

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

№ 2 (38) – 2021

Редакционный совет

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

Заместитель председателя – доктор политических наук, кандидат исторических наук, доцент **Мусиенко Тамара Викторовна**, профессор кафедры философии и социальных наук.

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

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, директор Санкт-Петербургского ГУП «Горэлектротранс»;

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

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

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

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

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного

государственного заочного технического университета Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

Секретарь совета:

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

Редакционная коллегия

Председатель – кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Онов Виталий Александрович**, начальник центра организации научно-исследовательской редакционной деятельности.

Заместитель председателя – майор внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

кандидат технических наук, доцент **Матвеев Александр Владимирович**, заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий;

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

Секретарь коллегии:

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

- Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Ефремов Р.В. Программная реализация интегральной модели пожара в ограждениях на социальных объектах..... 4
- Однолетко А.В., Троянов О.М. Меры профилактики в обеспечении безопасности населения при землетрясениях в Республике Адыгея..... 13
- Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н., Бруслиновский А.Ю. Анализ статистических данных по взрывопожарной опасности нефтегазовых объектов..... 21

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

- Белов А.С., Кулек Н.В. Опасность образования статического электричества в различных технологических процессах..... 26
- Лабинский А.Ю. Расчеты теплообменных аппаратов в пожарном деле..... 29
- Минкин Д.А., Попов Д.Е. Тепловой режим датчика газосигнализатора..... 34

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

- Кисляков Р.А., Зелинская И.А., Иванов А.В. Модификация материалов верха боевой одежды пожарного астраленами..... 41
- Широухов А.В., Широухов Д.А. Прогнозирование надежности деталей машин при проектировании..... 45
- Савчук О.Н., Осипчук И.В., Князев А.А. Проблемы и пути повышения безопасности населения в условиях паводкового наводнения в регионе Северного Кавказа..... 51

- Сведения об авторах..... 60
- Информационная справка..... 61
- Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)..... 66

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

ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)

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

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2021

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

УДК 004.41/42

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПОЖАРА В ОГРАЖДЕНИЯХ НА СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

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

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

Р.В. Ефремов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Исследуется система дифференциальных уравнений, описывающая процесс изменения состояния газовой среды, заполняющая помещение социального объекта на основе предположения, что социальные объекты, как правило, представляют собой достаточно развитую систему помещений достаточно простой геометрической конфигурации, в которых возможный очаг пожара соизмерим характерным линейным размером. Установлено, что в этом случае возможен переход к имитационному моделированию, поскольку учет стохастического характера пожара представляется более важным, чем детальное и точное прогнозирование его характеристик. Сформирован алгоритм интегральной модели пожара в ограждениях на социальном объекте. Предложен способ уменьшения трудоемкости процедуры ввода начальных условий развития пожара в процессе его моделирования на основе обращения к соответствующим базам данных, содержащим характеристики аналогов групп помещений или зон расположения пожарной нагрузки в соответствии с классом функциональной опасности зданий и помещений.

Ключевые слова: интегральная модель пожара, социальный объект, опасные факторы пожара, балансовые уравнения газообмена, тепловые потери, тепловой баланс, выбор детерминированного аналога

THE SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE INTEGRAL MODEL OF FIRE IN FENCES ON THE SOCIAL FACILITIES

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; R.V. Efremov.

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

It is studied the system of differential equations describing the process of changing the state of the gas environment that fills the room of a social facility on the basis of the assumption that social facilities, as a rule, are a sufficiently developed system of rooms of a fairly simple geometric configuration, in which the possible fire source is commensurate with the characteristic linear size. It is determined that in this case it is possible to switch to the simulation modeling since taking into account that the stochastic nature of the fire is more important than a detailed and accurate prediction of its characteristics. It is formed the algorithm of the integral model of fire in fences on the social facilities. It is introduced the method of the reduction the complexity of the procedure for entering the initial conditions for the development of fire in the process of its modeling by accessing the appropriate databases containing the characteristics of similar groups of rooms or zones of fire load location in accordance with the functional hazard class of buildings and rooms.

Keywords: integral model of fire, social facility, dangerous fire factors, balance equations of gaseous interchange, thermal losses, heat balance, choice of the deterministic equivalent

Разрешение значительного числа проблем, связанных с обеспечением пожарной безопасности помещений, в которых размещаются социальные объекты, предполагает поиск эффективных конструктивных и объемно-планировочных решений в ходе их проектирования и строительства. Принятие таких решений предполагает прогноз динамики опасных факторов пожара (ОФП). Прежде всего, необходимо знать характер возможных изменений параметров газовой среды в помещении, характер прогрева ограждающих конструкций, а так же возможное воздействие теплового излучения продуктов горения на личный состав и материальные ценности. Существующие методы изучения динамики ОФП предполагают, прежде всего, построение конкретной математической модели пожара: интегральной, зонной или дифференциальной (полевой), которые предполагают различную степень детализации термодинамического образа пожара, что определит трудоемкость самого процесса.

Традиционная интегральная математическая модель пожара в помещении содержит систему дифференциальных уравнений первого порядка, которые включают временные зависимости среднеобъемных параметров состояния газовой среды на пожаре по мере его развития. Они основаны на законах сохранения энергии и массы открытой термодинамической системы, которые являются фундаментальными законами физики. В основе такой модели лежит усреднение параметров по объему.

Исходя из основных положений термодинамики, газовые среды, сосредоточенные в помещениях социальных объектов в силу наличия проемов (окна, двери), можно отнести к открытым термодинамическим системам.

Пол, потолок и стены, составляющие ограждающие конструкции, и атмосферный воздух или воздух, находящийся в соседнем помещении, образуют внешнюю среду, которая взаимодействует с газовой средой в помещении через процессы массо- и теплообмена.

По мере развития пожара из помещения через открытые проемы происходит перемещение наружу разогретых пожаром газов, а внутрь помещения – холодного воздуха, то есть масса газовой смеси и содержание в ней воздуха и продуктов горения, по мере развития пожара изменяется. Кроме того, в открытую термодинамическую систему со стороны наружной поверхности горячей пожарной нагрузки поступает вещество в форме газообразных продуктов горения. Таким образом, анализируются параметры состояния открытой термодинамической системы в процессе взаимодействия с окружающей средой [1, 2].

Социальные объекты, как правило, представляют собой достаточно развитую систему помещений достаточно простой геометрической конфигурации, в которых возможный очаг пожара соизмерим характерным линейным размером. Это позволяет провести имитационное моделирование, поскольку учет стохастического характера пожара представляется более важным, чем детальное и точное прогнозирование его характеристик [3, 4].

Схема пожара в помещении представлена на рис. 1.

