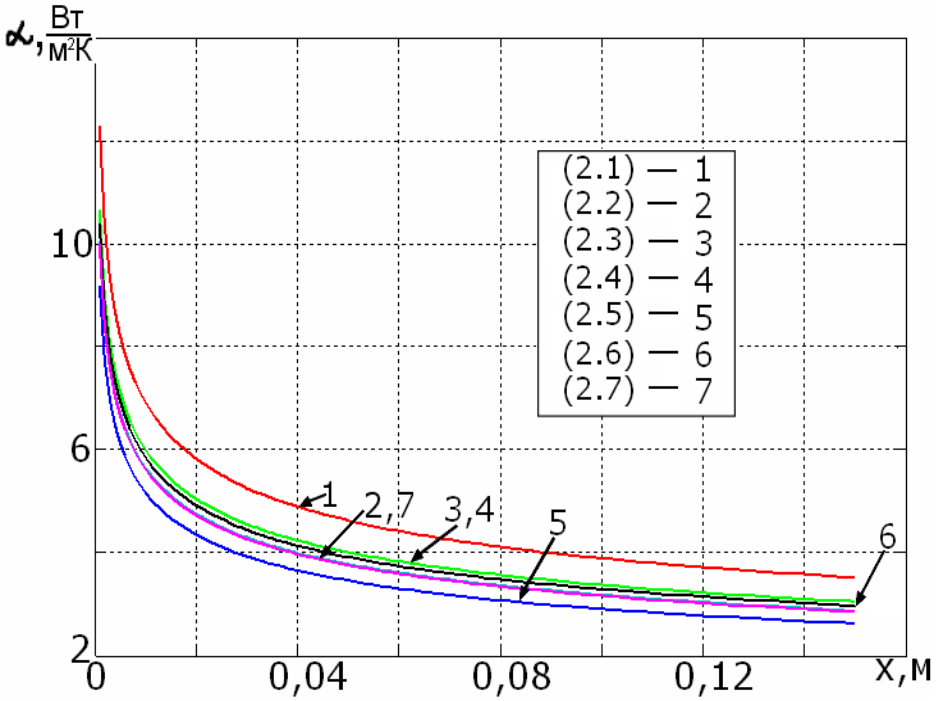


Рис. 1. **Распределение конвективного коэффициента теплоотдачи по высоте пластины (номерами указаны кривые, соответствующие формулам (1–7) соответственно; на рис. перекрываются кривые 3 и 4, 2 и 7)**

Для расчетов будем пользоваться решением (6) из [7] – кривая 6 на рис. 1. Видно, что коэффициент теплоотдачи вдоль вертикальной пластины существенно неравномерный. На пластине высотой 0,15 м происходит его изменение более чем в три раза. В результате, в случае равномерного подведения теплового потока низ пластины оказывается холоднее верха.

Для формирования требуемого температурного поля пластины предлагается метод расчета и выбора параметров, который позволяет соответствующее изменение интенсивности конвективного теплообмена по высоте пластины компенсировать переменной локальной плотностью подводимого теплового потока.

Для расчета необходимого распределения плотности подводимого теплового потока $q_s(x)$ составим дифференциальное уравнение пластины при следующих условиях: тепловой поток с поверхности рассеивается в окружающую среду (воздух) конвекцией и излучением; теплоотдачей с торцов пренебрегаем; начало координат - нижняя кромка пластины, процесс стационарный:

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{\alpha_{кл}(x)П(T-T_c)}{\lambda\delta L_2} + \frac{q_s(x)}{\lambda\delta} = 0 . \qquad (8)$$

Предлагаемый метод позволяет обеспечивать температурные поля различного вида. В качестве примера приводится случай обеспечения изотермических условий, как наиболее часто встречающихся при решении практических задач. В этом случае уравнение (8) решается с учетом того, что $\frac{d^2T}{dx^2}=0$. Тогда выражение для плотности теплового потока примет вид:

$$q_s(x) = \frac{\alpha_{кл}(x)П(T-T_c)}{L_2} .$$

Вычисление конвективной составляющей теплообмена проводится из (6), а лучистой из [9]:

$$\alpha_л = \varepsilon \cdot 5.67 \frac{\left(\frac{T}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_c}{100}\right)^4}{t - t_c} . \qquad (9)$$

Расчеты показали, что обеспечение равномерного температурного поля пластины возможно при создании на ее поверхности распределения плотности теплового потока, показанного на рис. 2.

На рис. 2 приведен результат расчета распределения плотности подводимого теплового потока для случая, когда необходимо обеспечить равномерное температурное поле на пластине выстой 0,15 м, имеющей температуру 30 °С при температуре окружающей воздушной среды 20 С.

Для подтверждения достоверности предложенного метода формирования температурного поля изготовлена экспериментальная установка. Ее основу представляет собой вертикальная пластина, изготовленная из высокотеплопроводного материала – меди. В качестве средства для реализации требуемого распределения плотности подводимого теплового потока предлагается использовать проволочный нагреватель, уложенный витками на тыльной поверхности пластины. При этом переменные значения плотности подводимого теплового потока обеспечить за счет переменного шага расположения витков. Для обеспечения изотермических условий в нижней части пластины витки укладывать более часто, где требуется большая плотность, а в верхней более редко, то есть с большим шагом. Так непрерывное распределение плотности теплового потока $q_s(x)$ заменяется дискретными источниками теплоты, на рис. 2 они обозначены ☆.

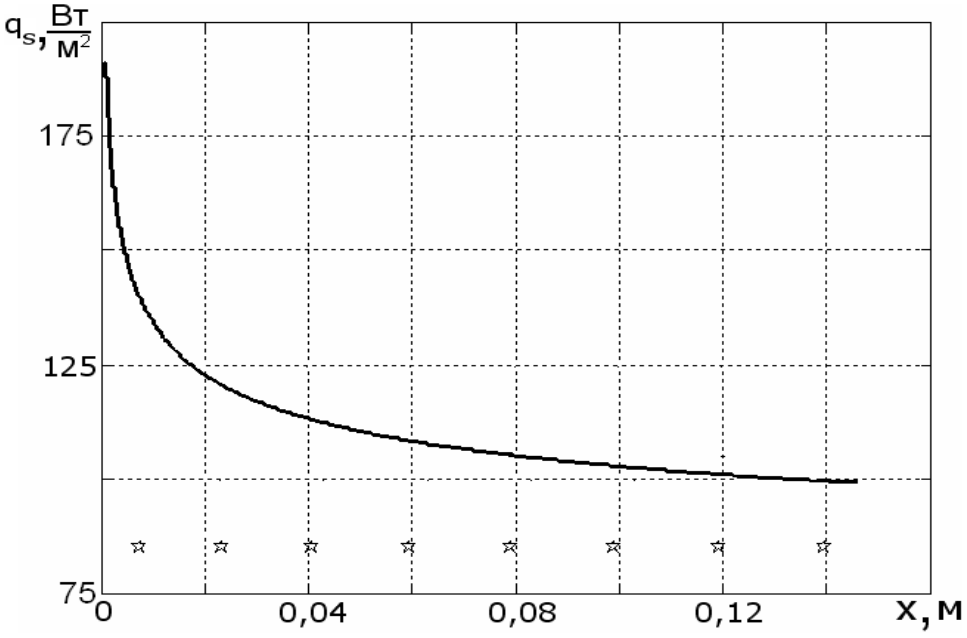


Рис. 2. **Результат расчета распределения плотности теплового потока,**
☆ – витки нагревателя

Длина провода нагревателя выбирается, исходя из общей максимальной тепловой мощности и используемого электрического напряжения. С учетом длины провода и ширины пластины можно определить необходимое число канавок и мощность тепловыделений нагревателя, расположенного в одной канавке.

Шаг расположения витков нагревателя можно определить по результатам интегрирования плотности теплового потока по поверхности пластины с учетом соотношений для коэффициентов конвективного и лучистого теплообмена, а так же значений мощности тепловыделений в одной канавке:

$$\Phi_i = \int_{x_i}^{x_{i+1}} L_2 \alpha_{кл}(x)(T - T_c)dx, \qquad (10)$$

где x_i, x_{i+1} – шаги интегрирования по высоте пластины.

Соотношение (10) справедливо при условии, что пластина изотермична и перетока теплоты из одной секции в другую не происходит. Уравнение (10) решается относительно x_{i+1}, а x_i определяется из предыдущего шага интегрирования, которое осуществляется от нижней кромки пластины при x_i=0.

Оценка шага нагревателя по формуле (10) носит приближенный характер, так как в ней не учитывается толщина пластины, которая существенно влияет на изотермичность пластины. Для данной оценки рассмотрено температурное поле секции пластины с одним витком нагревателя, занимающим область в виде полосы [9]. Размеры секции L_1 и L_2, толщина δ, ширина полосы $2r$, координаты ее центра ε (рис. 3).

Считается, что теплообмен открытых поверхностей полосы с окружающей средой отсутствует. Пренебрегая рассеиванием энергии с торцов пластины, приходим к температурному полю, изменяющемуся в направлении оси x. Будем рассматривать температурное поле отдельно для верхней и нижней частей по отношению к полосе.

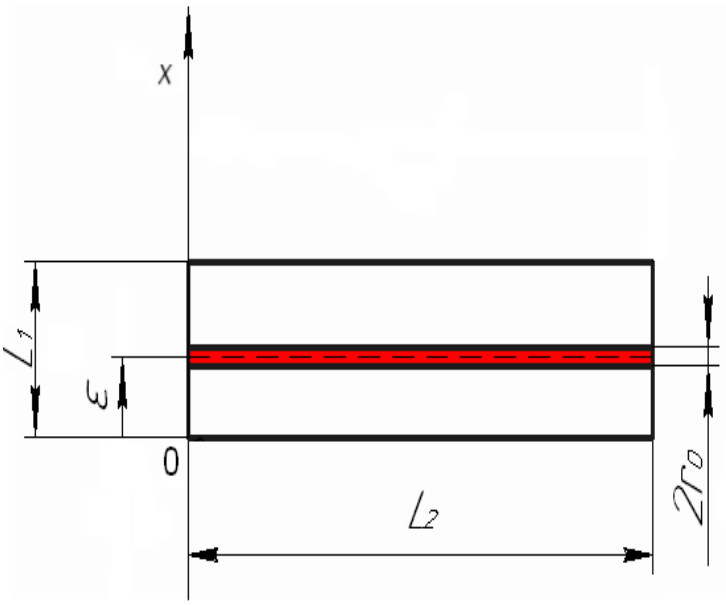


Рис. 3. **Секция пластины с одним витком нагревателя**

Для каждой из частей *i* справедливо дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2\vartheta_i}{dx^2} - b^2\vartheta_i = 0;\ \vartheta_i = t_i - t_c;\ b^2 = \frac{\alpha(x)}{\lambda\delta}$$

при следующих граничных условиях:

$$\begin{cases} -\delta L_2 \lambda \left.\dfrac{d\vartheta_в}{dx}\right|_{x=\varepsilon+r} = P_в; \\ -\delta L_2 \lambda \left.\dfrac{d\vartheta_н}{dx}\right|_{x=\varepsilon-r} = P_н; \\ \left.\dfrac{d\vartheta_н}{dx}\right|_{x=L_1} = \left.\dfrac{d\vartheta_в}{dx}\right|_{x=0} = 0 \end{cases},$$

где $P_н$ и $P_в$ – тепловые потоки, поступающие в нижнюю и верхнюю части секции пластины.

Пользуясь решением данной системы уравнений [9], можно оценить минимальную толщину пластины, достаточную для обеспечения равномерности температурного поля заданной точности.

Предварительная оценка эффективности такого способа реализации предложенного метода формирования температурного поля проводилась на основе численного моделирования теплообмена на примере вертикальной пластины, изготовленной из меди. В программном пакете Comsol multiphysics задавалась его геометрия, расположение витков нагревателя в соответствии с результатами расчетов по формуле (10), распределение конвективно-лучистого теплообмена по высоте из формул (6) и (9). На рис. 4 представлено распределение температуры по поверхности пластины при перегреве над температурой среды 10 К. Видно, что предложенный метод формирования температурного поля значительно повышает изотермичность пластины.

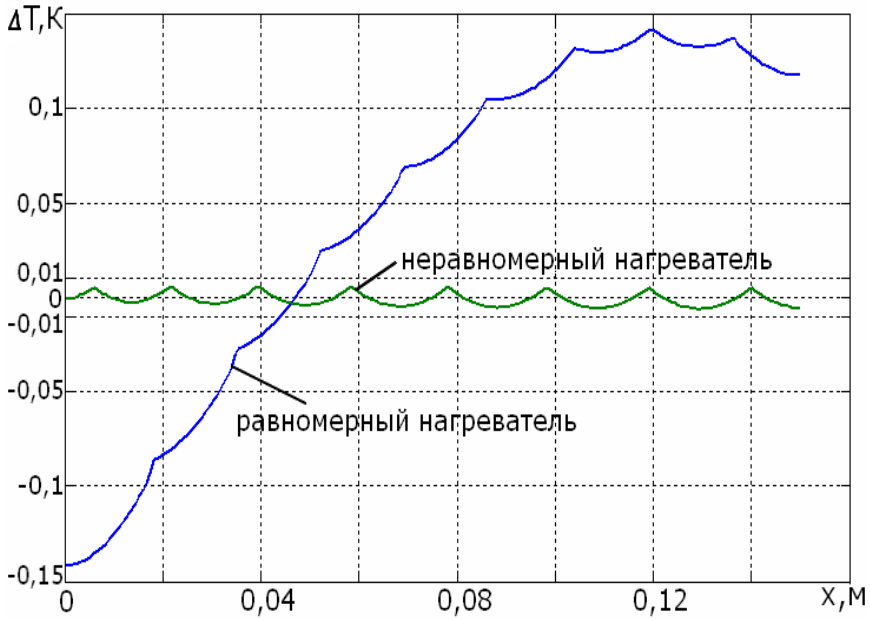


Рис. 4. **Распределение температуры по поверхности вертикальной медной пластины толщиной 1 мм**

Кроме того, проводилась экспериментальная оценка распределения температуры по высоте пластины с помощью тепловизора марки Flir P65, его чувствительность составляет ± 0,08 К. Для повышения точности тепловизионных измерений на лицевую поверхность пластины было нанесено покрытие с заранее известным коэффициентом излучения ε =0,95.

На рис. 5 представлено схематическое изображение пластины с канавками для нагревателя, выполненными с переменным шагом. Тыльная сторона с нагревателем закрывалась слоем теплоизоляции.

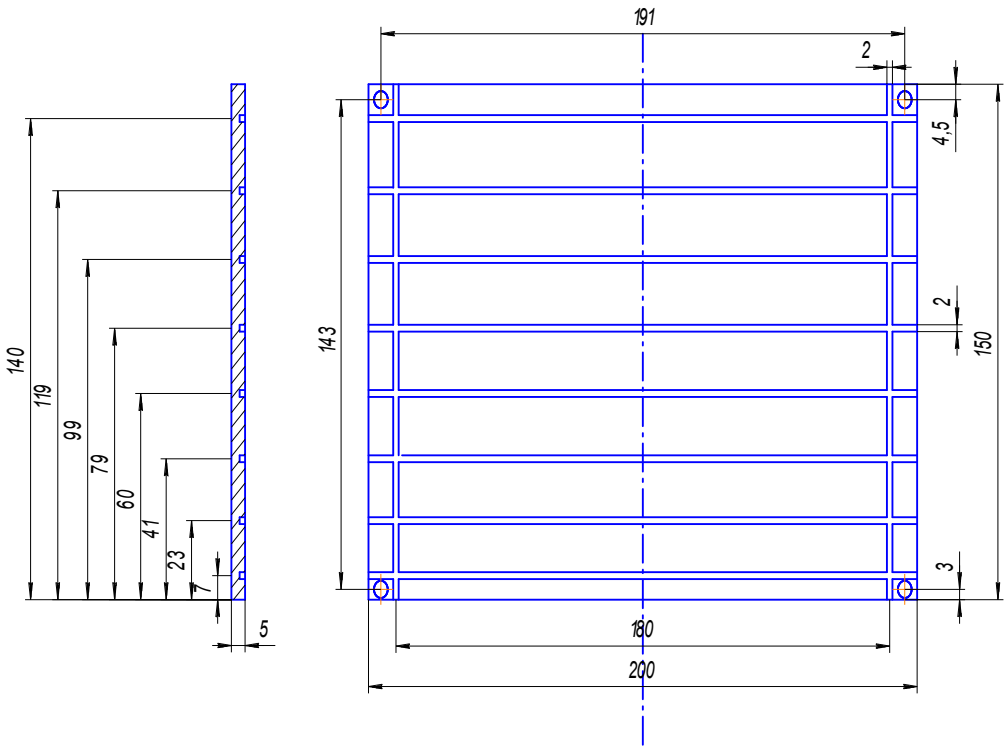
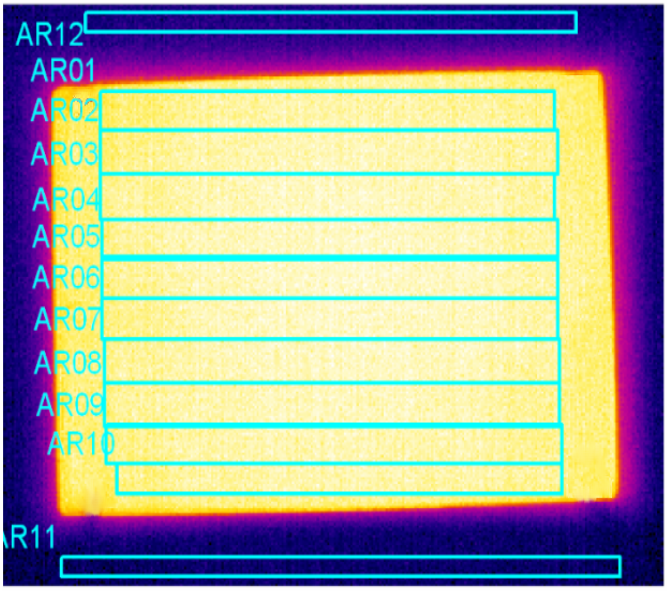


Рис. 5. **Пластина с канавками для нагревателя, выполненными с переменным шагом**

В процессе эксперимента на нагреватель подавалось электрическое напряжение от источника постоянного тока. После выхода экспериментальной установки на стационарный режим проводились тепловизионные измерения. В качестве примера на рис. 6 представлена термограмма пластины при перегреве над температурой среды 5 К.



№	t,°C
AR01	25,4
AR02	25,4
AR03	25,4
AR04	25,4
AR05	25,4
AR06	25,4
AR07	25,4
AR08	25,4
AR09	25,4
AR10	25,4
AR11	20,9
AR12	21,1

Рис. 6. **Результат тепловизионной съемки нагретой пластины на фоне, имеющем температуру окружающей среды: AR01–AR10 участки пластины, в которых измеряется температура; AR11, AR12 – участки фона**

Полученные результаты съемки показали высокую изотермичность пластины (не хуже ±0,07). Неравномерность ее температурного поля не превысила уровень шумов матрицы тепловизора, что позволяет рекомендовать предложенный метод формирования температурного режима для практического применения.

Предложенный метод формирования температурного поля реализован в устройстве для калибровки тепловизоров, максимальное время выхода устройства на заданный температурный режим не превышает пяти минут, регулирование разности температур пластин от 0,1 до 10 К осуществляется с погрешностью не более ±0,03 К. Экспериментальное исследование излучающих поверхностей размером 0,15х0,2 м показало их высокую изотермичность (не хуже ±0,07 К, что составляет ±0,7 % от заданного уровня). Внешний вид устройства представлен на рис. 7.

Рис. 7. **Комплект оборудования для калибровки тепловизора**

Литература

1. Никоненко В.А., Сильд Ю.А., Иванов И.А. Разработка системы метрологического обеспечения измерительных тепловизионных приборов. Измерительная техника. 2004. № 4. С. 48–51.

2. Теплопередача: учеб. / В.П. Исаченко [и др.]. 4-е изд., перераб и доп. М.: Энергоиздат, 1981. 416 с.

3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А., Тепломассообмен: учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: МЭИ, 2005. 550 с.

4. Дульнев Г.Н. Механика жидкостей и газов: учеб. пособие. СПб.: С.-Петерб. гос. ин-т точн. мех. и опт. (техн. ун-т), 2001. 188 с.

5. A heat transfer textbook / John H. Lienhard IV and John H. Lienhard V. 3-rd ed. Cambridge, MA: Phlogiston press, 2008.

6. Мартыненко О.Г., Соковишин Ю.А. Свободно-конвективный теплообмен на вертикальной поверхности (граничные условия второго рода). М.: Наука и техника, 1977. 216 с.

7. Соковишин Ю.А., Мартыненко О.Г. Введение в теорию свободно-конвективного теплообмена. Л.: ЛГУ, 1982. 224 с.

8. Себиси Т., Бредшоу П. Конвективный теплообмен. Физические основы и вычислительные методы: пер. с англ. М.: Мир, 1987. 592 с.

9. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. Л.: Энергия, 1968. 359 с.

О КАПИЛЛЯРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПОРИСТЫХ СОСУДОВ ПОРОШКОВЫХ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ

М.Р. Сытдыков, кандидат технических наук;
Д.Ф. Кожевин, кандидат технических наук;
А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены капиллярные характеристики пористых сосудов порошковых огнетушителей, которые в совокупности с гранулометрическим составом огнетушащих порошков определяют полноту истечения в очаг пожара.

Проведен сравнительный анализ гранулометрического состава порошков. Методом анализа размерностей получен безразмерный комплекс, характеризующий отношение потенциальной энергии газа, содержащегося в огнетушителе, к затратам энергии по вытеснению и доставке массы заряда порошка в очаг пожара.

Ключевые слова: огнетушащий порошок, гранулометрический состав, пористый сосуд, огнетушитель

CHARACTERISTICS OF THE CAPILLARY POROUS VESSELS POWDER FIRE EXTINGUISHERS

M.R. Sytdykov; D.F. Kozhevin; A.S. Poliakov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Considered are the characteristics of the capillary porous vessels powder fire extinguishers, which together with the granulometric composition of the fire extinguishing powders determine the completeness of the fire.

A comparative analysis of granulometric composition of powders. The method of dimensional analysis obtained dimensionless complex, which characterizes the ratio of the potential energy of the gas contained in has, energy costs on replacement and delivery of the mass charge of powder into the fire.
Keywords: dry chemical, granulometric composition, porous vessel, fire extinguisher

В статье «Гранулометрические характеристики огнетушащих порошков» [1] был проведен анализ применения огнетушащих порошков в современных конструкциях огнетушителей и изучен гранулометрический состав некоторых из них.

В данной статье рассмотрены капиллярные характеристики пористых сосудов порошковых огнетушителей, которые в совокупности с гранулометрическим составом огнетушащих порошков определяют полноту истечения в очаг пожара.

Особенность порошковых огнетушителей с пористым сосудом в том, что сосуд выполнен из одного или нескольких слоев пористых материалов с размерами пор, исключающими высыпание огнетушащего порошкового состава (ОПС) внутрь корпуса огнетушителя. Оболочка сосуда может быть конструктивно жесткой или из эластичного материала с изменяемыми упруго-деформируемыми и поровыми характеристиками под воздействием вытесняющего газа (рис. 1).

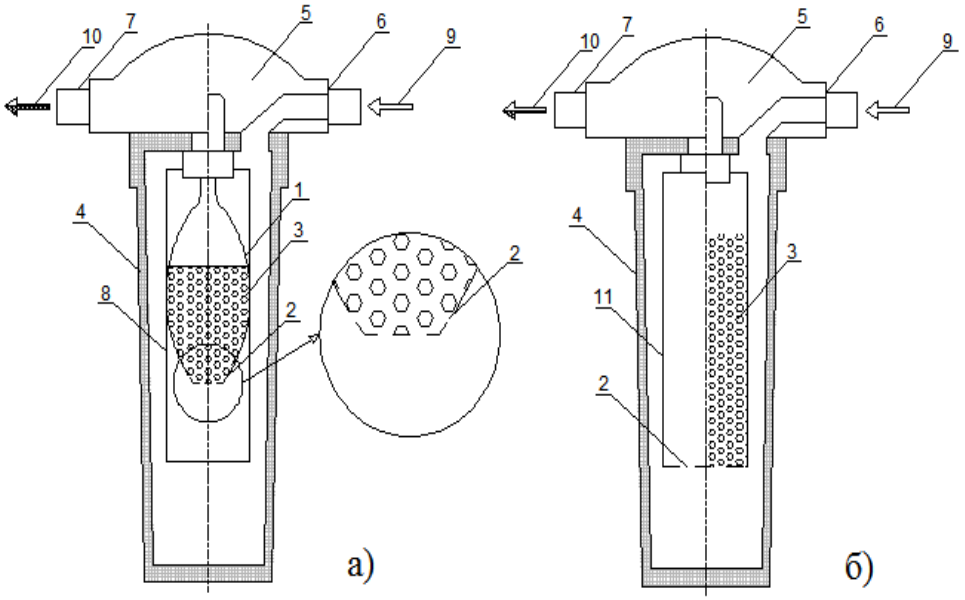


Рис. 1. **Модели порошковых огнетушителей с пористой емкостью [2, 3]:**
1 – эластичный сосуд; 2 – зона пористости; 3 – порошок; 4 – корпус огнетушителя; 5 – колпак (головка) огнетушителя; 6 – заправочное отверстие с обратным клапаном; 7 – выпускной кран; 8 – кожух; 9 – воздух от зарядного устройства; 10 – порошково-воздушная взвесь; 11 – сосуд из пористого материала

Одновременно следует учесть, что современные конструкции огнетушителей не ориентированы на конкретные свойства порошков общего назначения. Они должны быть эффективны при применении любого порошка, отвечающего стандартным требованиям [4, 5].

Таким образом, требования к капиллярным характеристикам пористых материалов сосудов огнетушителей полностью определяются гранулометрическим составом применяемых ОПС. Однако сравнительный анализ гранулометрического состава порошков показал, что в ряде случаев заявляемые производителями сведения не совпадают с экспериментальными данными и недостаточны для формирования требований к поровой структуре материалов сосуда (рис. 2).

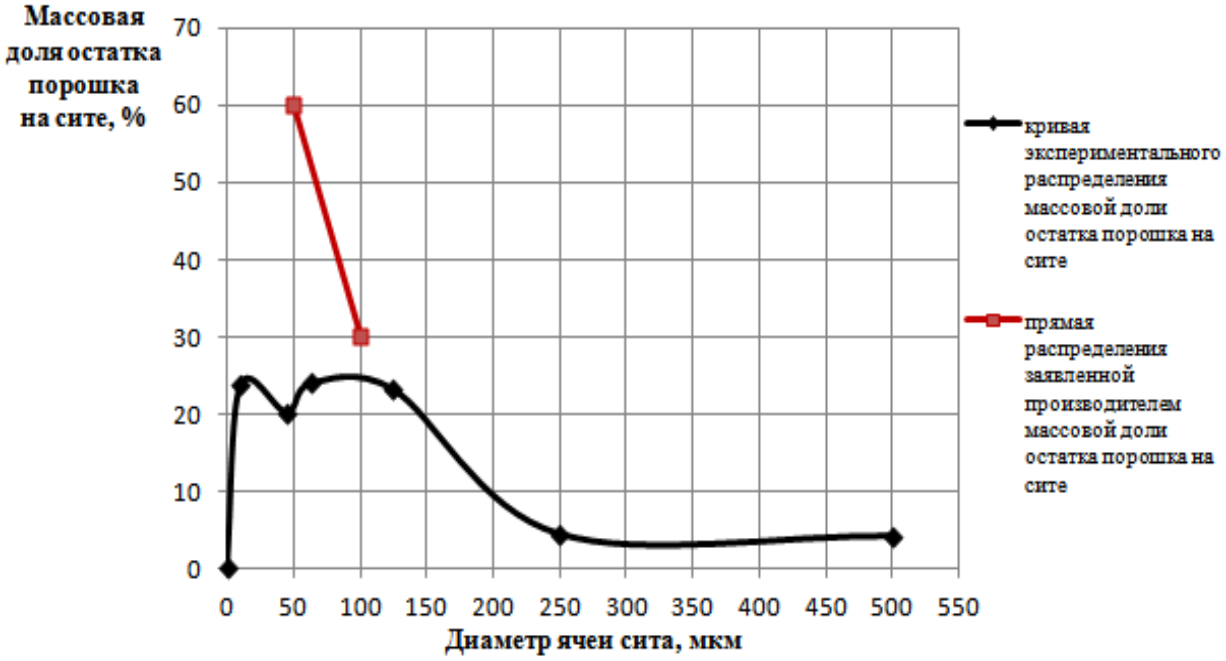


Рис. 2. **Распределение частиц порошка марки «Фоскон 430»**

Если ориентироваться на заявленный состав (рис. 2, верхняя линия), то для него пригоден широкий круг сеток с величиной ячеек от 50 до 100 мкм [6]. Если же принять во внимание фактические данные (рис. 2, кривая распределения), то такие сетки не задержат частицы менее 50 мкм, и они проникнут в корпус огнетушителя, что приведет к образованию заведомо невыбираемого остатка ОПС.

В арсенале имеется много фильтровальных материалов (помимо сеток), потенциально пригодных для изготовления пористых сосудов [7]. Обращение к ним полезно тем, что фильтровальные материалы исследованы достаточно глубоко и давно. Известные из этой области аналитические зависимости могут быть применены в интересах совершенствования порошковых огнетушителей со встроенной пористой емкостью. В частности, распределение пор по размерам описывается зависимостью вида [7]:

$$f(r)=A\cdot x_n\cdot\left(\frac{r-r_n^{\min}}{2}\right)^{B\cdot x_{n+1}}\cdot e^{-0.5\cdot C\cdot D^{n-1}\cdot x_n\cdot\left(r-r_n^{\min}\right)}, \qquad (1)$$

где

$$x_n=\frac{r_1^{\min}}{r_n^{\min}}; \qquad x_{n+1}=\frac{r_1^{\min}}{r_{n+1}^{\min}}; \qquad (2)$$

$r_1^{\min}$ – минимальный радиус пор одного слоя; $r_n^{\min}$ – то же для n слоев; r –радиус пор, для которых вычисляется функция $f(r)$; e – основание натурального логарифма; A, B, C, D – коэффициенты, определяемые на основе многократных измерений.

В результате увеличения количества слоев происходит уменьшение размера максимальных и минимальных пор многослойных перегородок, которые (с доверительной вероятностью не менее 0,95) описываются уравнениями вида:

$$\frac{d_n^{\max}}{d_{n+1}^{\max}} = -\frac{\frac{n}{n+1}}{0{,}0577\left(\frac{n}{n+1}\right)^2 - 1{,}095\left(\frac{n}{n+1}\right) + 0{,}087}\quad ; \tag{3}$$

$$\frac{d_n^{\min}}{d_{n+1}^{\min}} = \frac{\frac{n}{n+1}}{1{,}135\left(\frac{n}{n+1}\right)^2 - 0{,}1865\left(\frac{n}{n+1}\right) + 0{,}1537}\quad , \tag{4}$$

где $d_n^{\max}$, $d_{n+1}^{\max}$ – максимальный диаметр пор соответственно при n и n+1 слоев материала.

В этих уравнениях значения максимального и минимального диаметров пор однослойного материала предварительно определяют специальными методами [7]. Вычисление величин для n слоев проводят последовательно, в порядке их возрастания.

Справедливость уравнений (1–4) подтверждена экспериментально (рис. 3, 4).

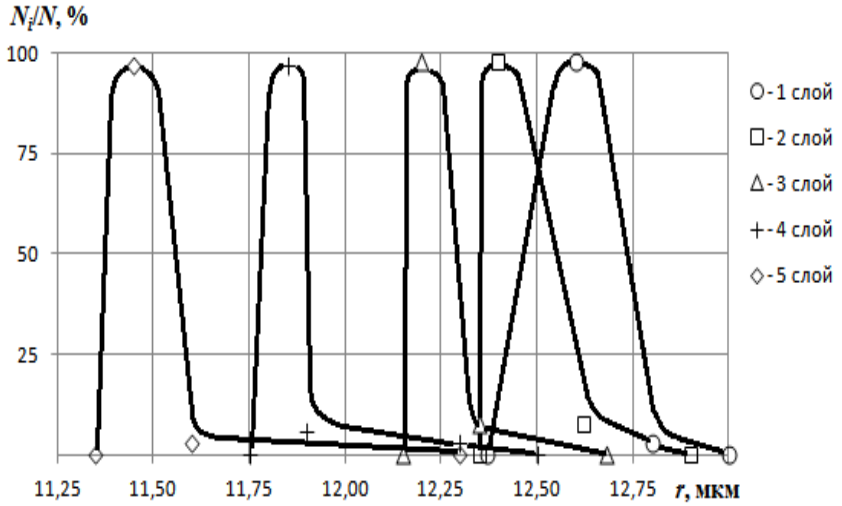


Рис. 3. **Распределение пор по размерам в сетке 80/720 [7]**

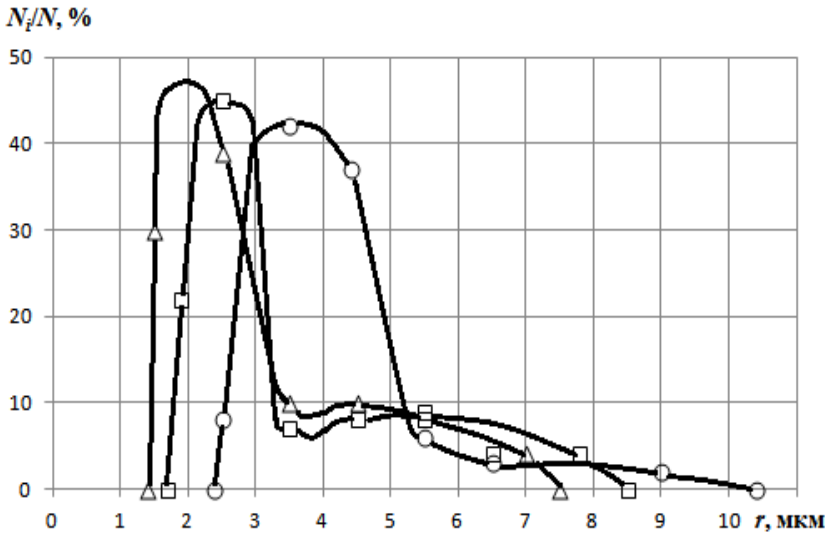


Рис. 4. **Распределение пор по размерам в фильтровальной бумаге БТА-3 (обозначения те же, что на рис. 3) [7]**

Однако помимо обозначенного выше свойства, поровая структура должна обеспечить полноту выхода содержащегося в сосуде ОПС. Это требование не столь однозначно, как первое. Известные методы исследования не позволяют в настоящее время решить эту задачу теоретически.

Эксперимент показывает, что существуют некоторые соотношения между площадями поверхности сосуда, ее проницаемой части и выходного сечения запорного устройства корпуса огнетушителя, иначе не избежать пропуска вытесняющего газа, минуя ОПС.

Основываясь на результатах испытания моделей огнетушителей с пористыми сосудами, на данном этапе работ можно констатировать следующее [8]:

– методом анализа размерностей получен безразмерный комплекс $\pi = \frac{P \cdot V_г}{\left(\frac{M^2_{отв} \cdot l}{P \cdot \tau^4} \right)}$, характеризующий отношение потенциальной энергии газа, содержащегося в огнетушителе, к затратам энергии по вытеснению и доставке массы заряда порошка в очаг пожара. Его обратное значение является коэффициентом полезного действия огнетушителя, поэтому необходимо стремиться к уменьшению величин импульса и времени истечения газа. Это может быть достигнуто за счет увеличения площади сквозной пористости оболочки сосуда (некоторого сочетания диаметров и/или количества пор);

– для исследованных сочетаний гранулометрических составов порошков, диаметров пор и площадей истечения газа в эластичных емкостях, давших хорошие результаты по полноте вытеснения ОПС, площадь сквозных пор составляла около 1 %, площадь проходного сечения запорного устройства – около 30 % от общей площади поверхности пористого сосуда;

– конструкция модели порошкового огнетушителя с эластичной емкостью способна обеспечить почти 100 % опорожнение ОПС (в зависимости от плотности и гранулометрического состава порошка), тогда как у серийных образов остаток ОПС иногда достигает 50 %, что указывает на перспективность разработки такого вида огнетушителей;

– сквозная пористость должна располагаться на дне сосуда (для придания порошку импульса вытеснения) и вблизи его (на обечайке) – для рыхления порошка поперечными струями вытесняющего газа и лучшего его перемешивания.

Литература

1. 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).

2. Порошковый огнетушитель: пат. 106543 Рос. Федерация: МПК A 62 C 13/00/ Поляков А.С., Кожевин Д.Ф.; заявитель и правообладатель Поляков А.С., Кожевин Д.Ф. – № 2010145418/12; заявл. 28.10.10; опубл. 20.07.11, Бюл. № 20. 5 с.

3. Решение Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам о выдаче патента на полезную модель «Порошковый огнетушитель» / Д.Ф. Кожевин, М.Р. Сытдыков, А.С. Поляков; заявитель Кожевин Д.Ф., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. заявка № 2013103464 от 18.01.13.

4. НПБ 170–98. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний // НСИС ПБ. 2013. № 2 (51).

5. ГОСТ 26952-86. Порошки огнетушащие. Общие технические требования и методы испытаний // НСИС ПБ. 2013. № 2 (51).

6. ГОСТ 6613-86. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия // Единая база ГОСТов РФ «ГОСТ ЭКСПЕРТ».

7. Рыбаков К.В., Дмитриев Ю.И., Поляков А.С. Авиационные фильтры для топлив, масел, гидравлических жидкостей и воздуха. М.: Машиностроение, 1982.