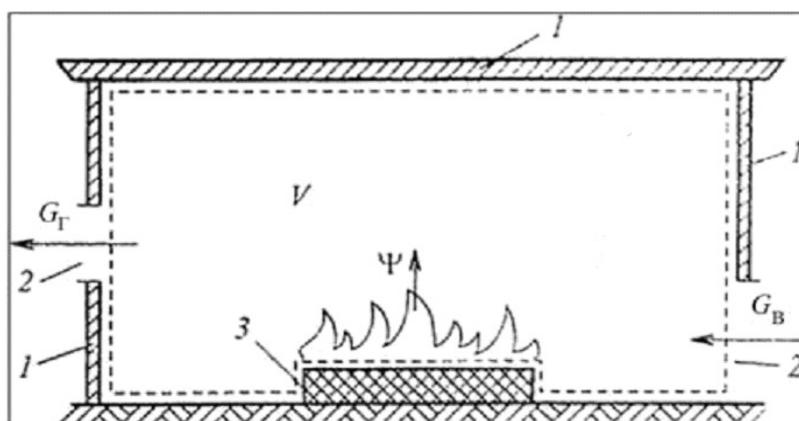


Рис. 1. Схема пожара в помещении социального объекта:
 1 – ограждения; 2 – проемы; 3 – пожарная нагрузка; V – объем помещения; ψ – текущая массовая скорость выгорания; G_B – расход атмосферного воздуха через проемы; G_T – расход уходящих через проемы продуктов горения

Интегральная модель пожара в помещении социального объекта базируется на следующих предположениях:

– газовая среда, заполняющая помещение, обладает свойствами смеси идеальных газов;

– в каждой точке такого помещения в любой момент наблюдается локальное значение основных термодинамических параметров состояния (абсолютное давление P , удельный объем v и абсолютная температура T), которые связаны между собой уравнением Менделеева-Клапейрона [5].

В интегральном методе для описания состояния открытой термодинамической системы, которой является газовая среда, заполняющая помещение социального объекта, применяются интегральные значения параметров состояния – суммарная масса компонентов газовой среды и сумма их внутренних энергий. Удельное значение внутренней энергии газовой смеси, заполняющей помещение социального объекта, позволяет оценить средний уровень ее нагретости. Однако, учитывая, что объем помещения в ходе развития пожара практически не изменяется, используются среднеобъемные характеристики, такие как среднеобъемная плотность газовой среды ρ_m и среднеобъемная внутренняя энергия u_m , которые соотносятся между собой посредством уравнения:

$$u_m = \frac{1}{k-1} \cdot \rho_m,$$

где $k=C_p/C_v$ – постоянная адиабаты газовой смеси.

Система дифференциальных уравнений (1÷5), описывающая ход изменений состояния газовой среды, заполняющей помещение социального объекта, с учетом принятых допущений, имеет вид:

$$V \frac{d\rho_m}{d\tau} = \psi + G_B - G_\Gamma + G_{Пр} - G_{Выт}, \quad (1)$$

где $G_{Пр}$, $G_{Выт}$ – массовые расходы через приточную и вытяжную вентиляцию соответственно.

$$V \cdot \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\rho_m}{k-1} \right) = \eta \cdot Q_H \cdot \psi + c_{pB} \cdot T_B \cdot (G_B + G_{Пр}) - c_p \cdot T_m \cdot (G_\Gamma + G_{Выт}) - (Q_w + Q_c + Q_f) + Q_o, \quad (2)$$

где η – коэффициент неполноты сгорания; Q_H – удельная теплота горения пожарной нагрузки; c_{pB} и T_B – удельная изобарная теплоемкость и абсолютная температура воздуха соответственно; c_p и T_m – удельная изобарная теплоемкость и абсолютная температура соответственно; Q_w , Q_c , Q_f – тепловые потери через стены, потолок и пол соответственно; Q_o – мощность системы отопления.

Левая часть уравнения (2) описывает скорость изменения внутренней энергии газовой среды, заполняющей помещение социального объекта в рассматриваемый промежуток времени $d\tau$ [6]

$$V \cdot \frac{d\rho_1}{d\tau} = \eta \cdot L_1 \cdot \psi + x_{1B} \cdot (G_B + G_{Пр}) - x_1 \cdot (G_\Gamma + G_{Выт}) ; \quad (3)$$

$$V \cdot \frac{d\rho_2}{d\tau} = \eta \cdot L_2 \cdot \psi - x_2 \cdot (G_\Gamma + G_{\text{Быт}}) \quad (4)$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотность воздуха и продуктов горения; L_1 и L_2 – масса кислорода, необходимого для полного сгорания единицы массы пожарной нагрузки и стехиометрический коэффициент для продуктов горения соответственно; x_1 и x_2 – массовая доля кислорода и продуктов горения в помещении соответственно; x_{1B} – массовая доля кислорода в воздухе, поступающем в помещение из наружной среды.

$$V \cdot \frac{d\mu_m}{d\tau} = D \cdot \psi - \mu_m \cdot \left(\frac{G_\Gamma + G_{\text{Быт}}}{\rho_m} \right) - k_c \cdot (F_w + F_c + F_f) \quad (5)$$

где μ_m – среднеобъемное значение оптической плотности продуктов горения; D – дымообразующая способность материалов пожарной нагрузки; k_c – скорость осаждения твердых частиц продуктов горения на ограждающих поверхностях помещения; F_w , F_c и F_f – соответственно площади стен, потолка и пола помещения.

Начальные значения для переменных, входящих в уравнения (1÷5), задаются условиям, которые установились в помещении социального объекта до начала пожара:

$$\tau = 0; \quad \rho_m = \frac{P_a}{R_a \cdot T_o}; \quad x_{1B} = \frac{\rho_{1B}}{\rho_m}; \quad \rho_2 = 0; \quad P_m = P_a; \quad \mu_m = 0$$

где P_a – давление атмосферы на половине высоты помещения; R_a – газовая постоянная воздуха; P_m – среднеобъемное давление воздуха.

Среднеобъемные термодинамические параметры, описывающие состояние газовой среды в помещении социального объекта, связаны между собой уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$P_m = \rho_m \cdot \frac{R}{\mu} \cdot T_m$$

где R – универсальная газовая постоянная; μ – молярная масса продуктов горения; T_m – среднеобъемная температура продуктов горения в помещении.