8. Сытдыков М.Р. Методика оценки эффективности порошкового огнетушителя со встроенной пористой емкостью (применительно к пожароопасным производственным объектам нефтебаз): дис. … канд. техн. наук. СПб., 2013. 115 с.

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

А.В. Шарков, доктор технических наук, профессор;
В.А. Кораблёв, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.
А.С. Некрасов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Целью исследования, описываемого в статье, является получение быстрого метода определения теплопроводности и теплового сопротивления ограждающих конструкций. Исследование включает в себя анализ дифференциального уравнения теплопроводности при граничных условиях первого рода и описание технического решения для реализации метода.

Ключевые слова: тепловой поток, теплопроводность, тепловое сопротивление, ограждающая конструкция, измерение теплового потока, измерение теплопроводности, измерение теплового сопротивления

METHOD OF RAPID EVALUATION THERMAL CONDUCTIVITY AND THERMAL RESISTANCE

A.V. Sharkov; V.A. Korablev. Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics.
A.S. Nekrasov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The aim of investigation the paper below deals with is obtaining of the rapid method of evaluation thermal conductivity and thermal resistance of shielding constructions. The investigation includes analysis of a Dirichlet problem for the differential equation of thermal conductivity and prescribing the technical solution for the method implementation.

Keywords: thermal flux, thermal conductivity, thermal resistance, shielding, heat flux measurement, thermal conductivity measurement, thermal resistance measurement

Одной из важнейших функций здания является тепловая защита от внешней среды или от пожара, в случае возникновения последнего. Значимым для этих функций физическим параметром материалов, из которых сделаны ограждающие конструкции, является их теплопроводность. От нее, например, частично зависит количество энергии, затраченное на обогрев зимой или предел огнестойкости конструкции. Теплопроводность ограждающих конструкций не всегда известна и, например, для проведения энергоаудита здания ее приходится измерять.

Согласно ГОСТу 26254–84, продолжительность измерений в натурных условиях эксплуатации должна составлять не менее 15 сут. Данное требование обосновано необходимостью обеспечения внутри ограждающей конструкции стационарного температурного поля. Естественно, что такие длительные эксперименты весьма трудозатратны.

Методы определения теплопроводности и теплового сопротивления строительных материалов

Теплопроводность определяет интенсивность пространственного переноса теплоты в непрозрачных телах с неоднородными температурными полями. Количественную связь между пространственными тепловыми потоками и температурным полем внутри тел определяет закон Фурье. Теплопроводность материала выступает в нем как коэффициент пропорциональности между удельным тепловым потоком и градиентом температуры в произвольном изотермическом сечении тела. Поэтому для экспериментального определения теплопроводности материалов в исследуемом образце приходится создавать неоднородное температурное поле [1].

Согласно закону Фурье, для экспериментального определения теплопроводности материала достаточно выбрать удобный для измерений участок в изотермическом сечении исследуемого тела и измерить в опыте три параметра: градиент температурного поля на выбранном участке, его температуру и плотность проникающего через него теплового потока. Следует лишь позаботиться о том, чтобы измерения были произведены одновременно и полученный результат отнесен к температуре слоя в данный момент.

Эта задача оказывается далеко не такой простой, какой кажется сначала. Во-первых, в распоряжении экспериментаторов отсутствуют средства прямого измерения температурных градиентов в произвольном сечении образца. Непосредственно измерять удается только температурные перепады в слое конечной толщины. Во-вторых, температурные датчики и тепломеры, являясь инородными телами заметных размеров, в общем случае всегда деформируют температурное поле образца. Чтобы устранить или хотя бы существенно ослабить искажающее влияние указанных факторов, приходится создавать тепловую ячейку и использовать для измерений образцы определенной формы.

Ячейка предназначена для создания в образце удобного для измерений неоднородного одномерного стационарного температурного поля с четко фиксированными изотермическими рабочими гранями. Этому требованию в полной мере могут удовлетворять лишь однородные образцы простейшей формы (пластина, полый цилиндр и полый шар). Неоднородность полей нужна для создания в образце пространственного переноса теплоты. Стационарность полей устраняет их зависимость от теплоемкости и температуропроводности исследуемого материала.

При теплофизических измерениях самыми удобными формами образца являются диск, пластина квадратного сечения или стержень постоянного сечения, в которых с помощью тепловой ячейки принудительно создается плоское одномерное температурное поле. К их плоским рабочим граням в ячейке плотно прижимаются металлические (изотермические) пластины с вмонтированными в них температурными датчиками и тепломерами. У таких образцов остается открытая боковая грань с неоднородным температурным полем, которую приходится защищать от теплообмена с внешней изотермической средой. Боковой теплообмен нежелателен по следующим причинам: он искажает одномерность плоского температурного поля в образце и при расчете теплопроводности нуждается в громоздком количественном учете. В данной работе особый интерес представляет пластина, поэтому описаны будут методы с использованием образцов именно этого вида [2].

Стационарные методы измерения теплопроводности стали разрабатываться вскоре после основополагающих исследований Фурье по аналитической теории теплоты. Некоторые из указанных методов давно считаются классическими, а созданные на их основе приборы и сейчас используются в метрологических центрах разных стран в качестве рабочих эталонов теплопроводности.

Для исследования теплоизоляторов часто используют стационарные методы, где исследуемым образцам придают форму пластин. Несколько реже в качестве образцов используются цилиндрические и сферические слои.

Плоские образцы обычно выполняются в виде дисков толщиной h с квадратным или круглым поперечным сечением S. У образцов рабочими являются плоские грани. В опыте через них проникает заданный постоянный тепловой поток Q, благодаря чему в образце между плоскими гранями возникает температурный перепад Δt. Принимаются меры, устраняющие теплообмен боковой поверхности образца с внешней средой, поэтому температурное поле, возникающее в стационарном режиме между плоскими гранями образца, оказывается плоским одномерным. При достаточно малых значениях перепада Δt это поле (как следует из закона Фурье при λ=const) можно считать линейным. В итоге исходной расчетной формулой для искомой теплопроводности становится простое соотношение:

$$\lambda = \frac{Qh}{S\Delta t}.$$

В каждой конкретной тепловой ячейке исходная расчетная формула обычно дополняется поправочными членами, учитывающими влияние нежелательных тепловых потерь и контактных тепловых сопротивлений [2].

Все стационарные методы измерения теплопроводности различаются способами задания и регистрации теплового потока Q, проникающего через образец, а также приемами устранения нежелательных потоков, в том числе через боковые грани образца.

Основным недостатком стационарных методов является длительность эксперимента. Для достижения стационарного режима иногда необходимо несколько часов. В методах с поправкой на нестационарность время эксперимента значительно ниже, но появляется необходимость знать дополнительные свойства образца, например, теплоемкость.

Наиболее известными стационарными методами являются:

– метод одной пластины с охранным кольцом;

– метод двух пластин (дисков) с охранным кольцом;

– метод одной пластины без охранного кольца;

– сравнительный метод двух пластинок;

– метод пластины с поправкой на нестационарность.

К нестационарным методам измерения теплопроводности относятся, прежде всего, методы регулярного режима.

Несмотря на простое теоретическое описание, стационарные методы довольно сложно реализуются. В частности, создание стабильного стационарного температурного поля внутри образца является трудной технической задачей. Также к минусам стационарных методов можно отнести длительность эксперимента. Время установления стационарного температурного поля может достигать нескольких часов, а иногда и суток.

Нестационарные методы проще реализовать, но они требуют знания дополнительных параметров образцов, таких как, например, теплоемкость и плотность. Также к недостаткам можно отнести тот факт, что некоторые методы затруднительно применять в натурных условиях.

Исходя из вышеперечисленных недостатков существующих методов, можно сделать вывод о том, что необходимо разработать метод, позволяющий в короткие сроки определять теплопроводность, опираясь на измерения температуры и тепловых потоков.

Процессы нестационарной теплопроводности в плоской стенке. Уравнение теплопроводности и краевые условия

Рассмотренная ниже задача является одной из основных классических задач. В граничных условиях первого рода задается температура поверхности тела (в данном случае неограниченная пластина) как функция времени τ. Рассмотрим простейший случай, когда температура поверхности тела остается неизменной на протяжении всего процесса теплообмена.

Под неограниченной пластиной обычно понимают такую пластину, ширина и длина которой бесконечно велики по сравнению с толщиной. Таким образом, неограниченная пластина представляет собой тело, ограниченное двумя параллельными плоскостями. Изменение температуры происходит только в одном направлении x, в двух других направлениях y и z температура неизменна:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial z} = 0\right).$$

Следовательно, задача является одномерной [3].

Постановка задачи

Дано начальное распределение температуры по толщине h пластины в виде некоторой функции $t(x,0)$, условно примем, что распределение равномерное и равно нулю: $t(x,0)=t_0=0$. В начальный момент времени $\tau=0$, температура одной из ограничивающих поверхностей (например, грань с $x=h$) мгновенно изменяется на величину $t_п$ и сохраняется постоянной, а температура другой грани ($x=0$) принудительно поддерживается на начальном уровне $t(0,\phi)=t_0=0$. Необходимо найти распределение температуры по толщине пластины и расход тепла в любой момент времени (рис. 1).

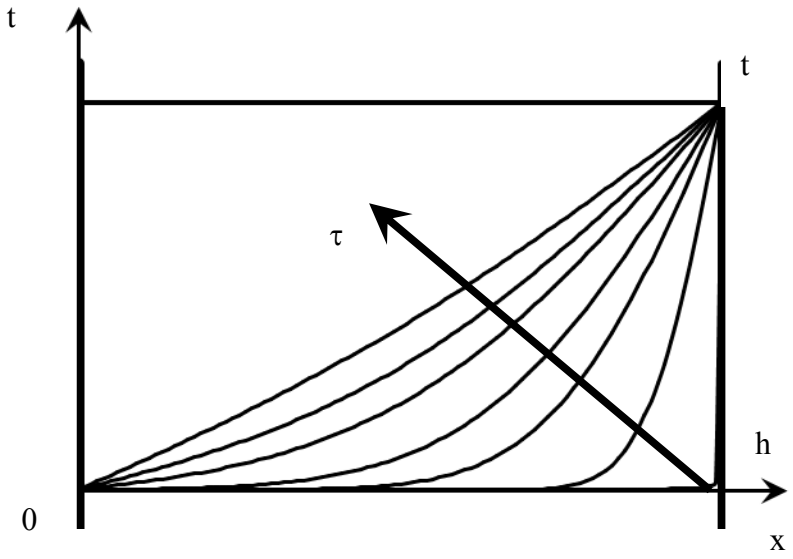


Рис. 1. **Пластина с разными изотермическими воздействиями на ее грани**

Условие задачи математически может быть сформулировано следующим образом. Имеем дифференциальное уравнение [3]:

$$\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} = a\frac{\partial^2 t(x,\tau)}{\partial x^2}, (\tau > 0;\ 0 < x < h).$$

при условиях:

$$\left.\begin{aligned} t(x,0)&=t_0=0,\\ t(0,\tau)&=t_0=0,\\ t(h,\tau)&=t_n=const. \end{aligned}\right\}$$

Решение уравнения теплопроводности

Уравнение теплопроводности можно решить различными способами. Например, методом разделения переменных, операционным методом или численным. Воспользуемся решением из учебного пособия [2].

Общее решение задачи удается представить двумя равнозначными выражениями:

$$t(x,\tau)=t_{\text{п}}\left(\frac{\operatorname{erfc}(h-x)}{2\sqrt{a\tau}}-\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{\operatorname{erfc}\left((2n+1)(h-x)\right)}{2\sqrt{a\tau}}-\frac{\operatorname{erfc}\left((2n-1)(h+x)\right)}{2\sqrt{a\tau}}\right)\right). \quad (1)$$

$$t(x,\tau)=t_{\text{п}}\left(\frac{x}{h}-\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{2}{n\pi}\sin\left(\frac{n\pi x}{h}\right)exp(-n^2\pi^2Fo)\right). \quad (2)$$

Первое решение (1) удобно использовать в области малых значений критерия $Fo=a\tau/h^2$, а второе (2) – при больших значениях критерия (Fo>0,06).

На начальной стадии (при малых Fo) суммой ряда в выражении (1) можно пренебречь. Выражение для $t(x,\tau)$ упрощается до вида:

$$t(x,\tau)=t_{\text{п}}erfc\left(\frac{h-x}{2\sqrt{a\tau}}\right).$$

а поле удельных тепловых потоков $q(x,\tau)$, пронизывающих пластину, определяется функцией вида:

$$q(x,\tau)=-\frac{t_{\text{п}}\lambda}{\sqrt{\pi a\tau}}exp\left(-\frac{(h-x)^2}{4a\tau}\right),$$

поэтому на начальной стадии через ее грани проникают потоки:

$$q(0,\tau)=-\frac{t_{\text{п}}\lambda}{\sqrt{\pi a\tau}}exp\left(-\frac{h^2}{4a\tau}\right)\approx 0,\ q(h,\tau)=-\frac{t_{\text{п}}\lambda}{\sqrt{\pi a\tau}}. \quad (3)$$

На более поздних стадиях поле удельных тепловых потоков в пластине, согласно (2), должно подчиняться зависимости:

$$q(x,\tau)-t_{\text{п}}\frac{\lambda}{h}\left(1-2\sum_{n=1}^{\infty}-1^{n+1}cos\left(\frac{n\pi x}{h}\right)\exp(-n^2\pi^2Fo)\right),$$

поэтому через ее грани проникают удельные потоки:

$$q(0,\tau)-t_{\text{п}}\frac{\lambda}{h}\Phi_0(Fo),\qquad q(h,\tau)-t_{\text{п}}\frac{\lambda}{h}\Phi_h(Fo),$$

где в рассмотрение введены универсальные однопараметрические функции, в которых аргументом является критерий Фурье [2]:

$$\Phi_0(Fo)=\left(1-2\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}exp(-n^2\pi^2Fo)\right).$$

$$\Phi_h(Fo) = \left(1 - 2\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n+1}\cos(n\pi)\exp(-n^2\pi^2 Fo)\right).$$

Анализ результатов решения

Графики тепловых потоков $q(x,\tau)$, пронизывающих пластину, на основании (3) будут иметь следующий вид (рис. 2).

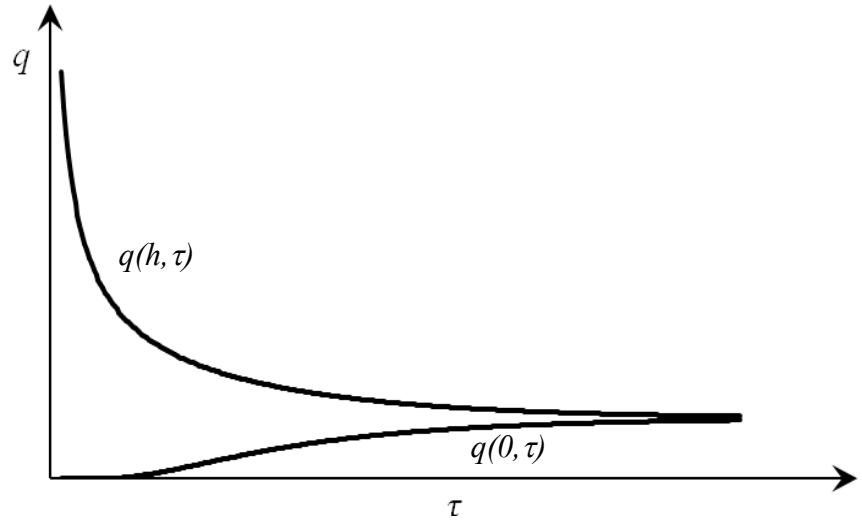


Рис. 2. **Тепловые потоки, пронизывающие пластину**

Как можно заметить, потоки на обеих поверхностях пластины стремятся сравняться. Момент, когда потоки на обеих поверхностях пластины сравняются, является моментом начала стационарного теплового режима. Однако в некоторых случаях время наступления стационарного режима может достигать нескольких часов, а иногда и суток, в зависимости от материала и толщины пластины.

Особый интерес в данной работе представляет величина $0{,}5(q(0,\tau)+q(h,\tau))$, график которой представлен на рис. 3.

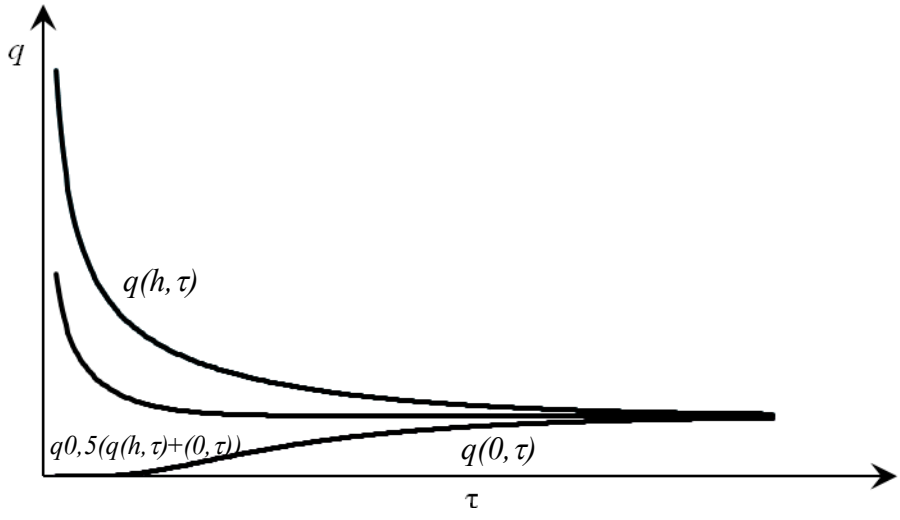


Рис. 3. **Тепловые потоки, пронизывающие пластину, и их полусумма**

Как видно из графика, величина $0{,}5(q(0,\tau)+q(h,\tau))$ становится постоянной намного раньше $q(0,\tau)$ и $q(h,\tau)$.

Рассчитав значения функций $q(0,\tau)$, $q(h,\tau)$ и $0{,}5(q(0,\tau)+q(h,\tau))$ при единичных параметрах h, λ, a, $t_{\text{п}}$ с помощью программного пакета MathCad, можно обратить внимание, что значение $0{,}5(q(0,\tau)+q(h,\tau))$ становится равным стационарному потоку с погрешностью менее 5 % при значении критерия $Fo=a\tau/h^2>0{,}1$, где a – температуропроводность стенки.

Способ измерения теплопроводности строительной конструкции

На основании теоретических расчетов, изложенных выше, экспериментальных данных и анализе патентов и ГОСТов, составлена заявка на получение патента на изобретение, по которой вынесено положительное решение о выдаче патента.

Согласно ГОСТу 26254–84 «Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций», температуры и плотности тепловых потоков измеряют после достижения в испытываемой ограждающей конструкции стационарного или близкого к нему режима. Продолжительность измерений в натурных условиях эксплуатации должна составлять не менее 15 сут. После установления стационарного режима расчет искомых параметров производится по формуле:

$$\lambda - \frac{q \cdot h}{(T_1 - T_2)} \text{ и } R - \frac{(T_1 - T_2)}{q},$$

где T_1 и T_2 – температуры поверхностей; q плотность теплового потока; $л$ – теплопроводность; R – тепловое сопротивление ограждающей конструкции.

В качестве прототипа в заявке на патент была выбрана установка, описанная в патенте РФ № 2323435 «Способ теплового неразрушающего контроля сопротивления теплопередаче строительных конструкций». В патенте описывается способ определения сопротивления теплопередаче с использованием двух теплоизолированных нагревательных элементов. Этот способ является ближайшим к заявленному. Согласно описанному способу теплового неразрушающего контроля сопротивления теплопередаче строительных конструкций, включающем установку на одной стороне конструкции первого теплоизолированного плоского нагревательного элемента, реализующего нагрев контролируемой конструкции, осуществляемое через заданный интервал времени измерение теплового потока, проходящего через строительную конструкцию, а также температур на обеих поверхностях строительной конструкции, определение сопротивления теплопередаче строительной конструкции по формуле:

$$R_0=(T_B-T_H)/q,$$

где R_0 – сопротивление теплопередаче строительной конструкции; T_B, T_H – температура на внутренней и наружной поверхностях строительной конструкции соответственно; q – тепловой поток через строительную конструкцию, после установки первого теплоизолированного плоского нагревательного элемента на противоположной стороне строительной конструкции напротив первого нагревательного элемента дополнительно устанавливают второй теплоизолированный плоский нагревательный элемент, реализующий нагрев контролируемой конструкции с температурой, отличной от температуры первого плоского нагревательного элемента, термостабилизируют оба нагревательных элемента, при этом линейные размеры нагревательных элементов выбирают в диапазоне от трех до пяти размеров толщины строительной конструкции, измеренной в средней части нагревательных элементов.

Недостаток известного способа состоит в том, что формула (4) применима только для условий стационарного процесса теплопередачи через исследуемый объект. Процесс теплопередачи через строительную конструкцию переходит в стационарный ориентировочно через 3–4 сут. при выполнении следующего условия: температура на обеих поверхностях (наружной и внутренней) строительной конструкции не должна изменяться, что обеспечивается двумя теплоизолированными нагревателями.

Для обеспечения достоверного определения термического сопротивления строительной конструкции необходимо обеспечить стабильные температуры на наружной и внутренней поверхностях в течение 3–4 сут. Выдержка в течение такого длительного времени и, таким образом, значительные сроки проведения работ по оценке состояния строительных конструкций влияют на стоимость работ и отдаляют получение достоверных результатов. Важность получения информации о состоянии сооружений в настоящее время не вызывает сомнений.

Таким образом, существует потребность в разработке способа теплового неразрушающего контроля сопротивления теплопередаче строительных конструкций, который бы устранял недостатки аналогов, известных на настоящий момент из уровня техники.

Технический результат, который достигается при использовании описанного способа, состоит в сокращении времени проведения испытаний.

Указанный технический результат достигается за счет того, что в способе измерения теплопроводности и теплового сопротивления строительной конструкции толщиной h, включающем установку на обеих сторонах конструкции плоских термостатирующих элементов и на одной стороне тепломера, отличающимся тем, что кроме первого тепломера на противоположной поверхности конструкции устанавливается второй тепломер, затем, после включения термостатирующих элементов через время τ, определяемое по зависимости $\tau=4\cdot10^5\cdot h^2$, где h – толщина образца, измеряют температуры поверхностей T_1 и T_2, плотности тепловых потоков q_1 и q_2 и рассчитывается теплопроводность $л$ материала конструкции по формуле:

$$л = \frac{[(q]_1 + q_2) \cdot h}{2 \cdot (T_1 - T_2)},$$

а тепловое сопротивление R по формуле:

$$R = \frac{2 \cdot (T_1 - T_2)}{q_1 + q_2}.$$

Зависимость $\tau=4\cdot10^5\cdot h^2$ составлена на основании анализа температуропроводностей строительных материалов (табл. 1) [3, 4].

Строительные материалы	$л$, Вт/м·К	c, Дж/кг·К	c, кг/м^3	$a\cdot10^{-7}$, м^2/с
Кирпич	0,5–0,8	840–1000	1200–1800	2,7–7,9
Пенобетон	0,14–0,37	1000	100	14–37
Дерево	0,15	170	500	17
Минирал. вата	0,07–0,08	800	125–200	4,37–8
Пенополистирол	0,04	1450	15–50	5,5–18,3
Бетон	1,3	880	2500	5,9

Как видно из таблицы, температуропроводность строительных материалов не отличается больше, чем на порядок. Отсюда можно сделать вывод, что время, достаточное для

установления постоянной полусуммы потоков на поверхностях ограждающей конструкции, будет не меньше, чем при измерении ограждающей конструкции из материала с наименьшей температуропроводностью (то есть кирпич). Таким образом, из вычисленного ранее значения критерия Fo=0,1, минимальной температуропроводности a=2,7·10^{-7} м^2/с получаем время, необходимое для начала измерений:

$$\tau = Fo \cdot h^2/a = 0.1 \cdot h^2/2{,}7 \cdot 10^{-7} \text{м}^2/\text{с} = 4 \cdot 10^5 \cdot h^2.$$

Сущность изобретения и возможность достижения при его использовании указанного технического результата будет более понятна из последующего описания со ссылками на позиции чертежей, где на рис. 4 приведена принципиальная схема установки, с помощью которой реализуется описанный способ.

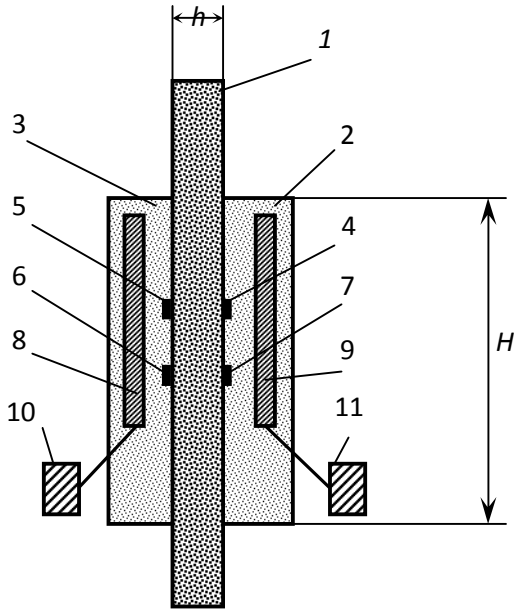


Рис. 4. **Принципиальная схема установки**

Предлагаемый способ теплового неразрушающего контроля заключается в следующем.

На строительную конструкцию 1 (например, стену здания) устанавливают два – первый 2 и второй 3 плоские теплоизолированные нагревательные элементы. Их монтируют на противоположных сторонах стены – наружной и внутренней. При этом линейные размеры нагревательных элементов 2, 3 составляют от трех до пяти величин толщины конструкции 1, измеренной в средней части установленных нагревательных элементов, например, по их оси. Причем первый нагревательный элемент 2 реализует нагрев конструкции до температуры, отличной от той, до которой нагревает соответствующую сторону конструкции 1 нагревательный элемент 3. С помощью исполнительных нагревательных узлов 8, 9 внутри элементов 2, 3 устанавливаются соответствующие температуры, например T_1 и T_2, которые измеряются датчиками температуры 4 и 5, которые также установлены по разные стороны конструкции 1. Данные температуры стабилизируют посредством систем термостабилизации 10, 11 исполнительных нагревательных элементов в течение определенного времени τ от 1 сут.

Указанный интервал времени определяется перед проведением измерений и зависит от материалов и толщины h конструкции 1.

Системы термостабилизации 10, 11 исполнительных нагревательных элементов 8, 9 обеспечивают постоянную температуру внутри плоских нагревательных элементов и температуру нагрева строительной конструкции вне зависимости от температуры наружного воздуха и воздуха внутри помещения.

По истечении времени τ температуры поверхностей стены устанавливаются равными температурам теплоизолированных нагревательных элементов 2, 3. В этот момент времени датчиками теплового потока 6 и 7 измеряют тепловые потоки q_1 и q_2 через строительную конструкцию. Далее осуществляют определение теплопроводности $л$ материала конструкции и тепловое сопротивление R по вышеописанным формулам.

Для повышения достоверности результатов контроля путем минимизации величины теплового потока вдоль конструкции размеры теплоизолированных нагревательных элементов выбирают по результатам проведенных экспериментальных исследований в диапазоне от трех до пяти величин толщины строительной конструкции, измеренной в средней части установленных нагревательных элементов, например по их оси.

Описанный способ был успешно опробован на нескольких образцах строительных конструкций и подтвердил свою эффективность.

Литература

1. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: пер. с англ. М.: Мир, 1983. 512 с.

2. Платунов Е.С., Баранов И.В., Буравой С.Е. Теплофизические измерения: учеб. пособие. СПб.: С.-Петерб. гос. ун-т низкотемп. и пищ. технол., 2010. 738 с.

3. Физические величины: справ. / А.П. Бабичев [и др.]; под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.

4. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий): учеб. пособие. М.: Высш. школа, 1974. 320 с.

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

ПЕРСОНАЛЬНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ В ВУЗАХ МЧС РОССИИ

Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
И.В. Долгова.
ЗАО «ЛК «Север/Запад», Санкт-Петербург

Раскрыты образовательные возможности персонального менеджмента для повышения качества функционирования организационной и образовательной системы вуза МЧС России.

Ключевые слова: теория лидерства, персональный менеджмент, самоменеджмент, управление временем, самоактуализация, самоорганизация

PERSONAL MANAGEMENT AS A METHOD OF INCREASING THE EFFECTIVE WORK OF LEADING CADRES IN UNIVERSITIES OF EMERCOM OF RUSSIA

L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
I.V. Dolgova. CJO «LC North/West», Saint-Petersburg

Disclosed personal management educational opportunities to improve the functioning of organizational and educational system in universities of EMERCOM of Russia.

Keywords: theory of leadership, personal management, self-management, time management, self-actualization, self-organization

Одним из важнейших звеньев системы работы с руководящими кадрами МЧС России является комплектование органов управления компетентными, профессионально и нравственно подготовленными к решению стоящих в современных условиях служебных задач, сотрудниками [1, 2].

По существу, сегодня органы управления Государственной противопожарной службы МЧС России нуждаются в руководящих кадрах нового стиля мышления, владеющих не только знаниями, умениями, навыками в области пожарной безопасности, вопросах надзорной деятельности и оперативно-спасательной работы, но разбирающихся в проблемах

государственного и муниципального управления, знающих основные принципы управленческих технологий, владеющих приемами персонального менеджмента [3].

Эффективно управлять людьми можно, только если научился управлять собой, своим временем, своими ресурсами и потенциалом. Основные потери рабочего времени происходят из-за неорганизованности, отсутствия самодисциплины, неумения отделить главное от второстепенного, делегировать часть своих полномочий подчиненным, неспособности поддерживать свою работоспособность, а также незнания техники личной работы [4].

Для обеспечения эффективного управления в современных условиях руководящие кадры МЧС России должны уметь рационально организовать свой труд, пользоваться автоматизированными информационно-аналитическими системами, обладать глубокими психологическими знаниями, владеть современными теориями лидерства, менеджмента и самоменеджмента. От того, насколько грамотными и профессиональными будут их действия, зависит организация работы в организации, учреждении.

Потребность в ресурсосберегающих технологиях и механизме реализации персонального менеджмента как способа повышения эффективности работы руководящих кадров МЧС России сегодня велика.

Актуальность проблемы обусловила выбор темы исследования, которое проводилось в Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России.

Целью исследования стало изучение и оценка персонального менеджмента руководящих кадров в высшем учреждении, а также разработка механизма его совершенствования.

В процессе исследования был проведен анонимный опрос на основе специально разработанной анкеты. Вопросы сгруппированы по блокам:

1. Личные и профессиональные сведения.
2. Самоменеджмент и его роль в практической деятельности.
3. Организация рабочего места.
4. Делопроизводство.
5. Планирование.
6. Расстановка приоритетов.
7. Управление временем.
8. Делегирование полномочий.

В анкетировании приняли участие 15 руководителей.

Результаты социологического опроса руководящих кадров МЧС России [1–3, 5–8]:

1. Личные и профессиональные сведения.

В структуре опрошенных руководителей были выделены следующие возрастные группы: от 31 до 40 лет – 41,25 %; от 41 до 50 лет – 37,5 %, от 51 до 60 лет – 15 %, от 20 до 30 лет – 6,25 %. 2/3 респондентов составляют руководители в возрасте от 31 до 50 лет. Для этого возраста характерны интерес к обучению и профессиональному росту, готовность к переменам, мотивированность к труду. Они накопили достаточный профессиональный опыт, в том числе работы с людьми, досконально знают работу учреждения, имеют возрастной и физический потенциал.

2. Самоменеджмент и его роль в практической деятельности.

В современных условиях руководитель должен уметь управлять своим временем, освоить приемы самоменеджмента. Это позволит ему более эффективно организовывать личный труд и труд своих подчиненных, кратчайшим путем достигать профессиональных и жизненных целей, постоянно повышать квалификационный уровень, избегать стрессовых ситуаций, сохранять высокую работоспособность, достигать наилучших результатов труда, получать удовлетворение от выполняемой работы [2, 6].

Самоменеджмент, по определению руководителей, – это самоорганизация (30 %), самоуправление (16,8 %), самомотивация (13,3 %), самоконтроль (13,3 %), планирование и оценка своей работы (10 %), умение достигать своих целей (10 %). Малая часть респондентов (3,3 %) считают, что в понятие самоменеджмента входит управление временем и самосовершенствование.

На вопрос «Для чего необходим самоменеджмент?» респонденты дали несколько вариантов ответов: для самосовершенствования (20 %), правильной организации рабочего процесса (16 %), повышения эффективности и качества труда (16 %), достижения поставленных целей (12 %), оптимизации личной работы (12 %), эффективного управления персоналом (8 %), эффективного использования рабочего времени (8 %), рационального планирования (4 %), исполнения должностных обязанностей (4 %).

3. Организация рабочего места.

Для успешного выполнения должностных обязанностей руководителю необходимо рационально организованное рабочее место, что предполагает правильную его планировку, оснащение необходимой мебелью и средствами организационной техники, канцелярскими принадлежностями и различными вспомогательными устройствами.

Под организацией рабочего места руководящие кадры понимают наличие всего необходимого для выполнения должностных обязанностей (22,8 %); оснащение современным оборудованием, оргтехникой (25,7 %); наличие удобного отдельного кабинета (14,3 %); эргономичной мебели (11,4 %); распределенной по папкам документации (11,4 %); соблюдение гигиенических требований к условиям труда, таким как освещение, отопление, вентиляция, шум (11,5 %); обеспечение на рабочих местах безопасных условий труда (2,9 %).

Все респонденты считают, что для рациональной организации работы руководителю необходимо удобное рабочее место.

4. Делопроизводство.

В рамках исследования была изучена организация работы с документами.

На вопрос «Часто ли вам приходится тратить время на поиски нужного документа среди бумаг на рабочем столе?» лишь три человека (18,75 %) ответили утвердительно (навести должный порядок на рабочем месте им мешает нехватка времени и отсутствие нужного количества папок).

Из-за большого потока документов, требующих срочного исполнения, несортированные дела лежат на рабочем столе у 43,75 % опрошенных. У каждого второго руководителя растут кипы бумаг на столе (причина – большая загруженность в течение дня, дефицит времени и увеличение объема работы).

Большинство респондентов (12 чел., 75 %) наводят порядок на рабочем столе ежедневно; два человека – 1 раз в неделю, один человек – 2 раза в день и один человек – когда уже невозможно работать.

5. Планирование.

Безусловной предпосылкой планирования является определение цели.

У каждого менеджера должна быть основная, важнейшая цель, достижение которой обеспечивает множество небольших промежуточных целей низшего уровня. Нужно устанавливать ясные согласованные между собой цели, которые могут быть обращены в непосредственные действия, чтобы их можно было планировать. Четко определенные, зафиксированные на бумаге цели автоматически приобретают обязательный характер, побуждают к постоянному анализу и перепроверке [8].

Подавляющее большинство опрошенных (93,75 %) желают достичь определенных целей в жизни, только один из опрошенных управленцев отметил, что уже добился всего, чего хотел.

Практически все опрошенные (13 чел., 81,25 %) считают, что планировать рабочий процесс необходимо так, чтобы обеспечить максимальную продуктивность работы и избежать пустой траты времени. С этой целью они записывают все запланированные на день дела в ежедневник (53,6 %), записную книжку, блокнот или планировщик задач в телефоне (39,3 %); используют в работе график-таблицу распорядка дня (7,1 %).

Большинство руководителей (87,5 %) полагают, что грамотное планирование рабочего времени экономит силы и увеличивает производительность труда (12,5 % респондентов не придерживаются такого мнения).

6. Расстановка приоритетов.

Важной составляющей эффективной деятельности руководителя является расстановка приоритетов.

Большинство опрошенных руководителей не стремятся делать несколько дел одновременно, поскольку считают, что в работе важна последовательность. Так ответили 12 респондентов. Остальные полагают, что откладывать ничего нельзя, чтобы не допустить наслоения одних дел на другие.

7. Управление временем.

Каждый руководитель должен ценить время, в любой сфере труда непродуктивное использование рабочего и нерабочего времени не редкость.

Результаты опроса по этому разделу таковы: никто из руководителей не опаздывает на работу, совещания, встречи; при проведении «планерок» все они укладываются в 5–10 мин.; по истечении дня любой из них может сказать, когда и почему было напрасно потеряно время.

Уходят с работы домой вовремя 12 руководителей (75 % опрошенных), иногда задерживаются – 3 человека (18,75 %), 1 респондент (6,25 %) продолжает работать и после окончания рабочего дня из-за выполнения поручений, не входящих в должностные обязанности. При этом каждый третий опрошенный испытывает нехватку времени.

Практически все респонденты (93,75 %) считают, что одним из важнейших условий эффективного использования рабочего и личного времени является контроль результатов, однако только 75 % из них ежедневно оценивают результаты своей работы.

8. Делегирование полномочий.

Умение грамотно делегировать свои полномочия является одним из основных качеств успешного руководителя. От того, насколько управленец владеет искусством делегирования, зависит эффективность работы подразделения.

Результаты опроса выявили высокий уровень делегирования полномочий: 67,5 % руководителей может перепоручить свои дела, в том числе и срочные, другим сотрудникам, так как считает их компетентными, остальные 42,5 % опрошенных полагаются только на себя.

Таким образом, на основании проведенного социологического исследования и сравнительного анализа были сделаны следующие выводы:

1. По личным и профессиональным качествам руководящие кадры Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России соответствуют занимаемой ими должности.

2. Руководители недооценивают роль персонального менеджмента в повышении эффективности личного труда. Между тем освоение приемов и методов самоменеджмента, применение в повседневной деятельности научно обоснованных и испытанных на практике процедур, повышающих личную эффективность человека, в том числе за счет рационального использования личного времени, позволит руководителю работать с меньшими затратами и при этом получать более высокие результаты.