Уравнения, описывающие теплоотдачу в ограждающие конструкции помещения, должны учитывать конвективную и лучистую составляющие пламени пожара на социальном объекте:

$$Q_w = Nu_w \cdot F_w \cdot (T_m - T_w) \cdot H + \frac{0,3 \cdot Q_n \cdot F_w}{F_f + F_w + F_c};$$

$$Q_f = Nu_f \cdot F_f \cdot (T_m - T_f) \cdot L_f + \frac{0,3 \cdot Q_n \cdot F_f}{F_f + F_w + F_c};$$

$$Q_c = Nu_c \cdot F_c \cdot (T_m - T_c) \cdot L_c + \frac{0,3 \cdot Q_n \cdot F_c}{F_f + F_w + F_c},$$

где F_w , F_f , F_c – площади стен, пола и потолка помещения соответственно; L – характерный линейный размер поверхности: для вертикальной стены $L=H$ – высота стены, для пола и потолка $L=L_f=L_c$ – ширина пола и потолка соответственно.

Экспериментальные зависимости, представленные в работе [3], позволяют определить значения числа Нуссельта для теплообмена у поверхности вертикальных ограждающих конструкций Nu_w у поверхности пола Nu_f и поверхности потолка Nu_c – уравнения (6÷8):

$$Nu_w = \left[0,825 + \frac{0,387 \cdot Ra_w^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr_w} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right]^2 ; \quad (6)$$

$$Nu_f = 0,13 \cdot Ra_f^{1/3} ; \quad (7)$$

$$Nu_c = 0,16 \cdot Ra_c^{1/3} , \quad (8)$$

где Pr_w – число Прандля для температуры газовой среды, равной температуры на внутренней поверхности вертикальной ограждающей конструкции помещения; $Ra=Gr \cdot Pr$ – число Релея, значение которого можно определить при помощи эмпирической зависимости:

$$Ra_{w,f,c} = \frac{g \cdot (T_m - T_{w,f,c}) \cdot L^3}{T_m \cdot \nu \cdot a} ,$$

где g – ускорение свободного падения; T_w , T_f и T_c – абсолютные температуры на поверхности вертикальной ограждающей конструкции, пола и потолка соответственно.

Трудоемкость программной реализации интегральной модели пожара в ограждениях на социальных объектах можно уменьшить, если массивы кинематической вязкости ν и коэффициента температуропроводности воздуха a заменить вычислительными позициями на основе эмпирических уравнений (9, 10), приведенных в работе [1]:

$$\nu = \frac{1,717 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{T_m}{273} \right)^{0,683}}{\rho_m} , \quad (9)$$

$$a = \frac{2,44 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{T_m}{273}\right)^{0,82}}{\left[1,0005 + 1,1904 \cdot 10^{-4} \cdot (T_m - 273)\right] \cdot 10^3 \cdot \rho_m} . \quad (10)$$

Для определения значений расхода приходящего воздуха через проемы в вертикальных ограждающих конструкциях G_a и расхода уходящих через те же проемы продуктов горения G_g в работе [4] предлагаются уравнения:

$$G_B = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \rho_a \cdot (\rho_a - \rho_m)} \cdot \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot b_i \cdot \left[(y_* - y_{Hi})^{3/2} - (y_* - z_i)^{3/2} \right] ;$$

$$G_G = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \rho_m \cdot (\rho_a - \rho_m)} \cdot \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot b_i \cdot \left[(y_{Bi} - y_*)^{3/2} - (z_i - y_*)^{3/2} \right] ,$$

где n и i – число проемов и номер проема в вертикальных ограждающих конструкциях; ξ – коэффициент расхода вертикального проема, в практических расчетах принимается: для открытого проема $\xi=1$, для закрытого проема $\xi=0,001$; y_n и y_e – координаты нижней и верхней кромки проема соответственно; y_* – высота плоскости равных давлений, определяемая уравнением:

$$y_* = \frac{H}{2} - \frac{P_m - P_a}{g \cdot (\rho_a - \rho_m)} .$$

Z_i – параметр, определяемый следующими соотношениями: при $y_* < y_{Hi}$ значение $Z_i = y_{Hi}$; при $y_{Hi} < y_* < y_{Bi}$ значение $Z_i = y_*$; при $y_* > y_{Bi}$ значение $Z_i = y_{Bi}$.

Система уравнений интегральной модели пожара в помещениях социальных объектов и, соответственно, алгоритмы ее решения определяются планировкой здания, числом помещений в нем и проемов между ними. Это позволяет формировать соответствующую систему балансовых уравнений на основе гидравлической системы здания, в котором размещается социальный объект и определять параметры газообмена, включая распределение продуктов горения по зданию, температуру и уровень задымления.

Для численной реализации представленного алгоритма в решении системы дифференциальных уравнений (1÷5), описывающих процесс изменения состояния газовой среды, заполняющей помещение социального объекта, обычно используют метод Рунге-Кутты-Фельберга 4-го или 5-го порядка точности с переменным шагом [7]. При этом возможно использование как универсальных программных инструментов, например, MathCad [8], так и создание специализированных программных продуктов. Примерами таковых могут быть программный комплекс CFAST [9] или пакет FDS [10] с применением программ PyroSim 2010-2 [11] и SmokeView [12]. Использование как универсальных, так и специализированных программных продуктов предполагает ввод значительного числа начальных условий, определяющих ход моделирования пожара в ограждениях на социальном объекте. К таким условиям относятся:

- геометрические характеристики исследуемого помещения, включающие, в том числе его конфигурацию, описание размеров и месторасположения проемов;
- характеристики пожарной нагрузки, содержащие как физико-химические свойства

веществ, образующих эту нагрузку, так и распределение пожарной нагрузки по помещению;
 – теплофизические характеристики воздуха и продуктов горения, учитывающие их зависимости от температуры и атмосферного давления.

Для уменьшения трудоемкости процедуры ввода начальных условий развития пожара на социальном объекте разработанный алгоритм интегральной модели предусматривает обращение к соответствующим базам данных, содержащим не только характеристики веществ и материалов, но и характеристики аналогов групп помещений или зон расположения пожарной нагрузки в соответствии с классом функциональной опасности зданий и помещений. Алгоритм реализации интегральной модели пожара в ограждениях на социальном объекте представлен на рис. 2.



Рис. 2. Алгоритм интегральной модели пожара в ограждениях на социальном объекте

Выбор соответствующей опции из предлагаемого меню одной из пяти групп помещений и до 11 возможных зон расположения пожарной нагрузки позволяет в соответствии с детерминированным аналогом или источником установить характерные для исследуемого объекта параметры пожарной нагрузки. Интерфейс программного комплекса в режиме ввода начальных условий, реализующего интегральную модель пожара в ограждениях в помещении социального объекта, представлен на рис. 3.

Вывод результатов моделирования пожара в ограждениях на социальном объекте возможен как в графической форме (рис. 4), так и табличной (рис. 5).