3. С целью оптимизации производственной среды на рабочем месте руководителей необходимо приобрести (по заявке) современную оргтехнику, канцелярские принадлежности, выделить отдельную телефонную линию. Для снижения шума использовать двойные двери или шумоизоляционную обивку. Для поддержания

оптимального микроклимата оснастить рабочие места кондиционерами. В отделениях, где отсутствуют комнаты отдыха, выделить под них помещения, отвечающие санитарно-гигиеническим нормам [3].

4. Современный информационный поток не оставляет руководителю времени для рациональной организации работы с документами. Необходимо разработать механизм, который позволит ускорить прохождение документов, избежать сбоя при их обработке, а также создать условия для оперативного и качественного исполнения своих должностных обязанностей.

5. Выполнению поставленных задач в срок препятствует большой объем незапланированной работы в течение дня. Поскольку планирование является самым мощным инструментом самоорганизации, необходимо совершенствовать навыки планирования, более тщательно подходить к распределению времени [1, 5–7].

6. Половина руководящих кадров, принимавших участие в исследовании, никогда не откладывают выполнение важных задач, что свидетельствует об их умении расставлять приоритеты при планировании своей работы. Остальным необходимо научиться распределять дела по таким критериям, как срочность и важность. Это поможет планомерно вести дела, выполнять срочную работу к установленному времени, а также избегать «переделывания» уже сделанного.

7. Для решения проблемы, связанной с непродуктивным использованием рабочего времени, необходимо устанавливать время и срок для выполнения заданий с учетом колебания работоспособности в течение трудового дня.

8. Управленцам необходимо отработать механизм делегирования полномочий, научиться составлять список обязанностей, которые можно перепоручать сотрудникам подразделения. Передача полномочий позволит не только избежать многих проблем, вызванных дефицитом времени, но и сделать подчиненных более самостоятельными, инициативными и мотивированными [2, 3, 7].

Результаты исследования стали основой для разработки ресурсосберегающих технологий и механизма совершенствования персонального менеджмента руководящих кадров МЧС России в высших учебных заведениях. Таким механизмом, на наш взгляд, будет являться практическая реализация положений обучения персональному менеджменту в процессе профессиональной подготовки управленческих кадров в вузах МЧС России.

Литература

1. Казанцев А.К., Подлесных В.И., Серова Л.С. Практический менеджмент: в деловых играх, хозяйственных ситуациях, задачах и тестах: учеб. пособие. М.: ИНФРА–М, 1998.

2. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Организация управленческого труда» / С.Д. Резник и [др.]. Пенза: Пенз. гос. ун-т архитект. и строит., 1998.

3. Резник С.Д., Игошина И.А. Управление персоналом: Тесты и конкретные ситуации. Пенза: Пенз. гос. ун-т архитект. и строит., 2000.

4. Панкратов В.Н. Искусство управлять собой: Практическое руководство. М.: Институт психотерапии, 2001.

5. Персональный менеджмент: учеб. / С.Д. Резник [и др.]. Пенза: Пенз. гос. ун-т архитект. и строит., 2000.

6. Пособие-практикум по менеджменту / под ред. М.А. Савельевой. СПб., 1992.

7. Пугачев В.П. Тесты, деловые игры, тренинги в управлении персоналом: учеб. М.: Аспект Пресс, 2000.

8. Уткин Э.А., Кочеткова А.И. Практикум по курсу менеджмента. М.: Зерцало, 1998.

СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

А.Н. Иванов, кандидат технических наук, доцент;
Т.А. Кузьмина.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена структура справочной системы для специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС МЧС России и принципы систематизации ее основных разделов. Рассмотрена проблема разработки необходимого программного обеспечения и ее информационного наполнения, обоснован выбор системы управления содержимым сайта справочной системы.

Ключевые слова: пожарно-техническая экспертиза, справочная система, расследование пожаров, судебно-экспертное учреждение, информационный комплекс

SUPPLEMENTAL INFORMATION SUPPORT SYSTEM OF FIRE-TECHNICAL EXPERTISE

A.N. Ivanov; T.A. Kuzmina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In article the structure of help system for specialists of the judicial and expert institutions of State Fire Service of EMERCOM of Russia and the principles of systematization of its main sections is offered. The problem of development of the necessary software and its information filling is considered, the choice of a control system is reasonable by contents of a site of help system.

Keywords: fire investigation, help system, investigation of fires, judicial and expert institution, information complex

Ранее разработанный автоматизированный информационный комплекс для пожарно-технических экспертов «Экспотех» содержал нормативно-техническую, организационно-правовую, техническую и прочую информацию, необходимую при проведении пожарно-технических экспертиз. Комплекс распространялся на компакт-диске, однако недостатком хранения и распространения информационного комплекса на компакт-диске являлось то, что для актуализации информации было необходимо или получать, или скачивать обновления и переустанавливать разделы комплекса. В связи с этим актуальной задачей являлось создание справочной системы, которая бы работала в режиме он-лайн (прямая передача данных в сети). Для обеспечения эффективной работы системы должен осуществляться постоянный мониторинг новой информации, необходимой при проведении пожарно-технических экспертиз, в информационно-телекоммуникационной сети Интернет и других источниках и обновление информации в справочной системе.

В результате анализа информации, необходимой для разработки справочной системы для пожарно-технических экспертов, была разработана структура системы, которая состоит из указанных ниже разделов.

Справочная система состоит из трех основных фондов:

– фонд нормативно-технической литературы содержит технический регламент, своды правил, а также правила пожарной безопасности, ГОСТы, СНИПы, НПБ и прочие нормативно-технические документы, необходимые при проведении судебной пожарно-технической экспертизы.

– фонд организационно-правовой информации содержит нормативно-правовые акты, регламентирующие производство судебных пожарно-технических экспертиз, а также

организационно-аналитическую информацию, необходимую пожарно-техническим экспертам.

– специальный справочный фонд содержит информацию технического характера, необходимую пожарно-техническому эксперту при проведении экспертиз. Фонд состоит из следующих основных разделов:

а) раздел «Механизм возникновения и развития горения» содержит информацию о возникновении, развитии пожара и его опасных факторах. Раздел содержит следующие подразделы: «Понятие «горения»», «Режимы возникновения горения», «Возникновение горения газов и паров», «Загорание и пламенное горение твердых веществ и материалов», «Распространение горения и прекращение распространения горения»;

б) раздел «Свойства пожарной нагрузки» содержит необходимые данные по характеристикам, пожарной нагрузке, горючим веществам, материалам и изделиям, а также отражает специфику развития пожара на различных объектах. Содержит следующие подразделы: «Газы», «Жидкости», «Твердые горючие материалы», «Установление природы материала»;

в) раздел «Пожароопасные процессы и потенциальные источники зажигания» предназначен для хранения информации о пожароопасных процессах, потенциальных источниках зажигания и объектах электрических сетей;

г) раздел «Экспертные методы» содержит информацию о порядке проведения экспертных исследований, а также методах, применяемых при их проведении [1].

Также в специальном справочном фонде планируется размещать тексты методических пособий и книг, издаваемых в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России, сборники «Расследование пожаров» и другие исследовательские работы этого направления.

Пользователь системы имеет три основные возможности поиска необходимой информации:

– поиск информации путем перебора страниц с использованием знания структуры системы;

– поиск информации с использованием поисковых модулей;

– поиск информации с помощью использования терминов (предметный указатель).

Первый способ поиска можно использовать при поиске информации о классификации объектов, их структуре, схемам и общим вопросам, связанным с судебной пожарно-технической экспертизой. Пользователь производит поиск, заходя на нужные ему страницы в соответствии с ее рубрикатором, и получает необходимую ему информацию.

Второй способ поиска лучше использовать при поиске специфической информации в том случае, если для его осуществления представляется возможным сформулировать ключевые слова, по которым необходимая информация будет найдена. В окне ввода пользователь набирает ключевые слова в соответствии с синтаксисом поиска.

Третий способ поиска используется в том случае, если он касается определенной тематики, суть которой можно выразить конкретным термином. В справочной системе используется принцип таксономии – все документы маркируются специальными таксономическими терминами, то есть ключевыми словами. Это позволяет пользователю при поиске находить те документы, в которых встречается соответствующее ключевое слово.

Справочная система предназначена для поиска необходимой информации при проведении пожарно-технических экспертиз и составлении заключений.

Разработанная структура позволит пользователю легко найти нужную информацию, при необходимости структура системы может быть изменена. В будущем планируется ее регулярное пополнение.

При разработке справочной системы для пожарно-технических экспертов учитывалась необходимость оперативного размещения информации, а также необходимость использования таких технологий, как контроль доступа, таксономия и др. Реализация указанных технологий возможна только при использовании специального программного обеспечения, такого как система управления содержимым сайта, обеспечивающая

динамическое формирование страниц сайта на основе информации из базы данных и встроенных в систему шаблонов. В связи с этим, было принято решение о необходимости разработки справочной системы в виде динамического сайта, имеющего систему управления.

Существующие сайты можно разделить на две большие группы:

– статические сайты;

– динамические сайты.

Статический сайт – это набор статических страниц. Каждая страница создается вручную, сохраняется и загружается на сервер. Когда требуется изменить содержание такой страницы, редактор вручную изменяет его и снова загружает на сервер.

Основными недостатками таких сайтов являются следующие:

– проблемы безопасности, поскольку использование статических сайтов недостаточно эффективно с точки зрения их безопасности, так как на сервере располагаются непосредственно веб-страницы, которые могут подвергаться заражению вирусами;

– трудность редактирования, поскольку для внесения информации в такие сайты необходима высокая квалификация специалиста и применение дорогостоящих инструментов веб-редактирования, таких, например, как визуальные веб-редакторы. Кроме того, статические сайты не имеют систем управления, поэтому их модификация и внесение информации на них требует высококвалифицированной работы веб-разработчика.

Существуют проблемы разработки дизайна:

– для статических сайтов трудно выдержать единый стиль оформления на всех страницах, а также обеспечить их идентичный дизайн, что может приводить к искажению первоначального дизайна или появлению потерь информации на отдельных страницах;

– статические сайты плохо поддаются масштабированию, что может стать причиной искажения восприятия информации на отдельных страницах;

– при создании статических сайтов необходимо, чтоб их разработчик был профессиональным веб-дизайнером, в то же время, как на динамических сайтах имеется большая подборка «тем оформления», разработанных профессиональными веб-дизайнерами.

Необходимо решить и проблемы развития сайта:

– при создании статических сайтов необходима высокая квалификация специалистов для значительного объема работы при поисковой оптимизации, затруднено создание имен страниц и специальных обозначений, то есть информации, необходимой для релевантного отображения сайта в основных поисковых системах информационно-телекоммуникационной сети Интернет, что сказывается на затруднении попадания на первые страницы поисковых систем, особенно по высококонкурентным запросам;

– на статических сайтах затруднено также применение других современных стандартных технологий, таких как поиск по сайту, регистрация пользователей, контроль доступа, фотогалереи, а также создание интерактивных разделов – форумов, гостевых книг, и т.д., вследствие этого часто приходится прибегать к тому, что эти разделы сайта содержатся не на самом сайте, а на сторонних сайтах, что уменьшает безопасность сайта;

– перенос информации со статического сайта на динамический, а также модификация статического сайта является процессом крайне затруднительным и дорогостоящим, поскольку близок по своей сложности к процессу создания нового сайта;

– использование статических сайтов является морально устаревшей технологией, что отрицательно сказывается на имидже сайта.

Статические сайты, несмотря на все свои недостатки, являются хорошим выбором для проекта-визитки – сайта, содержащего одну или несколько страниц. Эксплуатация таких сайтов не будет дорогим и отнимающим много времени занятиям. Во всех же других случаях лучше остановить свой выбор на динамических проектах. На современных сайтах могут содержаться сотни страниц, какую-то информацию необходимо обновлять несколько раз в день. Для того чтобы иметь возможность быстрого и удобного редактирования информации, используются динамические сайты.

В динамических сайтах страницы формируются на основе информации из базы данных по мере обращения к ним. В файловой системе сервера лежат исполняемые программы.

Вся информация сайта хранится в базе данных, которая часто физически расположена на другом сервере, недоступном из информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Это обуславливает большую безопасность данных на сайте по сравнению со статическими сайтами. Кроме того, на современных динамических сайтах ядро системы управления предохраняет от веб-атак.

Редактирование сайтов может производиться пользователем, не имеющим высокой степени квалификации, поскольку на динамических сайтах содержание отделено от его представления на экране. Пользователь заходит в систему управления и создает материал, а форматирование создает система управления. Кроме того, пользователь может производить модификацию сайта с помощью системы управления.

Для динамических сайтов характерен единый дизайн, возможность масштабирования, а также имеется широкий набор готовых дизайнов.

Динамические сайты легко поддаются поисковой оптимизации, так как алгоритмы для конкретных систем известны, а также существуют готовые модули для поисковой оптимизации. Кроме того, при использовании динамических сайтов значительно упрощен ввод таких технологий как поиск, форум, регистрация пользователей.

Для создания справочной системы для пожарно-технического эксперта была применена одна из наиболее популярных систем управления содержимым сайта (англ. Content management system, CMS) Drupal (Друпал), разработанная на скриптовом языке программирования PHP, использующая в качестве хранилища данных реляционную базу данных. Система Drupal применяется, например, в веб-сайтах фирм Альфа-Банк, некоторых российских госучреждений, а также Белом Доме США, фирмах IBM, NASA [2].

Drupal обладает следующими свойствами:

В области безопасности – ядро системы Drupal обеспечивает высокий уровень безопасности, новый созданный сайт не подвергается атакам вирусов. Все страницы сайта имеют полностью идентичный дизайн, что облегчает восприятие материалов на сайте. Кроме того, возможен просмотр сайта без потери дизайна и его масштабирование на любых мониторах с любым разрешением. Вследствие того, что содержимое в динамической системе отделено от дизайна, возможно использование любых дизайнов в информационно-телекоммуникационной сети Интернет, разработанных профессиональными дизайнерами, и подключение дизайнов к уже имеющемуся сайту с сохранением всей структуры и информации.

В области развития сайта – характерной чертой Drupal является наличие большого количества модулей, позволяющих использовать любые технологии на сайте, использующим эту системы. Так, например, есть модули, оптимизирующие сайт с точки зрения поиска. Кроме того, возможен корректный перенос информации на другие системы управления или другой веб-хостинг в случае необходимости.

В то же время динамические сайты имеют следующие недостатки:

– дороже в разработке, чем статические;

– дороже в технической поддержке, чем статические, так как требуют от осуществляющих поддержку специалистов более высокой квалификации;

– достаточно высокие требования к веб-хостингу, так как для работы проекта будет необходима поддержка некоторых языков программирования и баз данных.

Несмотря на это, при наличии веб-хостинга и возможности использования веб-провайдера, с учетом указанных преимуществ, предпочтительно использование динамического сайта.

Таким образом, для разработки справочной системы пожарно-технического эксперта была выбрана система управления содержимым сайта Drupal.

В ходе работы подготовлена информация для размещения в справочной системе для пожарно-технического эксперта в соответствии с ее структурой. Информация представлена в текстовом и графическом виде. Подготовленная информация отвечает требованиям достоверности и актуальности, предъявляемым к ней. Страницы созданы в соответствии с разработанным дизайном, что облегчает их восприятие пользователем. Для наполнения и обновления системы была произведена настройка сервера и компьютеров для обеспечения работы по протоколу FTP (File Transfer Protocol – протокол передачи файлов). На компьютерах было установлено соответствующее клиентское программное обеспечение, позволяющее обращаться по указанному протоколу на веб-сервер.

Было произведено успешное тестирование разработанной схемы наполнения системы.

В соответствии со структурой были созданы документы и служебные файлы для размещения в системе сайта. В настоящее время по мере появления новой информации производится обновление файлов. Произведено тестирование и запуск справочной системы. Разработанная система отвечает предъявляемым к ней требованиям. Планируется дальнейшее наполнение системы на основе постоянного мониторинга информации, необходимой при производстве пожарно-технических экспертиз.

Литература

1. Квалификационные требования к сотрудникам федеральной противопожарной службы МЧС России по специальности «Судебная пожарно-техническая экспертиза» от 19 сент. 2011 г. М.: ВНИИПО, 2012. 72 с.

2. Суэринг С., Конверс Т., Парк Дж. PHP и MySQL. Библия программиста. М.: Диалектика, 2010. 912 с.

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНО-ДЕЛОВОЙ ИГРЫ В ВУЗАХ МЧС РОССИИ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;
А.А. Пермяков.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Сформулированы основные психолого-педагогические принципы организации деловых игр в учебном процессе вузов МЧС России. Проанализированы особенности формирования имитационной модели и игровой модели деловой игры.

Ключевые слова: учебно-деловая игра, иммитационная модель, игровая модель, сценарий учебно-деловой игры, ролевое взаимодействие, субъекты учебно-деловой игры

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL PRINCIPLES OF THE ORGANIZATION OF EDUCATION AND BUSINESS GAMES IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

A.A. Kuzmin; A.A. Permjakov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In article the basic psychology pedagogical principles of the organization of business games in educational process of higher education institutions of EMERCOM of Russia are formulated. Features of formation of imitating model and game model of business game are analyzed.

Keywords: educational and business game, imitating model, game model, scenario of educational and business game, role interaction, subjects of educational and business game

Существующий социальный заказ на подготовку квалифицированных специалистов по обеспечению пожарной безопасности обусловил необходимость поиска таких педагогических технологий, которые отвечали бы происходящим в последние десятилетия изменениям в экономической и социальной жизни России, а также условиям перехода на Болонский процесс системы пожарно-технического образования.

Практический опыт, который может получить обучающийся в процессе учебно-деловой игры, может оказаться даже более востребованным по сравнению с таковым, полученным в процессе реальной профессиональной деятельности, например в ходе курсовой или преддипломной практики. Корректность этого положения может быть объяснена несколькими причинами.

Причина 1. Учебно-деловые игры дают возможность в более широком масштабе охватить изучаемую действительность, наглядно представить возможные последствия принятых оперативных и нормативно-технических решений, обеспечить возможность проверки корректности представленных альтернативных решений.

Причина 2. Оперативная информация, которую использует сотрудник ГПС, в своей профессиональной деятельности часто носит не всегда полный и часто недостаточно точный, то есть вероятностно-стохастический характер. В учебно-деловой игре обучающийся имеет доступ к хотя и неполной, но достаточно определенной информации, что может повысить доверие к полученным в ходе игры результатам и поддерживает стимулирование приобретения навыка принятия ответственного решения.

В методических рекомендациях [1] В.Г. Алапьевым показано, что для обеспечения сформулированных на этапе разработки учебных целей в учебно-деловой игре необходимо следовать определенным психолого-педагогическим принципам, представленным в таблице.