Геометрические параметры помещения

Длина м Ширина м Высота м

Геометрические параметры проемов

		Вид	Ширина, м	Высота, м	Кол-во
		Оконные	N1	2	
высота нижней кромки оконного проема				1	высота верхней кромки оконного проема
N2	2			3	
	высота нижней кромки оконного проема			1	высота верхней кромки оконного проема
Дверные		1,8		2,5	1

Параметры пожарной нагрузки

Наименование групп помещений или зон расположения пожарной нагрузки (класс функциональной пожарной опасности зданий и помещений)

Подсобные помещения (Ф1.1-1 дошкольные образовательные учреждения)

Подсобные помещения (Ф1.1-1 дошкольные образовательные учреждения)

Спальная комната (Ф1.1-1 дошкольные образовательные учреждения)

Спортзал, танцевальный зал (Ф1.1-1 дошкольные образовательные учреждения)

Административные помещения (Ф1.1-2 больницы, дома престарелых и инвалидов)

Гардероб (Ф1.1-2 больницы, дома престарелых и инвалидов)

Кабинет врача (Ф1.1-2 больницы, дома престарелых и инвалидов)

Кладовая белья (Ф1.1-2 больницы, дома престарелых и инвалидов)

Комната отдыха (Ф1.1-2 больницы, дома престарелых и инвалидов)

пожарной нагрузки, кг	теплота сгорания $Q_{г}$, МДж/кг	теплотворность $Q_{т}$, кг/кг	скорость выгорания, $kg/m^2 \cdot c$
10000	14,5	-1,154	0,013
Выделение CO, кг/кг	Выделение CO ₂ , кг/кг	Выделение HCL, кг/кг	Дымообразующая способность, кг м ³ /кг
0,097	1,109	0	50

Примечание:

- необходимо ввести параметр:
- наименование групп помещений или зон расположения пожарной нагрузки;
- массу пожарной нагрузки;
- границы нижней и верхней кромки оконных проемов

Рис. 3. Интерфейс программного комплекса в режиме ввода начальных данных

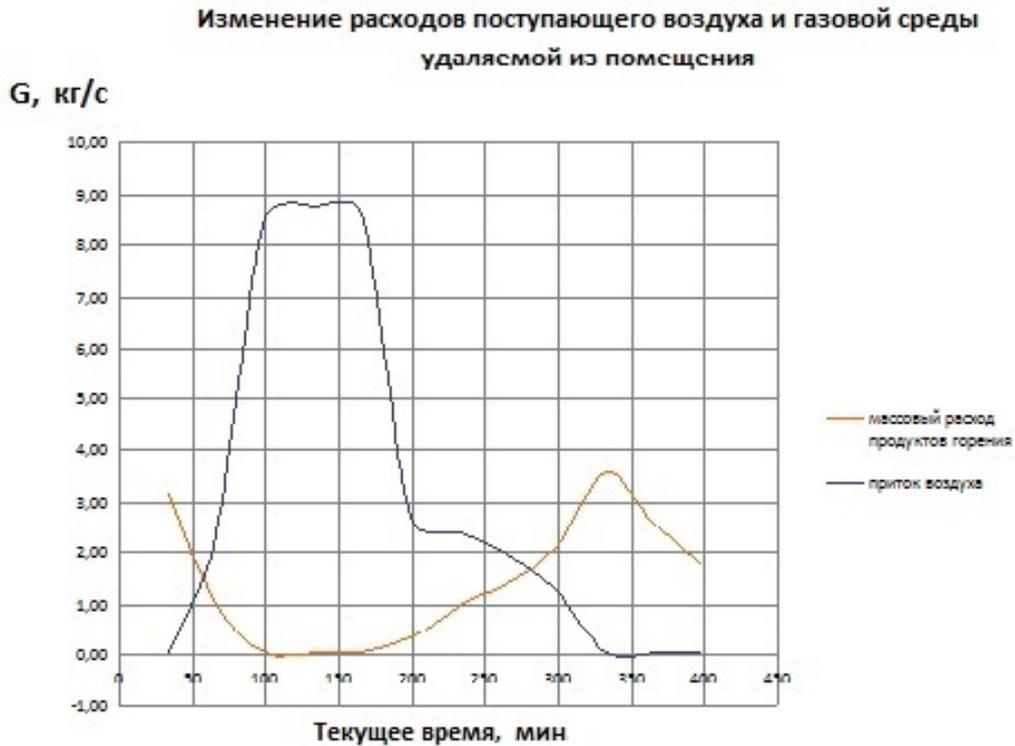


Рис. 4. Расходы поступающего воздуха и продуктов горения

Объем помещения	1056	м ³		Площадь помещения	512	м ²
Общая площадь проемов	7.7	м ²		Приведенная высота проемов	2.1	м
Общая пожарная нагрузка	10000	кг		Проемность помещения	0,022	м ^{0.5}
Критическая пожарная нагрузка	1,36	кг/м ²		Пожарная нагрузка приведенная к древесине, отнесенная к площади	5,473	кг/м ²
Режим пожара:	<i>пожар, регулируемый вентиляцией (ПРВ)</i>			характерная продолжительность объемного пожара	1,3	час

Текущее время, мин.	Среднеобъемная температура, °C	Среднеобъемное давление газовой среды в помещении, кПа	Среднеобъемная плотность продуктов горения, кг/м ³	Плотность атмосферного воздуха, кг/м ³	Высота нейтральной зоны, м	Массовый расход продукта в горения, кг/с	Приток воздуха, кг/с
33	43	107,25	1,15	1,293	0,00	3,17	0,08
66	353	105,29	0,57	1,293	2,44	1,05	2,35
100	741	104,89	0,35	1,293	2,61	0,08	8,58
133	889	104,63	0,30	1,293	2,66	0,08	8,78
166	785	104,89	0,33	1,293	2,62	0,08	8,64
199	571	104,94	0,42	1,293	2,58	0,38	2,70
232	364	105,24	0,56	1,293	2,46	1,00	2,38
266	210	105,07	0,73	1,293	2,32	1,40	1,97
299	112	105,52	0,92	1,293	1,84	2,10	1,28
332	57	107,29	1,10	1,293	0,00	3,58	0,08
365	27	106,74	1,20	1,293	0,00	2,59	0,08
398	13	105,81	1,25	1,293	0,00	1,77	0,08

Рис. 5. Результаты моделирования пожара в ограждениях на социальном объекте

Сравнение результатов моделирования пожара в ограждениях на социальном объекте, произведенных при помощи представленного программного продукта, предусматривающего ввод начальных условий развития пожара, с результатами использования для этого пакета MathCad [8], а так же специализированного программного комплекса CFAST [9] или пакета FDS [12] позволяет сделать вывод о возможности уменьшения трудоемкости процедуры ввода начальных условий на основе выбора детерминированного аналога, а также избежания

ошибок при вводе теплофизических характеристик. Это расширяет потенциал использования информационно-коммуникационных технологий в ходе поиска конструктивных и объемно-планировочных решений на базе прогнозирования динамики изменений ОФП, прогрева ограждающих конструкций, а также возможного воздействия теплового излучения продуктов горения на личный состав, персонал объекта и материальные ценности.