Таблица. **Психолого-педагогические принципы организации учебно-деловой игры**

№	Принцип	Содержание принципа
1	Имитационное моделирование ситуации	Предполагается разработка: Вариант 1. Создание имитационной модели будущей профессиональной деятельности. Вариант 2. Создание игровой модели будущей профессиональной деятельности. Существование таких моделей предполагает создание предметно-социального контекста будущей сферы профессиональной деятельности
2	Проблемность содержания в ходе развертывания	Предметно-проблемный материал учебно-деловой игры должен содержать учебно-профессиональные проблемы, состоящие из комплекта практически направленных игровых заданий, которые содержат определенный набор противоречий, разрешающихся обучающимися в ходе учебно-деловой игры, что разрешает поставленную проблемную ситуацию
3	Ролевое взаимодействие при совместной деятельности	Базируется на эмуляции служебных функций сотрудников посредством их ролевого взаимодействия. Учебно-деловая игра предусматривает процесс общения, который основан на развитии субъект-субъектных отношений, в ходе которых происходит развитие психических процессов, присущих уровню мышления будущих специалистов

№	Принцип	Содержание принципа
4	Диалогическое общение и взаимодействие	Соблюдение предлагаемого принципа является непременным условием процесса переживания и разрешения предусмотренной сценарием проблемной ситуации, в ходе которой субъекты игрового процесса обмениваются сущностными вопросами. Каждый из субъектов создает в ходе ответов на вопросы систему рассуждений, которая предполагает взаимное сближение позиций в ходе решения проблемы, при этом неоднозначная реакция на аутентичную информацию рождает взаимный диалог, который порождает обсуждение позиций субъектов с их последующим сближением и выработкой общих интересов
5	Двуплановость игровой деятельности	Обуславливает наличие потенциала, необходимого для процесса внутреннего раскрепощения личности обучающегося и выявления проявлений творческой инициативы. Содержание его состоит в том, что интенсивная профессиональная деятельность, направленная на формирование новых профессиональных компетенций будущих специалистов, происходит в свободно-организованной игровой форме

Представленные принципы являются взаимообусловленными. Они лежат в основе выбранной концепции учебно-деловой игры и поэтому их необходимо соблюдать как в процессе разработки сценария, так и в процессе его практического воплощения. Неточное соблюдение или недостаточно выверенная реализация даже одного из представленных принципов непременно повлияет на общую успешность проведения учебно-деловой игры. Если рассматривать модель, предложенную А.А. Вербицким, принцип имитационного моделирования содержит как бы две составляющие, но этот факт не влияет на содержание учебно-деловой игры и на процесс взаимодействия ее компонентов [2].

Разработка сценария учебно-деловой игры начинается с формирования имитационной модели и игровой модели, которые непосредственно встраиваются в сценарий ее проведения. Поэтому принцип имитационного моделирования при реализации учебно-деловой игры начинает реализовываться уже во время первой фазы разработки ее сценария.

Имитационная модель учебно-деловой игры реализуется посредством воплощения в своих основных структурных составляющих:

– целей проведения учебно-деловой игры, которые должны быть адаптированы к практическим запросам обучающихся участников учебно-деловой игры;

– предмета учебно-деловой игры как формы организации процесса формирования новых профессиональных компетенций у участников учебно-деловой игры;

– графической формы модели взаимодействия участников учебно-деловой игры, отражающей внутренние и внешние обратные связи;

– системы оценивания результатов учебно-деловой игры, которая подталкивает к процессу интенсификации необходимой рефлексии у обучающегося курсанта или студента, при этом расширяются возможности интерпретации и более глубокого понимания полученных результатов.

В состав компонентов игровой модели входят заранее подготовленный сценарий, разработанные и принятые правила, сформулированные цели учебно-деловой игры, распределенные роли и принятые функции участников учебно-деловой игры.

Принцип проблемности содержания в ходе развертывания учебно-деловой игры закладывается в основу ее содержания и реализуется в виде системы проблемно-учебных заданий, которые представляют собой описание реальных служебных ситуаций и профессиональных задач, решаемых сотрудниками ГПС. Эти задания обычно содержат некоторое число неявных альтернатив, противоречий, избыточную или некорректную начальную информацию. Кроме того, должна быть заложена необходимость трансформировать предлагаемую служебную ситуацию по относительно более сложным или более простым критериям ее оценки, осуществить поиск недостающей информации и т.д. Проблемность содержания в ходе развертывания учебно-деловой игры является необходимой предпосылкой развития способности к индивидуальному мышлению у всех участников игры. Применение подобного инструментария призвано обеспечить развитие теоретического и профессионального мышления будущего специалиста в области обеспечения пожарной безопасности. В учебно-деловой игре процессы трансляции учебной информации от преподавателя к обучающемуся в ходе совместной учебной работы и общения в форме диалога ее субъектов формируют необходимые условия для зарождения новых знаний, подобного эффекта в других ситуациях обычно не выявляется. Поливариантность трактовки содержания учебно-деловой игры при этом способствует дискурсу, в ходе которого участники игры эффективно разрешают поставленную учебно-профессиональную задачу в рамках имитационно-игровой модели.

Три представленных принципа ролевого взаимодействия при совместной деятельности, диалогического общения и взаимодействия и двуплановости игровой деятельности находятся в соподчиненном положении относительно принципа имитационного моделирования.

Использование принципа ролевого взаимодействия в совместной деятельности предполагает для разработчика или ведущего решение задач определения номенклатуры и конкретного содержания учебно-игровых ролей, фиксации содержания заявленных полномочий, определения массива используемых для решения поставленных задач материальных ресурсов, возможного круга интересов учебно-игровых «должностных лиц». Все эти задачи должны быть воспроизведены необходимым комплектом психологических условий и методических рекомендаций, необходимых для обеспечения процесса совместной или персональной выработки решений. Учебно-деловая игра это всегда совместная деятельность как минимум двух или большего количества участников. Процесс учебно-деловой игры можно реализовать исключительно в случае наличия нескольких участников игры, которые вступают в непосредственное общение и последующее взаимодействие.

Принцип диалогического общения и взаимодействия является необходимым условием обеспечения эффективности учебно-деловой игры. Любой участник-игрок в соответствии с принятой на себя ролью осуществляет высказывание своей точки зрения, выражает собственное отношение ко всем возникающим в ходе учебно-деловой игры проблемам. В ходе взаимного диалога возникает процесс совместного мышления участников учебно-деловой игры. Процесс возникновения совместного мышления обусловлен предварительно запланированным включением в сценарий учебно-деловой игры какого-либо противоречия или профессионально обусловленной проблемы. Задача разработчика сценария учебно-деловой игры и преподавателя – ведущего этой игры – поддерживать необходимые оптимально-дидактические условия, способствующие возникновению взаимного диалога между участниками игры, который может перерасти из монолога в многосторонний диалог или даже взаимную дискуссию.

Принцип двуплановости игровой деятельности диктует разработчику заложить в сценарий учебно-деловой игры такие оперативно-технические ситуации, в ходе которых субъекты учебно-игровой деятельности смогли бы активно участвовать в ее реализации и в любое время понимать, что они выступают и как реализующие функции роли этой игры, и как будущие сотрудники ГПС. Психологическая атмосфера, формирующаяся в процессе учебно-деловой игры, предоставляет возможность не пугаться возможных ошибок,

раскрепощать свой интеллектуальный потенциал и активизировать собственный творческий потенциал. В зависимости от характера поставленных задач учебно-деловой игры, существует возможность изменять содержание игровых и педагогических целей при усилении игрового, учебного или служебно-профессионального аспекта. Это определяется основным замыслом учебно-деловой игры и содержанием реальной обстановки ее реализации. Главным фактором проявления этого является факт превращения игровых условий в сознании обучающихся и их трансформации в стимулы эффективной образовательной деятельности для достижения поставленных целей формирования новых профессиональных компетенций. Эффективность протекания учебно-деловой игры поддерживается достаточной сбалансированностью реальной и предварительной составляющей условий игры. При этом ситуация, моделируемая учебно-деловой игрой, может пониматься неоднозначно, и эта двоякость наибольшим образом влияет на эффективность формирования новых профессиональных компетенций.

Необходимо специально выделить возможность социализации участников учебно-деловой игры, поскольку она является школой отношений внутри коллектива. Проявление активности субъектов учебно-деловой игры обладает определенной социальной значимостью, которая определяет успех в достижении поставленных целей. Субъекты учебно-деловой игры образуют конкретный социальный механизм, который выступает как носитель служебных взаимоотношений, формирующихся во временном коллективе.

Литература

1. Алапьева В.Г. Методические рекомендации по организации учебно-технических и деловых игр. Екатеринбург: Деловая книга, 1999.

2. Вербицкий А.А. Психолого-педагогические особенности деловой игры как формы знаково-контекстного обучения / Игровое моделирование: методология и практика. Новосибирск: Наукап, 1987. 21 с.

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ МЕТОДОМ СОВМЕЩЕНИЯ НАТУРНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ

И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Даны представления об основных физических характеристиках ионизирующих излучений и их единицах измерения. Приведены примеры обучения работе с источниками ионизирующих излучений методом совмещения натурного и виртуального эксперимента. Рассмотрен порядок расчета активности радиоактивного препарата, мощности дозы ионизирующего излучения, коэффициентов ослабления гамма-излучения веществом для различных материалов.

Ключевые слова: характеристики ионизирующих излучений, единицы измерения характеристик ионизирующих излучений, натурный и виртуальный эксперимент

STUDY OF THE BASIC PHYSICAL CHARACTERISTICS OF IONIZING RADIATIONS BY THE METHOD OF COMBINATION REAL AND VIRTUAL EXPERIMENTS

I.L. Danilov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

There are considered the basic physical characteristics of the ionizing radiation; examples of the training to work with sources of ionizing radiation by the method of combining of the real and virtual experiments; the order of calculation of activity of a radioactive drug, dose ionizing radiation and coefficients of attenuation of gamma radiation with matter.

Keywords: characteristics of ionizing radiation, units of measure of characteristics of ionizing radiation, real and virtual experiment

Обучение основам радиационной безопасности в технических вузах, средних учебных заведениях, организациях МЧС России и других ведомств, связанных с эксплуатацией или контролированием работы организаций и предприятий, в которых используются радиоактивные вещества, требует к себе постоянного внимания и совершенствования обучающих методик [1–3].

Очевидным доводом в пользу этого факта служат практически все аварийные ситуации в области атомной энергетики (от Чернобыля до Фукусимы), когда незнание и непонимание факторов воздействия ионизирующих излучений и способов защиты от них приводило к трагическим последствиям не только для персонала АЭС, но и для людей, проживающих в ближайших окрестностях.

В статье сделана попытка систематизировать основные характеристики ионизирующих излучений (ИИ) и их единицы измерения (как системные, так и внесистемные), а затем рассмотреть натурные и виртуальные эксперименты, которые позволят легко понять особенности работы с источниками ИИ, способами расчета некоторых их характеристик и методами защиты от негативного воздействия ИИ.

Физические характеристики ИИ

Активность (A) радиоактивного препарата – это число распадов ядер атомов данного радиоактивного вещества, происходящих за единицу времени. Единицей измерения активности в системе СИ является один распад в секунду, которая называется один Беккерель (1 Бк):

$$[A] = 1 \text{ распад/сек} = 1 \text{ Бк}.$$

Достаточно часто в литературе используется внесистемная единица измерения активности – один Кюри (1 Ки), которая соответствует числу распадов ядер атомов радия в одном его грамме за одну секунду:

$$1 \text{ Ки} = 3{,}7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}.$$

Для сравнения активности разных масс радиоактивных веществ вводится физическая величина – удельная активность ($A_{уд}$) – это активность единицы массы вещества.

Удельная активность измеряется в беккерелях на килограмм: $[A_{уд}] = 1$ Бк/кг.

Радиоактивный распад ядер атомов всегда сопровождается испусканием каких-либо частиц – альфа-частиц (ядер гелия), протонов, электронов, позитронов или гамма-квантов. Эти частицы, попадая в вещество (например, в тело человека), вызывают ионизацию молекул данного вещества. Поэтому, потоки частиц такого рода называют ионизирующим излучением. Превращение нейтральных атомов и молекул в заряженные частицы (ионизация) изменяет протекание всех биохимических процессов в живом организме и может привести к его гибели.

Основными физическими характеристиками ИИ являются следующие.

Поглощенная доза ИИ ($D_{погл}$) – это количество энергии, поглощенное единицей массы вещества. Единицей измерения поглощенной дозы является один Джоуль на один килограмм и называется один Грей: [$D_{погл}$] = 1Дж/кг = 1 Гр.

Эквивалентная поглощенная доза ИИ ($D_{экв}$) – учитывает разную эффективность различных видов излучений с точки зрения ионизирующего воздействия на биологические ткани:

$$D_{экв} = \kappa \cdot D_{погл},$$

где κ – коэффициент качества излучения.

Для альфа-частиц κ=20, для бета-излучений (электроны, позитроны) κ=1, для нейтронов κ=*3–7* в зависимости от их скорости. Единицей измерения эквивалентной поглощенной дозы является также один Джоуль на один килограмм, но называется она один Зиверт: [$D_{экв}$] = Дж/кг = 1 Зв.

Эффективная эквивалентная поглощенная доза ИИ ($D_{эфф}$) – учитывает разную чувствительность к радиации различных органов человека. Весь организм разбивается на характерные зоны воздействия, каждой из которых присваивается свой коэффициент чувствительности n_i. Сумма всех таких коэффициентов равна единице ($\Sigma\ n_i$=*1*) – весь организм:

$$D_{эфф} = \Sigma\ n_i \cdot D_{эфф\,i}\ .$$

Например, значение коэффициента радиационного риска n_i для отдельных органов равно [4]: гонады (половые железы) – 0,2; красный костный мозг – 0,12; толстый кишечник – 0,12; желудок – 0,12; легкие – 0,12; мочевой пузырь – 0,05; печень – 0,05; пищевод – 0,05; щитовидная железа – 0,05; кожа – 0,01; клетки костных поверхностей – 0,01; головной мозг – 0,025; остальные ткани – 0,05.

Экспозиционная доза ИИ ($D_{эксп}$) – характеризует степень ионизации воздуха при воздействии ИИ и определяется отношением величины электрического заряда (q), появившегося в веществе в результате этого воздействия, к массе вещества (m): $D_{эксп} = q/m$.

Единицей измерения экспозиционной дозы в системе СИ является один Кулон на килограмм: [$D_{эксп}$] = 1 Кл/кг.

Внесистемной единицей измерения этой величины является один Рентген (1 Р), что соответствует появлению при нормальных условиях в 1 см^3 воздуха электрического заряда в 1 СГС (сантиметр-грамм-секунда) единицу заряда (примерно $3{,}3 \cdot 10^{-10}$ Кл). Система единиц измерения СГС сегодня применяется редко. После несложных преобразований получим, что 1 Р $\approx 2{,}6 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Измерение экспозиционной дозы в рентгенах обычно производится для гамма-излучения или рентгеновского излучения при энергиях квантов излучения менее 3 МэВ (мега электрон-вольт: 1 МэВ = $1{,}6 \cdot 10^{-13}$ Дж).

В ядерной физике внесистемные единицы измерения до сих пор используются достаточно часто. Поэтому приведем следующие соотношения:

– 1 рад=0,01 Гр (1 рад=100 эрг/грамм – система СГС);

– 1 бэр=0,01 Зв или 1 Зв=100 бэр (бэр – биологический эквивалент рентгена).

При воздействии ИИ на живые организмы очень важно знать время, в течение которого была получена та или иная доза. Такой временной характеристикой каждой дозы является мощность дозы.

Мощность дозы – это величина, равная отношению соответствующей дозы ко времени, за которое доза была получена.

Значит, в системе СИ для мощностей доз имеем единицы измерения 1 Гр/с, 1 Зв/с, 1 Кл/(кг·с). Однако в отраслевых и государственных стандартах предельно допустимые дозы (ПДД) и их мощности чаще приводят в расчете на один год.

Влияние ИИ на организм человека и защита от ИИ

Если произошло облучение человека, то чем за большее время получена доза ИИ, тем менее опасно это для здоровья. Живой организм способен к самозалечиванию любых небольших ран, в том числе и связанных с облучением. Говоря иными словами, получение нескольких неглубоких порезов с большими временными перерывами менее опасно, чем однократный сильный проникающий удар.

Низкий уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения приблизительно 1 Зв, тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе облучения 4,5 Зв. Стопроцентный смертельный исход лучевой болезни соответствует эквивалентной дозе облучения 5,5–7,0 Зв [4, 5].

В настоящее время разработан ряд химических препаратов (протекторов), существенно снижающих негативный эффект воздействия ионизирующего излучения на организм человека [6, 7].

В России предельно допустимые уровни ионизирующего облучения и принципы радиационной безопасности регламентируются «Нормами радиационной безопасности» НРБ-99/2009, «Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» ОСП72-87. В соответствии с этими нормативными документами нормы облучения установлены для следующих трех категорий лиц (табл. 1):

– категория А – персонал, постоянно или временно работающий с источниками ионизирующих излучений;

– категория Б – ограниченная часть населения, которая по условиям размещения рабочих мест или по условиям проживания может подвергаться воздействию источников излучения;

– категория В – население страны, республики, края и области.

Таблица 1. **Основные значения ПДД ИИ облучений**

Группа критических органов	Органы и ткани человеческого организма	ПДД для категории А, 3в/год	ПДД для категории Б, 3в/год
1	Все тело, гонады (половые органы), красный костный мозг	0,05	0,005
2	Любой отдельный орган, кроме гонад, красного костного мозга, костной ткани, щитовидной железы, кожи, кистей, предплечий, лодыжек и стоп	0,15	0,015
3	Костная ткань, щитовидная железа, кожный покров, кисти, предплечья, лодыжки и стопы	0,30	0,03

Коллективные средства защиты от ионизирующих излучений регламентируются ГОСТом 12.4.120–83 «Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие требования». В соответствии с этим нормативным документом основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортировки и хранения источников ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов, защитные сейфы и боксы.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Если работу с источниками ионизирующих излучений проводят в специальном помещении – рабочей камере, то экранами служат ее стены, пол и потолок, изготовленные из защитных материалов. Такие экраны носят название стационарных. Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение.

Экраны изготавливают из различных материалов. Их толщина зависит от вида ионизирующего излучения, свойств защитного материала и необходимой кратности ослабления излучения *к*. Величина *к* показывает, во сколько раз необходимо понизить энергетические показатели излучения (мощность эквивалентной дозы, поглощенную дозу, плотность потока частиц и др.), чтобы получить допустимые значения перечисленных характеристик.

Для сооружения стационарных средств защиты стен, перекрытий, потолков и т.д. используют кирпич, бетон, баритобетон и баритовую штукатурку (в их состав входит сульфат бария – $BaSO_4$). Эти материалы надежно защищают персонал от воздействия гамма- и рентгеновского излучения.

Для создания передвижных экранов используют различные материалы. Защита от альфа-излучения достигается применением экранов из обычного или органического стекла толщиной несколько миллиметров. Достаточной защитой от этого вида излучения является слой воздуха в несколько сантиметров. Для защиты от бета-излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло). От гамма- и рентгеновского излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые системы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла. От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, соединения бора и т.д. Бетон также можно использовать для защиты от нейтронов.