Литература

1. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. М.: Стройиздат, 1990. 421 с.
2. Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Яндиев М.А. Инженерные методы оценки огнестойкости строительных конструкций // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2020. № 1. С. 26–32.
3. Грачёв В.Ю. Введение в моделирование пожаров для расчета пожарного риска. Екатеринбург: СИТИС, 2009. 120 с.
4. Методика расчета режимов прогрева строительных конструкций в условиях внутреннего пожара / А.А. Кузьмин [и др.] // Вестник международной академии холода. 2021. № 1. С. 84–93. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-84-93.
5. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко [и др.]. М.: Стройиздат, 1988. 448 с.
6. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. 2-е изд. М.: Высш. шк., 2019. 224 с.
7. Введение в математическое моделирование / под ред. П.И. Трусова. М.: Университет. книга, 2017. 592 с.
8. Михайлова Н.А. Численная реализация интегральной математической модели пожара в помещении в интегрированной среде Mathcad // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительная информатика. 2014. Вып. 11 (32). Ст. 4.
9. Методические рекомендации по использованию программы CFAST. Екатеринбург: СИТИС, 2009. 58 с.
10. Team WhiteBoarding with Twiddla – Painless Team Collaboration For The Web. URL: <https://www.twiddla.com/about/FAQ.aspx> (дата обращения: 05.12.2020).
11. The Moodle project (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). URL: https://docs.moodle.org/30/en/About_Moodle (дата обращения: 18.10.2020).
12. Рекомендации по использованию программы FDS с применением программ PyroSim 2010-2 и SmokeView. Екатеринбург: СИТИС, 2011. 88 с.

УДК 614.8.084

МЕРЫ ПРОФИЛАКТИКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ

А.В. Однолетко;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводятся данные об общем сейсмическом районировании территории Российской Федерации на 2016 г., дается сейсмическая характеристика территории Республики Адыгея, включая характеристику по отдельным населенным пунктам. На основе существующей вероятности сейсмической опасности на территории республики показана необходимость разработки и проведения мер профилактики последствий землетрясений в обеспечении безопасности населения при землетрясениях. Показаны меры обеспечения безопасности

населения на территории Республики Адыгея при землетрясениях, роль и значение комплексной системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайных ситуаций и необходимость заблаговременной подготовки к всестороннему обеспечению безопасности населения при землетрясениях.

Ключевые слова: безопасность населения, Республика Адыгея, землетрясения, сейсмическое районирование, сейсмоактивные зоны, последствия землетрясений, меры профилактики, обеспечение безопасности, сейсмическая опасность, безопасность населения, мониторинг землетрясений, сейсмические наблюдения, чрезвычайная ситуация

PREVENTIVE MEASURES TO ENSURE THE SAFETY OF THE POPULATION DURING EARTHQUAKES IN THE REPUBLIC OF ADYGEA

A.V. Odnoletko; O.M. Troyanov.

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

The article provides data on the general seismic zoning of the territory of the Russian Federation for 2016, provides a seismic characteristic of the territory of the Republic of Adygea, including characteristics for individual settlements. On the basis of the existing probability of seismic hazard on the territory of the republic, the necessity of developing and implementing measures to prevent the consequences of earthquakes in ensuring the safety of the population during earthquakes is shown. Shown measures to ensure the safety of the population on the territory of the Republic of Adygea in case of earthquakes, the role and importance of an integrated system for emergency notification of the population about the threat or occurrence of emergency situations and the need for advance preparation of a comprehensive public safety during earthquakes.

Keywords: public safety, Republic of Adygea, earthquakes, seismic zoning, seismically active zones, earthquake consequences, preventive measures, safety, seismic hazard, public safety, earthquake monitoring, seismic observations, emergency situation

Известно, что одно из самых катастрофических землетрясений нашего времени произошло 7 декабря 1988 г. в Армении. Город Спитак оказался в эпицентре, в котором толчки достигли десятибалльной силы. Рядом в г. Ленинакане толчки были магнитудой 7,2 балла. Город Спитак был разрушен полностью, г. Ленинакан (Гюмри) был разрушен на 80 %. Землетрясением в 6,8 баллов подверглось более 40 % территории Армении. Погибло 25 тыс. чел. Спасатели извлекли из-под завалов 15 тыс. чел. [1]. В Армении ежегодно 7 декабря отмечается как День памяти жертв землетрясений.

В СССР и СНГ за последние семь десятилетий могут быть выделены следующие сильные землетрясения: в г. Ашхабаде – 6 октября 1948 г., в г. Ташкенте – 26 апреля 1966 г., в поселке Газли – 7 апреля 1976 г., на Сахалине – 5 августа 2000 г. [2].

Эти и другие примеры серьезных последствий землетрясений, их внезапность определяют необходимость всестороннего обеспечения безопасности населения при землетрясениях.

В соответствии с принятым общим сейсмическим районированием территории Российской Федерации (карта ОСР-2016-А, рис. 1) в Республике Адыгея 62 населенных пункта расположены в условиях 7 балльной расчетной сейсмической опасности, в том числе столица Адыгеи г. Майкоп с населением более 140 тыс. чел. В условиях 8 балльной расчетной сейсмической опасности расположены восемь населенных пунктов республики [3]. При этом по территории аула Панахес с населением более полутора тысяч человек проходит граница зон разной балльности. Аул Панахес относится к более сейсмоопасной зоне.

Важнейшее значение в обеспечении безопасности жизнедеятельности населения при землетрясениях имеют системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (ЧС) и стихийных бедствий, связанных, в том числе с геофизическими опасными явлениями.



Рис. 1. Макет карты ОСР-2016-А, отражающей общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации

Возможность возникновения землетрясений высокого поражающего действия на территории Республики Адыгея определяют актуальность регулярного сейсмического наблюдения и прогнозирования землетрясений в интересах своевременного информирования и обеспечения безопасности населения, смягчения возможных последствий.

Республика Адыгея расположена на юго-западе Российской Федерации, в левобережье Кубани, занимает центральную часть Прикубанской наклонной (Закубанской) равнины и северные склоны Северо-Западного Кавказа. Основная территория республики находится в бассейне двух главных притоков реки Кубани – рек Лабы и Белой [4].

Республика Адыгея является субъектом Российской Федерации. Относится к Южному федеральному округу и Северо-Кавказскому экономическому району. Адыгея со всех сторон граничит с районами Краснодарского края. В составе республики семь административных районов (Гиагинский, Кошехабльский, Красногвардейский, Майкопский, Тахтамукайский, Теучежский, Шовгеновский) и два республиканских городских округа – Майкопский и Адыгейский (рис. 2).

В пояснительной записке к комплекту карт ОСР-2016 (общего сейсмического районирования территории Российской Федерации) приводится список населенных пунктов (по субъектам Российской Федерации), расположенных в сейсмоактивных зонах.

В списке населенных пунктов Республики Адыгея, расположенных в сейсмоактивных зонах с сейсмической интенсивностью 8 баллов по шкале MSK-64 для средних грунтовых условий и трех уровней сейсмической опасности (вероятностей превышения расчетной интенсивности в течение 50 лет, равных 10 %), кроме уже упоминавшегося выше аула Панахес, приводятся следующие населенные пункты: станция Абадзехская (население более 3,6 тыс. чел.), станица Даховская (население без малого 1,5 тыс. чел.), поселок Каменномоетский (население более 7 тыс. чел.), станица Курджипская (население более 1,5 тыс. чел.), станица Новосвободная (население более 600 чел.), поселок Первомайский (население более 1,2 тыс. чел.), село Хамышки (население около 900 чел.). Все перечисленные населенные пункты расположены на территории Майкопского района.

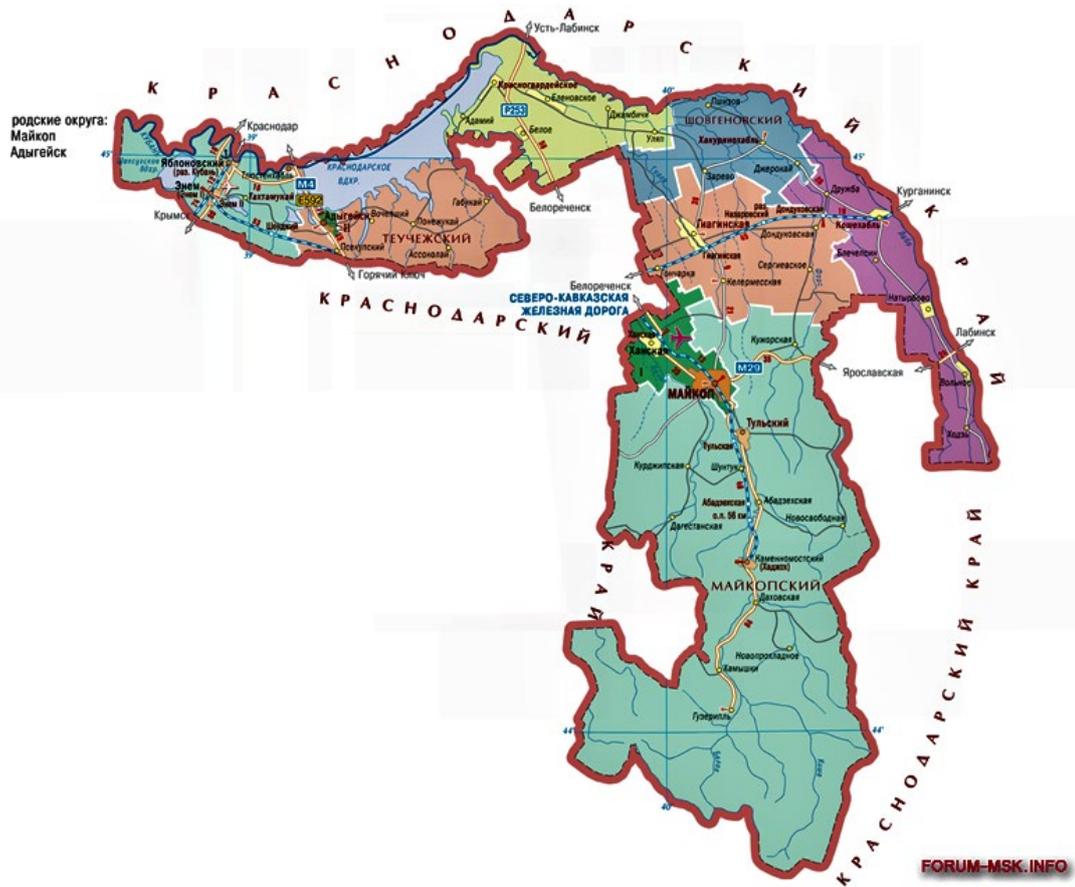


Рис. 2. Карта-схема Республики Адыгея

Общая оценка сейсмической активности в Адыгеи дается, например, в Государственном докладе о состоянии защиты населения и территорий Республики Адыгея от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 г., подготовленном Комитетом Республики Адыгея по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям совместно с Главным управлением МЧС России по Республике Адыгея. В докладе [5] отмечается, что для территории южной горной части республики обычными являются землетрясения магнитудой до 8 и даже 9 баллов. На территории предгорно-равнинной части республики бывают землетрясения магнитудой 7–8 баллов. В северо-равнинной части республики происходят землетрясения магнитудой 4–5 баллов. Вероятность разрушительных землетрясений на территории республики мала (1 раз в 100 лет).

Существующая вероятность сейсмической опасности на территории Республики Адыгеи требует разработки и проведения мер профилактики последствий землетрясений в обеспечении безопасности населения при землетрясениях. Такая вероятность подтверждается также многолетними наблюдениями. Так, например, в Южном федеральном округе за период с 1997 по 2006 г. многократно происходили землетрясения с сейсмической интенсивностью до 5 баллов [6]. Одно такое землетрясение наблюдалось в Республике Адыгея (рис. 3).

По данным пресс-службы Главного управления МЧС России по Краснодарскому краю 1 июня 2020 г. в Крымском районе Краснодарского края было зафиксировано землетрясение магнитудой примерно 3,5 балла (<https://regnum.ru/news/2968893.html>).

Здесь следует отметить, что территория Республики Адыгеи находится как бы внутри Краснодарского края, на территории которого за указанный десятилетний период произошло почти два десятка землетрясений. Кроме того, в прогнозе ЧС в Республике Адыгея на 2019 г. отмечалась угроза землетрясений силой до 7–8 баллов в равнинной и предгорной части республики и до 9 баллов – в ее горной части, с прогнозной оценкой причиненного ущерба до 2,0–3,0 млрд руб. [6].