Защитные сейфы применяются для хранения источников гамма-излучения. Они изготавливаются из свинца и стали.

Приборы дозиметрического контроля делятся на две группы: дозиметры, используемые для количественного измерения мощности дозы, и радиометры, или индикаторы излучения, применяемые для быстрого обнаружения радиоактивных загрязнений. Из отечественных приборов применяются, например, дозиметры марок ДРГЗ-04 и ДКС-04. Первый используется для измерения гамма- и рентгеновского излучения в диапазоне энергий 0,03–3,0 МэВ. Шкала прибора проградуирована в микрорентген/секунду (мкР/с). Второй прибор используется для измерения гамма- и бета-излучения в энергетическом диапазоне 0,5–3,0 МэВ, а также нейтронного излучения (жесткие и тепловые нейтроны). Шкала прибора проградуирована в миллирентгенах в час (мР/ч). Промышленность выпускает также бытовые дозиметры, предназначенные для населения, например, бытовой дозиметр «Мастер-I» (предназначен для измерения дозы гамма-излучения), дозиметр-радиометр бытовой АНРИ-01 («Сосна»). Дозиметр РАДЭКС РД 1008 может измерять мощности доз ИИ различной природы в достаточно широком диапазоне от 0,05 до 9,99 мкЗв/час (от 5 до 999 мкР/час).

Изучение характеристик ИИ в учебных лабораториях

Обучение работе с дозиметрическими приборами и определение характеристик ИИ в учебных заведениях часто сталкивается с дополнительными трудностями, которые связаны с жесткими требованиями по условиям хранения и использованию радиоактивных препаратов.

По этой причине предпочтительным является применение комбинированного процесса обучения – сочетание реального и виртуального экспериментов. На первом этапе обучающиеся знакомятся с дозиметрическим оборудованием (радиометры, дозиметры, пересчетные устройства) и проводят измерение естественного радиоактивного фона. Подобные эксперименты можно разнообразить, создавая для измерительного прибора разные пространственные и временные условия измерения – накрывание каким-то материалом, перемещение в разные точки помещения, изменение времени регистрации и т.п.

Для таких целей лучше всего подходит использование счетчика Гейгера с источником питания ПП-16 и пересчетного устройства типа ПСО2-5. Прибор ПСО2-5 имеет широкий диапазон времени экспозиции (от 0,1 с до 3000 с) и емкость счетчика импульсов 10^6. После выбора времени экспозиции начало счета импульсов, связанных с приходом на счетчик Гейгера ионизирующих частиц (например, гамма- или рентгеновских квантов), производится нажатием кнопки «ПУСК». После окончания времени экспозиции прибор автоматически отключается, показывая на шкале число зарегистрированных импульсов. После нажатия кнопки «СБРОС» можно проводить следующее измерение.

Если навыки работы с дозиметрическими приборами обучающимися усвоены, то можно переходить к виртуальным экспериментам. В частности, возможно изучить закон изменения интенсивности ИИ при прохождении через слои материалов различной природы и разной толщины, определить активность радиоактивного препарата, рассчитать мощности доз облучения. При этом в качестве виртуального радиоактивного образца выбирается его реальный аналог с реальными характеристиками (например, изотоп кобальта-60 – $^{60}Co_{27}$ с периодом полураспада T≈5,3 г.). В процессе радиоактивного распада этот изотоп испускает два гамма-кванта с известными энергиями (1,17 МэВ и 1,33 МэВ), которые и фиксируются счетчиком Гейгера в случае натурного эксперимента.

Отметим, что по излучению изотопа кобальта-60 рассчитывались зависимости доз облучения от расстояния при ядерных взрывах в г. Хиросиме и г. Нагасаки. Дозы гамма-излучения восстанавливались по термолюминесценции различных кристаллических материалов, входящих в состав строений, размещавшихся на разном расстоянии от эпицентра. Дозы нейтронов оценивались по излучению кобальта-60, который образовывался при активации кобальта-59, содержащегося в стальной арматуре железобетонных сооружений [5]. Потоки медленных нейтронов оценивались по активации вблизи поверхности бетона, а быстрых нейтронов – по активации железа на глубине 8 см в бетоне.

В качестве примера виртуального эксперимента в среде программирования EXCEL приведены таблицы, в которые заносятся результаты измерений. Характеристики изучаемого материала (плотность, линейный коэффициент поглощения) и радиоактивного образца (виртуальная активность) вводятся, исходя из табличных данных и целей эксперимента.

Интенсивность фонового ИИ измеряется, как отмечено ранее, в натурном эксперименте. Интенсивность прошедшего через вещество ИИ определяется на основе известных физико-математических закономерностей ее изменения (при больших значениях интенсивности препарата по отношению к фоновому такую зависимость можно считать экспоненциальной).

Ниже приведена незаполненная табл. 2 для результатов измерений и две таблицы с результатами измерений для свинца и бетона (табл. 3, 4).

Таблица 2.

интенсивность фона $I_{фон.}$	№ опыта	материал	толщина слоя x(м)	число слоев	время облуч. t(c)	интенсивность $I_{средн.}$	интенсивность $I(x)=I_{средн}-I_{фон.}$	lnI(x)
–	–		0	0	30	0	0	–
–	–	свинец	–	1	30	0	0	–
–	–	свинец	–	2	30	0	0	–
–	–	свинец	–	3	30	0	0	–
–	–	свинец	–	4	30	0	0	–
–	–	свинец	–	5	30	0	0	–

Таблица 3.

интенсивность фона $I_{фон.}$	№ опыта	материал	толщина слоя x(м)	число слоев	время облуч. t(c)	интенсивность $I_{средн.}$	интенсивность $I(x)=I_{средн}-I_{фон.}$	lnI(x)
35	1		0	0	30	1516	1481	7,30
35	2	свинец	0,005	1	30	1016	981	6,89
35	3	свинец	0,01	2	30	681	646	6,47
35	4	свинец	0,015	3	30	457	422	6,04
35	5	свинец	0,02	4	30	306	271	5,60
35	6	свинец	0,025	5	30	205	170	5,14

Таблица 4.

интенсивность фона $I_{фон.}$	№ опыта	материал	толщина слоя x(м)	число слоев	время облуч. t(c)	интенсивность $I_{средн.}$	интенсивность $I(x)=I_{средн}-I_{фон.}$	lnI(x)
40	1		0	0	30	1512	1472	7,29
40	2	бетон	0,02	1	30	1120	1080	6,98
40	3	бетон	0,04	2	30	830	790	6,67
40	4	бетон	0,06	3	30	615	575	6,35
40	5	бетон	0,08	4	30	455	415	6,03
40	6	бетон	0,1	5	30	337	297	5,69

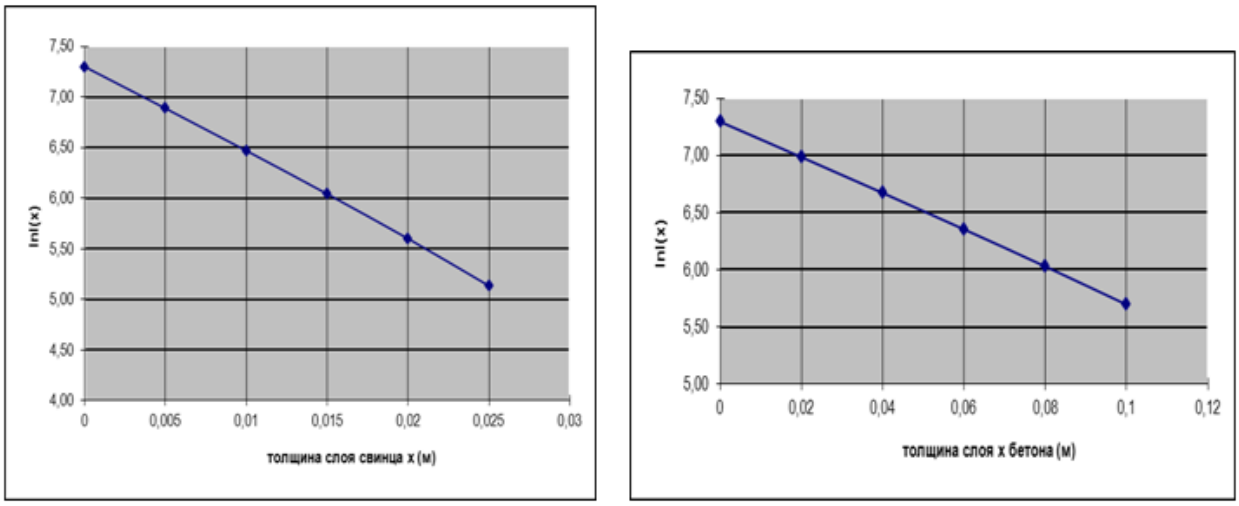
Значения интенсивностей в табл. 3 и 4 занесены в безразмерных величинах – число (*N*) зарегистрированных счетчиком Гейгера импульсов ИИ. Однако, если средняя энергия гамма-кванта (*E*) ИИ известна (для кобальта-60 она равна 1,25 МэВ), то интенсивность можно пересчитать в энергетические значения по простой формуле:

$$I = (N \cdot E)/(S \cdot t),$$

где *S* – площадь регистрирующей поверхности счетчика Гейгера; *t* – время регистрации.

В системе СИ единицей измерения интенсивности ИИ является [I] = 1 Вт/м^2.

Одновременно с заполнением таблиц типа 3 и 4 программой EXCEL строится графическая зависимость изменения интенсивности ИИ при прохождении слоя вещества (рис. 1).



а) **б)**

Рис. 1. **Изменение интенсивности ИИ при прохождении слоя вещества (в полулогарифмическом масштабе): а) – свинец; б) – бетон**

По результатам измерений и виду графиков могут быть рассчитаны линейные и массовые коэффициенты ослабления гамма-излучения веществом, толщина слоев половинного ослабления для разных веществ, проведено наглядное сравнение полученных для разных материалов результатов.

Подобные расчеты обучающиеся проводили для свинца, бетона, алюминия, дерева, стали. Сравнительное обсуждение итогов такого занятия всегда вызывало повышенный интерес и внимание обучающихся.

Еще один виртуальный эксперимент может быть посвящен определению активности радиоактивного препарата и мощности эквивалентной поглощенной дозы, причем интенсивность фонового излучения находится снова в натурном опыте.

На первом этапе эксперимента снимается зависимость интенсивности ИИ от расстояния между источником гамма-квантов и приемником – счетчик Гейгера, соединенный с прибором ПСО2-5. В качестве виртуального радиоактивного препарата снова можно взять кобальт-60.

По результатам измерений заполняется табл. 5 и строится графическая зависимость, приведенная на рис. 2.

Таблица 5

интенсивность фона $N_{фон.}$	№ опыта	R (м)	R^2 ($м^2$)	N	$N_{ср.}=N - N_{фон.}$	$N_{ср.}*R^2$ ($м^2$)
38	1	0,1	0,01	1561	1523	15,2
	2	0,2	0,04	1339	1301	43,9
	3	0,3	0,09	616	578	44,8
	4	0,4	0,16	363	325	44,7
	5	0,5	0,25	246	208	46,5
	6	0,6	0,36	183	145	49,0
	7	0,7	0,49	144	106	51,2
	8	0,8	0,64	119	81	53,0
	9	0,9	0,81	102	64	52,0

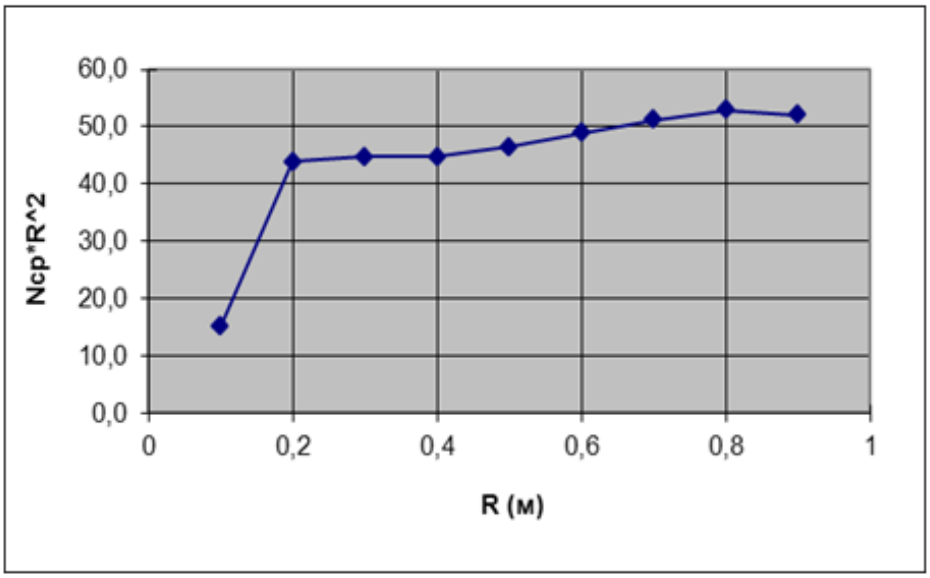


Рис. 2. **Определение свойств источника излучения**

Характер зависимости на рис. 2 позволяет определить, начиная с какого расстояния от источника излучения его можно принимать как материальную точку. Источник ИИ можно считать точечным, если график на рис. 2 вышел на горизонтальную линию, параллельную оси расстояния (естественно, с учетом погрешностей измерений). В приведенном примере источник ИИ можно считать точечным при расстоянии R > 0,6 м.

Источник ИИ должен быть точечным, так как расчетные формулы для активности (A) и мощности экспозиционной, эквивалентной и поглощенной дозы выведены при этом предположении.

Активность радиоактивного препарата определяется по формуле:

$$A = (2 \cdot \pi \cdot (N - N_{фон}) \cdot R^2)/(m \cdot t \cdot l \cdot d),$$

где R – расстояние от источника ИИ до счетчика Гейгера; m – коэффициент, учитывающий вероятность срабатывания счетчика Гейгера (в условиях опыта с кобальтом-60 полагают, что m=0,1 – то есть регистрируется один импульс из десяти пришедших на счетчик); t – время регистрации ИИ; l – длина счетчика Гейгера; d – диаметр счетчика Гейгера.

При условии подстановки всех перечисленных величин в единицах измерения системы СИ, активность получится в Беккерелях.

Мощности доз ИИ для точечного источника можно определить по следующим формулам:

– мощность экспозиционной дозы:

$$X = (K_G \cdot A)/R^2;$$

– мощность поглощенной дозы:

$$P = (K_D \cdot A)/R^2;$$

– мощность эквивалентной дозы:

$$H = (k \cdot K_D \cdot A)/R^2,$$

где K_G – гамма-постоянная для данного радиоактивного препарата; K_D – керма-постоянная, зависящая от вида радиоактивности и свойств поглощающего вещества; k – коэффициент качества излучения.

Значения постоянных для кобальта-60 равны:

$$K_G = 2{,}56 \cdot 10^{-18}\ \text{Кл}\cdot\text{м}^2/\text{кг}\cdot\text{с}\cdot\text{Бк};\ K_D = 1{,}0 \cdot 10^{-16}\ \text{Гр}\cdot\text{м}^2/\text{с}\cdot\text{Бк}.$$

Полученное значение мощности эквивалентной дозы обучающиеся должны сравнить с ПДД ИИ, которые приведены в табл. 1 и сделать вывод о степени опасности изучаемого вида ИИ.

Таким образом, приведенная методика изучения характеристик ИИ позволяет без дополнительных сложностей, связанных с эксплуатацией реальных источников ИИ, провести обучение работе с дозиметрическими приборами и подробно – в режиме сравнительного эксперимента – обсудить все практически важные характеристики радиоактивных препаратов.

Литература

1. О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России (МЧС России–2030): Доклад Министра Рос. Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. М.: МЧС России, 2012.

2. Стратегия инновационного развития РФ на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 8 дек. 2011 г. № 2227-р. URL: http://www.rg.ru (дата обращения: 18.07.2014).

3. Об образовании в Российской Федерации (с изменениями и дополнениями на 2013 г.): Закон Рос. Федерации от 29 дек. 2012 г. № 273-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

4. Ильин Л.А. Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ. М: Атомиздат, 1977. 256 с.

5. Гуськов А.К., Харитонов В.В., Барабанов А.В. Массовые радиационные поражения и вопросы организации медицинской помощи. М.: Медицина, 1987. 80 с.

6. Михайлов Л.А. Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин. СПб.: Питер, 2008. 234 с.

7. Цибулько А.В. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность. Минск: Минск. ин-т управл., 2008. 228 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Батуро Алексей Николаевич – нач. науч.-исслед. отдела Центра НИОКР Сиб. пож.-спас. академии – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50А, стр. 2), тел. +7(391) 249-47-28, e-mail: nio_cniokr@mail.ru;

Гвоздик Михаил Иванович – проф. 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, проф.;

Данилов Игорь Лолиевич – проф. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: il_dan@mail.ru, канд. физ.-мат. наук, доц.;

Долгова Ирина Вячеславовна – зам. нач. фин. управления ЗАО «ЛК «Север/Запад» (191105, Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, д. 54 В), idolgova@mail.ru;

Заричняк Юрий Петрович – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб нац. исслед. ун-та информ. технол., механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49), тел. (812) 232-97-04, e-mail: od@mail.ifmo.ru, д-р физ.-мат. наук, проф.;

Иванов Анатолий Николаевич – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, e-mail: iv.52@mail.ru, канд. техн. наук, проф.;

Иванов Василий Алексеевич – зав. лаб. ин-та физ.-техн. проблем Севера СО РАН (г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1), канд. техн. наук;

Иванов Константин Серафимович – нач. каф. мех. и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ksiva1957@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Кожевин Дмитрий Фёдорович – зам. нач. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: Kozhevin_DF@igps.ru, канд. техн. наук;

Коморовский Витольд Станиславович – ст. науч. сотр. отд. инф. техн. и комп. моделирования Центра НИОКР Сиб. пож.-спас. академии – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50 А, стр.2), тел. +7(391) 249-47-28, e-mail: nio_cniokr@mail.ru, канд. техн. наук;

Кораблёв Владимир Антонович – доц. каф. комп. теплофиз. и энергофиз. мониторинга СПб нац. исслед. ун-та информ. технол., механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49), тел. (812) 314-15-87, e-mail: ktf.grv@ifmo.ru, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.;

Кузьмина Татьяна Анатольевна – науч. сотр. отдела расч. методов и инф. технологий в экспертизе пожаров Науч.-исслед. ин-та персп. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеятельности СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, наб. Октябрьская, д. 35), тел. (812) 441-07-46 (доб. 6135), e-mail: kuzmina@spbugps.ru;

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: medvedeva.lv@igps.ru, д-р пед. наук, проф., заслуженный работник высшей школы РФ;

Медведева Ольга Марленовна – ст. препод. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. процессов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), vmmom65@mail.ru, канд. техн. наук;

Минкин Дмитрий Алексеевич – доц. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: mindim-spb@mail.ru, канд. техн. наук;

Некрасов Александр Сергеевич – препод. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, e-mail: nekrasov.as@igps.ru;

Пермяков Алексей Александрович – препод. каф. пож. авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Поляков Александр Степанович – проф. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

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.;

Сафонов Дмитрий Павлович – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Сытдыков Максим Равильевич – зам. нач. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: maxim0205@mail.ru, канд. техн. наук;

Техтереков Сергей Александрович – зам. нач. СПб ун-та ГПС МЧС России – нач. Сиб. пож.-спас. академии, (662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, 1), e-mail: sekret_ugps@mail.ru, канд. пед. наук;

Шарков Александр Васильевич – зав. каф. СПб нац. исслед. ун-та информ. технол., механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49), тел. (812) 314-15-87, e-mail: ktf.grv@ifmo.ru, д-р техн. наук, проф.;

Широухов Александр Валерьевич – препод. каф. мех. и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149).