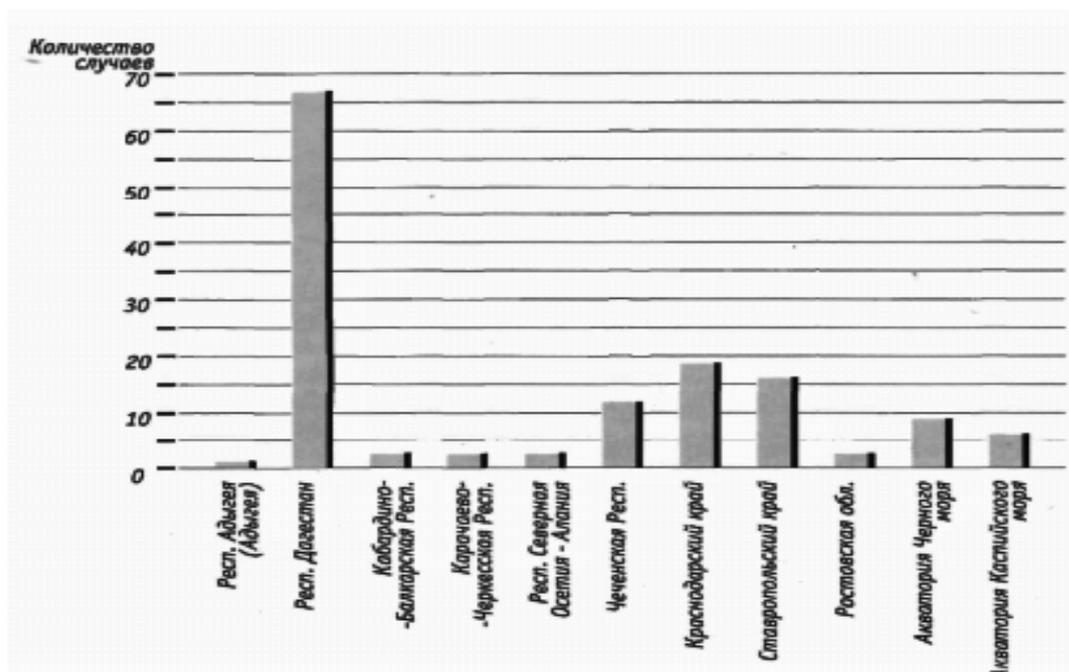


Рис. 3. Землетрясения в Южном федеральном округе за период с 1997 по 2006 г.

Значительная сейсмическая опасность в Республике Адыгея обуславливается высокой сейсмической уязвимостью определенной части гражданских, промышленных, гидротехнических и других сооружений, которые создавались в свое время с недостаточной сейсмостойкостью. Следует также отметить низкую неготовность к обеспечению безопасности населения при землетрясениях большинства населенных пунктов республики.

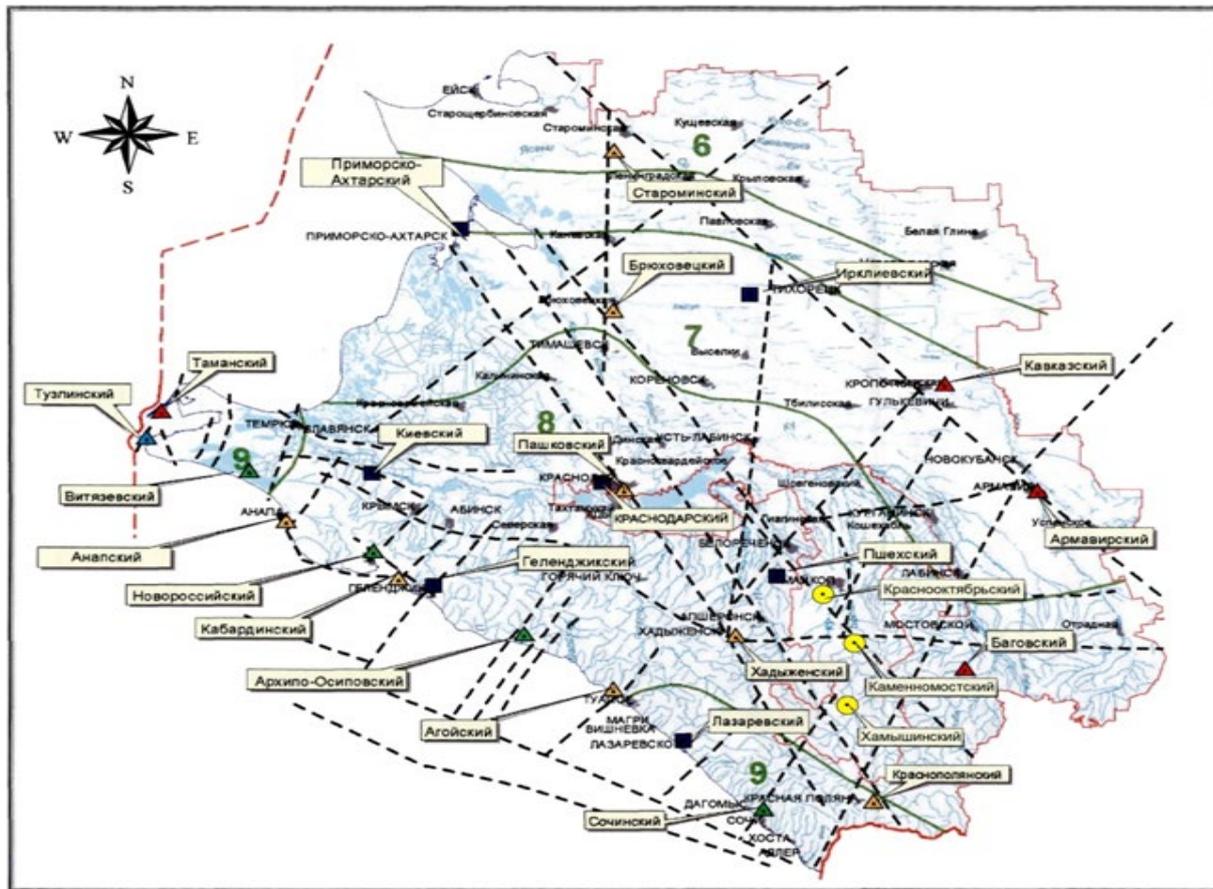
Горный рельеф территории республики может вызвать сход снежных лавин при землетрясениях и формирование таких опасных явлений как оползни, камнепады, затопления и др. К возможным последствиям землетрясений в республике следует отнести образование опасных экзогенных процессов.