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 впоследствии обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за более чем вековую историю подготовлено свыше 30 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза, Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников первого учебного заведения пожарно-технического профиля.

Сегодня Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального 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 мировое научно-образовательное пространство. Подготовка специалистов в университете организована по очной и заочной формам обучения, а также с использованием дистанционных образовательных технологий. Проводится обучение по программам среднего, высшего профессионального образования, а также подготовка специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовка и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России. В целом в университете – 91 направление образовательных программ.

Начальник университета – Латышев Олег Михайлович, кандидат педагогических наук, профессор.

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, высшей математики, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска экстремальных и кризисных ситуаций, бюджетного учета и аудита в подразделениях МЧС России; пожарно-технические эксперты и дознаватели. Инновационными программами подготовки стало обучение 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», специализация «Технологическая безопасность и горноспасательное 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 2 академика РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 6 заслуженных деятелей науки РФ, 22 заслуженных работника высшей школы РФ, 2 заслуженных юриста РФ, заслуженные изобретатели РФ и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время в университете осуществляют 4 лауреата Премии Правительства РФ в области науки и техники, 84 доктора наук, 327 кандидатов наук, 91 профессор, 157 доцентов, 26 академиков отраслевых академий, 26 член-корреспондентов отраслевых академий, 7 старших научных сотрудников, 1 заслуженный деятель республики Дагестан, 4 почетных работника высшего профессионального образования РФ, 2 почетных работника науки и техники РФ, 1 почетный работник высшей школы РФ и 1 почетный радист РФ.

В 2012 г. решением ученого совета Почетным Президентом Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России избран статс-секретарь – заместитель министра МЧС России Артамонов Владимир Сергеевич, доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, эксперт Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ по проблемам управления, информатики и вычислительной техники, член экспертного совета Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки РФ для осуществления экспертизы аттестационных дел по присвоению ученых званий на соответствие требованиям, установленным Министерством образования и науки РФ, лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, в 2012 г. награжден почетной грамотой Президента РФ.

В период с 2002 по 2012 гг. В.С. Артамонов возглавлял Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В состав университета входят:

– Институт развития;

– Институт заочного и дистанционного обучения;

– Институт безопасности жизнедеятельности;

– Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

– Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал университета (г. Железногорск, Красноярский край);

– Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета;

– Мурманский филиал университета;

– три факультета: пожарной безопасности, экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Магадан, Махачкала, Полярные Зори (Мурманская область), Петрозаводск, Стрежевой (Томская область), Чехов (Московская область), Хабаровск, Сыктывкар, Бургас (Республика Болгария), Алматы (Республика Казахстан), Бар (Республика Черногория).

В университете созданы:

– административно-правовой центр;

– учебный центр;

– учебно-методический центр;

– центр организации научно-исследовательской и редакционной деятельности;

– центр информационных и коммуникационных технологий;

– центр международной деятельности и информационной политики;

– центр дистанционного обучения;

– центр по обучению кадетов;

– культурно-досуговый центр;

– технопарк науки и высоких технологий.

В университете по 31 направлению подготовки обучается более 8 тыс. человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 тыс. специалистов.

Реализуется проект по созданию на базе университета комплекса специального психофизиологического оборудования для психологического обеспечения деятельности профессиональных контингентов МЧС России.

На базе университета создана мастерская лаборатории «Инновационных технологий и научно-технической продукции».

В настоящее время в университете функционирует 4 диссертационных совета: 3 по техническим наукам, 1 по психолого-педагогическим наукам. За 2014 г. защищено 9 кандидатских диссертаций: 4 – по техническим наукам, 4 – по педагогическим; 1 – по психологическим.

В университете осуществляется подготовка специалистов высшей квалификации, в том числе и на возмездной основе. Подготовка докторантов, адъюнктов, аспирантов и соискателей осуществляется по 9 отраслям науки и 34 специальностям.

На базе института дополнительного профессионального образования Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России создан институт развития. Деятельность института развития Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России направлена на обеспечение условий для реализации учебного процесса университета по программам дополнительного профессионального образования и актуализацию профессиональных знаний, совершенствование деловых качеств у руководящего состава, специалистов и сотрудников МЧС России. Институт осуществляет методическое, научное сопровождение и оказание помощи в организации образовательного процесса, повышении квалификации преподавательского состава учебных центров ФПС. Осуществляется оказание помощи ФКУ «Арктический спасательный учебно-научный центр «Вытегра» МЧС России в организации образовательного процесса и обеспечении учебно-методической литературой.

В настоящее время университетом проводится работа по организации образовательного процесса сотрудников (персонала) диспетчерской службы системы – 112.

Для обеспечения обучения в институте развития используются тематические классы, оборудованные программными модулями, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий.

Основанный в 1994 г., факультет заочного обучения в 2007 г. Приказом МЧС России № 387 преобразован в институт заочного и дистанционного обучения.

Институт заочного и дистанционного обучения является первым институтом в системе учебных заведений МЧС России с применением технологий дистанционного обучения.

Институт заочного дистанционного обучения является базовой площадкой по созданию и внедрению в МЧС России системы дистанционного обучения кадров по программам профессионального образования.

В целях повышения качества и дальнейшего развития инновационной научно-исследовательской, опытно-конструкторской и производственной инфраструктуры университета с 1 марта 2014 г. в составе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России Приказом МЧС России от 25 октября 2013 г. № 683 создан научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности. Основными научными направлениями деятельности института являются: разработка новых и совершенствование существующих инструментальных методов и технических средств исследования и экспертизы пожаров; производство судебных пожарно-технических экспертиз и исследований в области экспертизы пожаров; научно-методическое руководство деятельностью судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы (СЭУ ФПС) «Испытательная пожарная лаборатория» (ИПЛ) в области исследования и экспертизы пожаров; применение расчетных методов в судебной пожарно-технической экспертизе; разработка нормативно-технической документации по обеспечению безопасности маломерных судов, баз, стоянок и других объектов, поднадзорных ГИМС МЧС России; разработка и внедрение нормативно-технической документации в области обеспечения пожарной безопасности водного

транспорта, портовых сооружений и их инфраструктуры; сертификационные испытания, апробирование методик по стандартам ISO, EN и резолюциям IMO; разработка нормативной базы по обеспечению пожарной безопасности метрополитенов и транспортных тоннелей, а также других сложных и уникальных объектов, проведение расчетов индивидуального пожарного риска. Институт активно использует научный потенциал Санкт-Петербурга, развивая связи с ведущими вузами и НИИ города, такими как СПбГТУ, СПбТУ, ФГУП РНЦ «Прикладная химия» и др. Сотрудники института являются членами бюро Северо-Западного отделения Научного Совета при Президиуме РАН по горению и взрыву. Потребителями и заказчиками продукции института являются органы МЧС России, юридические и физические лица Северо-Западного и других регионов России, фирмы США, Италии, Германии, Норвегии, Финляндии, Литвы и других стран.

Центр информационных и коммуникационных технологий университета обеспечивает надежную работоспособность, устойчивость и непрерывность функционирования средств автоматизации, функционирования программных и технических средств автоматизации в структурных подразделениях университета, а также доступ пользователей университета ГПС к различным информационным ресурсам в соответствии с установленным порядком; сохранность, антивирусную защиту, защиту от возможности проникновения из сети Интернет и резервного копирования информационных ресурсов университета; повышает качество образовательного процесса на основе активного освоения и распространения передового педагогического опыта с использованием стационарных и мобильных аудио-видео-компьютерных комплексов; проводит оснащение новых и модернизацию старых учебных аудиторий университета современными техническими средствами обучения; методическое обеспечение, консультацию и техническое сопровождение внедренных в подразделениях университета современных телевизионных и аудио- видео-компьютерных комплексов; создание и анализ банка данных по учебному процессу университета; осуществляет информационный обмен с банками данных других учреждений и организаций системы РСЧС.

Ежегодно в университете проводятся международные научно-практические конференции, семинары и «круглые столы» по широкому спектру теоретических и научно-прикладных проблем, в том числе по развитию системы предупреждения, ликвидации и снижения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, совершенствованию организации взаимодействия различных административных структур в условиях экстремальных ситуаций и др.

Среди них: Международная научно-практическая конференция «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международный семинар «Предупреждение пожаров и организация надзорной деятельности», Международная научно-практическая конференция «Международный опыт подготовки специалистов пожарно-спасательных служб», Научно-практическая конференция «Совершенствование работы в области обеспечения безопасности людей на водных объектах при проведении поисковых и аварийно-спасательных работ», Международный конгресс «Вопросы создания и перспективы развития кадетского движения в МЧС России», межкафедральные семинары «Математическое моделирование процессов природных пожаров», «Информационное обеспечение безопасности при ЧС», «Актуальные проблемы отраслей науки», которые каждый год привлекают ведущих российских и зарубежных ученых и специалистов пожарно-спасательных подразделений.

На базе университета совместные научные конференции и совещания проводили Правительство Ленинградской области, Федеральная служба Российской Федерации по контролю за оборотом наркотических средств и психотропных веществ, Научно-технический совет МЧС России, Высшая аттестационная комиссия Министерства образования и науки Российской Федерации, Северо-Западный региональный центр МЧС России, Международная ассоциация пожарных и спасателей (CTIF), Законодательное собрание Ленинградской области.

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами. Традиционно большим интересом пользуется стенд университета на ежегодном Международном салоне «Комплексная безопасность», Международном форуме «Охрана и безопасность» SFITEX.

Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России заключено более 16 договоров и соглашений о научно-техническом сотрудничестве в целях наиболее полного и эффективного использования интеллектуального и материально-технического потенциала, решения проблем, связанных с развитием сторон. Среди них: учреждение Российской академии наук – Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН (КНЦ СО РАН), ГОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», учреждение Российской академии наук – Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» Красноярского научного центра СО РАН (СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН), Петербургский энергетический институт повышения квалификации, Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, ГБУ науки «Институт динамики геосфер Российской академии наук».

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России на протяжении нескольких лет сотрудничает с Государственным Эрмитажем в области инновационных проектов по пожарной безопасности объектов культурного наследия.

При обучении специалистов в вузе широко используется передовой отечественный и зарубежный опыт. Университет поддерживает тесные связи с образовательными, научно-исследовательскими учреждениями и структурными подразделениями пожарно-спасательного профиля Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Великобритании, Германии, Казахстана, Канады, Китая, Кореи, Сербии, Черногории, Словакии, США, Украины, Финляндии, Франции, Эстонии и других государств.

Вуз является членом Международной ассоциации пожарных и спасательных служб (CTIF), объединяющей более 50 стран мира.

В рамках международной деятельности университет активно сотрудничает с международными организациями в области обеспечения безопасности.

В сотрудничестве с Международной организацией гражданской обороны (МОГО) Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России были организованы и проведены семинары для иностранных специалистов (из Молдовы, Нигерии, Армении, Судана, Иордании, Бахрейна, Азербайджана, Монголии и других стран) по экспертизе пожаров и по обеспечению безопасности на нефтяных объектах, по проектированию систем пожаротушения. Кроме того, сотрудники университета принимали участие в конференциях и семинарах, проводимых МОГО на территории других стран. В настоящее время разработаны 5 программ по техносферной безопасности на английском языке для представителей Международной организации гражданской обороны.

На базе университета проводятся международные мероприятия под эгидой CTIF (КТИФ): заседание Исполнительного комитета КТИФ, рабочих групп «Женщины за безопасность», «Обучение и подготовка», конференции.

Одним из ключевых направлений работы университета является участие в научном проекте Совета государств Балтийского моря (СГБМ). Университет принимал участие в проекте 14.3, а именно в направлении С – «Макрорегиональные сценарии рисков, анализ опасностей и пробелов в законодательстве» в качестве полноценного партнера. В настоящее время идет работа по созданию нового совместного проекта в рамках СГБМ.

Большая работа ведется по привлечению к обучению иностранных граждан. Открыты представительства в трех иностранных государствах (Болгария, Черногория, Казахстан). В настоящее время в университете обучаются более 200 граждан из 8 иностранных государств.

Заключены соглашения о сотрудничестве более чем с 20 иностранными учебными заведениями, в том числе Высшей технической школой профессионального обучения

г. Нови Сад и университетом г. Ниш (Сербия), Академией пожарной охраны г. Гамбурга (ФРГ), Колледжем пожарно-спасательной службы г. Куопио (Финляндия), Кокшетауским техническим институтом МЧС Республики Казахстан и многими другими.

В рамках научного сотрудничества с зарубежными вузами и научными центрами издается российско-сербский научно-аналитический журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности». Университетом заключен договор с российско-сербским гуманитарным центром (г. Ниш). В сентябре 2014 г. в рамках сотрудничества в университете проведен семинар с представителями пожарно-спасательных служб Сербии по вопросам деятельности газодымозащитных служб.

В 2014 г. университетом проводился набор курсантов, обучавшихся в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля Республики Украина, поступающих от Республики Крым и города Севастополь в количестве 11 человек по очной и 13 слушателей по заочной форме обучения.

В университете на основании межправительственных соглашений проводится обучение сотрудников МЧС Кыргызской Республики и Республики Казахстан.

За годы существования университет подготовил более 1 тыс. специалистов для пожарной охраны Афганистана, Болгарии, Венгрии, Вьетнама, Гвинеи-Бисау, Кореи, Кубы, Монголии, Йемена и других зарубежных стран.

Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Издается ежемесячный информационно-аналитический сборник центра международной деятельности и информационной политики, аналитические обзоры по пожарно-спасательной тематике. Переведен на английский язык и постоянно обновляется сайт университета.

Компьютерный парк университета составляет более 1,5 тыс. единиц, объединенных в локальную сеть. Компьютерные классы позволяют курсантам работать в международной компьютерной сети Интернет. С помощью сети Интернет обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса. Необходимая нормативно-правовая информация находится в базе данных компьютерных классов, обеспеченных полной версией программ «КонсультантПлюс», «Гарант», «Законодательство России», «Пожарная безопасность». Для информационного обеспечения образовательной деятельности в университете функционирует единая локальная сеть, осуществлено подключение к ведомственной сети Интранет МЧС России.

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

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонд библиотеки университета составляет более 448 тыс. экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис», осуществляется электронная книговыдача.

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 электронную библиотеку оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: филиал в г. Железногорске и библиотека учебно-спасательного центра «Вытегра», а также учебные центры. Имеется доступ к крупнейшим библиотекам нашей страны и мира (Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина, Российская национальная библиотека, Российская государственная библиотека, Библиотека академии

наук, Библиотека Конгресса). Заключен договор с ЭБС IPRbooks на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде.

В фонде библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8261 экземпляр. На 2014 г., в соответствии с требованиями ГОС, выписано 120 наименований журналов и газет, из них более 50 наименований – с грифом ВАК. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности, выписываются иностранные журналы.

На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Типографский комплекс университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и план издательской деятельности Министерства. Университет издает 7 собственных научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных конференций, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства РФ и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс. 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 периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук».

Учебная пожарная часть университета имеет 13 единиц современной техники, оснащенной необходимым оборудованием для доставки и проведения оперативных действий боевого расчета, проведения спасательных работ и подачи воды. Обучение курсантов и слушателей на образцах самой современной специальной техники и оборудования способствует повышению профессионального уровня выпускников.

Поликлиника университета оснащена современным оборудованием, что позволяет проводить комплексное обследование и лечение сотрудников учебного заведения и учащихся.

Все слушатели и курсанты университета проходят обучение по программам первоначальной подготовки спасателей и пожарных (для факультета экономики и права) с получением удостоверений. Обучение проходит на базе Учебно-спасательного центра «Вытегра» – филиала Северо-Западного регионального ПСО МЧС России; Центра подготовки спасателей Байкальского поисково-спасательного отряда МЧС России, расположенного в населенном пункте Никола вблизи озера Байкал; 40-го Российского центра подготовки спасателей; 179-го Спасательного центра в г. Ногинске; Центра подготовки спасателей «Красная Поляна» Южного регионального ПСО МЧС России.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. был создан центр по обучению кадетов.

Основные цели деятельности центра – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадетов, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

Центр осуществляет подготовку кадетов по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом специфики вуза.

В 2012–2014 гг. нештатные подразделения спасения университета, в состав которых входили сотрудники структурных подразделений, руководство и курсанты факультета пожарной безопасности, факультета экономики и права принимали участие в ликвидации последствий крупнейших природных чрезвычайных ситуаций в Краснодарском крае (г. Крымск), на Дальнем Востоке и Южном Урале.

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): 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 проведение 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, черлидингу 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 культурно-досуговом центре. Учащиеся университета принимают активное участие в играх КВН среди команд структурных подразделений МЧС России, ежегодных профессионально-творческих конкурсах «Мисс МЧС России», «Лучший клуб», «Лучший музей», конкурсе музыкального творчества пожарных и спасателей «Мелодии Чутких Сердец».

Деятельность творческих объединений университета организует и координирует культурно-досуговый центр.

Одной из задач Центра является совершенствования нравственно-патриотического и духовно-эстетического воспитания личного состава, обеспечение строгого соблюдения дисциплины и законности, укрепление корпоративного духа сотрудников, формирования гордости за принадлежность к Министерству и университету. Парадный расчет университета традиционно принимает участие в параде войск Санкт-Петербургского гарнизона, посвященном Дню Победы в Великой Отечественной войне. Слушатели и курсанты университета – постоянные участники торжественных и праздничных мероприятий, проводимых МЧС России, администрацией Санкт-Петербурга и Ленинградской области, приуроченных к государственным праздникам и историческим событиям.

В университете из числа курсантов и слушателей создано творческое объединение «Молодежный пресс-центр», осуществляющее выпуск корпоративного журнала университета «Первый». В 2014 г. курсанты «Молодежного пресс-центра» впервые прошли производственную практику в Управлении организации информирования населения МЧС России.

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 в редакцию журнала с ***резолюцией*** заместителя начальника университета по научной работе. 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 посредине);

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 оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

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

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

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

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

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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

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

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

Научно-аналитический журнал

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

№ 3 (11) – 2014

Выпускающий редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 26.09.2014. Формат $60\times84_{1/8}$.
Усл.-печ. 12,5 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 108

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