Таким образом, необходимо подчеркнуть важность разработки и проведения мер профилактики последствий землетрясений в обеспечении безопасности населения при землетрясениях в Республике Адыгея.

В первую очередь к мерам профилактики последствий землетрясений в интересах совершенствования обеспечения безопасности населения при землетрясениях следует отнести регулярные сейсмические наблюдения (сейсмический мониторинг) и прогнозирование геофизических опасных явлений. Мониторинг землетрясений или сейсмический мониторинг относится к мерам профилактики землетрясений и является неотъемлемым важным звеном системы обеспечения безопасности населения при землетрясениях.

С целью обеспечения безопасности населения на территории Республики Адыгея осуществляется мониторинг геологической среды. Он составляет основу сейсмологических наблюдений. В республике сейсмологические наблюдения ведутся в общей сети системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений Краснодарского края и России в целом. Для регистрации результатов сейсмологических наблюдений используются сейсмологические датчики, размещенные в г. Майкопе и пос. Каменноостровский Майкопского района. Комплексная система экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении ЧС (в данном случае землетрясений) на территории Республики Адыгея позволяет с высокой степенью оперативности (от 3 до 7 минут) доводить сигналы тревоги до соответствующих органов управления и граждан. При этом для широкого оповещения могут использоваться радиосети, телевидение, передвижные акустические установки, электрические и ручные сирены, другие средства.

Для прогноза сейсмической ситуации на территории Краснодарского края и Республики Адыгея используется динамично развивающаяся сеть постов гидрогеодинамического мониторинга (рис. 4).



- | | |
|--|--|
| <p>0 Посты федеральной наблюдательной сети:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краснодарский 2. <u>Пшехский</u> 3. <u>Приморско-Ахтарский</u> 4. <u>Геленджикский</u> 5. <u>Ирклиевский</u> 6. Киевский 7. <u>Лазаревский</u> | <p>▲ Посты краевой наблюдательной сети, введенные в эксплуатацию:</p> <p>а) по проекту «Изучения ГГД-поля Земли с целью прогноза землетрясения»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Таманский 2. <u>Армавирский</u> 3. <u>Кавказский</u> 4. <u>Баговский</u> |
| <p>● Предполагаемые посты на территории Республики Адыгея:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Краснооктябрьский 2. Каменноостровский 3. <u>Хамышинский</u> | <p>▲ б) по проекту «Мониторинг эндогенных процессов в Краснодарском крае»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Тузлинский</u> |
| <p>6 граница зон с разной интенсивностью землетрясений (цифра – балльность указана в балах шкалы MSK-64)</p> | <p>▲ в) по проекту «Обустройство 12 пунктов наблюдения»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Анапский</u> 2. <u>Кабардинский</u> 3. <u>Пашковский</u> 4. <u>Хадьженский</u> 5. <u>Краснополянский</u> 6. <u>Брюховецкий</u> 7. <u>Староминский</u> 8. <u>Агойский</u> |
| <p>▲ разломы</p> | <p>▲ Посты краевой наблюдательной сети, не введенные в эксплуатацию:</p> <p>по проекту «Обустройство 12 пунктов наблюдения»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Витязевский</u> 2. <u>Новороссийский</u> 3. <u>Архипо-Осиповский</u> 4. <u>Сочинский</u> |
| <p>■ населенные пункты</p> | |
| <p>Границы</p> <p>— России</p> <p>— субъектов Российской Федерации</p> <p>— береговая линия</p> <p>— России <u>неделимитированная</u></p> | |

Рис. 4. Схема размещения и развития сети наблюдательных постов гидрогеодинамического поля Земли на территории Краснодарского края и Республики Адыгея

Для минимизации рисков и повышения устойчивости зданий и сооружений в сейсмоопасных регионах Правительством Российской Федерации было принято постановление от 30 декабря 2017 г. № 1710 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации». Одним из пунктов данной программы является строительство сейсмостойких жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения. В рамках реализации постановления Правительства Российской Федерации Кабинетом Министров Республики Адыгея принято постановление от 26 декабря 2019 г. № 332 «О государственной программе Республики Адыгея «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами», которое рассчитано до 2024 г. На реализацию данной программы из средств федерального и республиканского бюджетов выделено 5 826 020,72 руб. [7].

В 2020 г. в рамках реализации данной программы в Республике Адыгея сданы в эксплуатацию ГБУЗ РА «Гиагинская центральная районная больница» и детский диагностический центр.

Ежегодно в ходе планирования действий Главного управления МЧС России по Республике Адыгея по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера на территории республики осуществляется прогнозирование вероятности возникновения ЧС, связанной с землетрясениями, и возможных последствий. Пример прогнозной оценки последствий возможного землетрясения в Республике Адыгея приводится в таблице.

Таблица. Прогнозная оценка последствий возможного землетрясения на территории Республики Адыгея

Интенсивность землетрясения (баллы)	Размеры зон вероятной ЧС, км ²	Количество населенных пунктов, попадающих в зону вероятной ЧС, (нас. пункт. – тыс. чел.)	Численность населения, попадающего в зону вероятной ЧС, тыс. чел.	Возможные потери людей, тыс. чел.		
				общие	безвозвратные	санитарные
7	1 127,39	Шовгеновский район 31 н.п. – 16,2 тыс. чел. Кошехабльский район 24 н.п. – 31,1 тыс. чел. Всего: 55 н.п. – 47,3 тыс. чел.	47,3	23,0	0,6	22,4
8	5 450,53	Город Майкоп – 172,1 тыс. чел. Гиагинский район 30 н.п. – 33,3 тыс. чел. Майкопский район 53 н.п. – 57,8 тыс. чел. Красногвардейский район 25 н.п. – 31,1 тыс. чел. Теучежский район 27 н.п. – 19,8 тыс. чел. Город Адыгейск – 14,6 тыс. чел. Тахтамукайский район 27 н.п. – 65,7 тыс. чел. Всего: 162 н.п. – 394,4 тыс. чел.	394,3	198,5	4,3	194,2
9	1 220,58	Майкопский район: п. Гузеришль – 0,1 тыс.чел, с. Хамышки – 0,8 тыс.чел, Всего 2 н.п. – 0,9 тыс.чел	0,9	0,9	0,45	0,45

Прогнозная оценка последствий возможного землетрясения в республике является основанием для формирования группировки сил и средств, привлекаемых для ликвидации возможных последствий землетрясений. Как правило, общая численность такой группировки составляет около 2 500 человек и примерно 600 единиц техники. Далее осуществляются мероприятия по подготовке группировки к действиям по предназначению.

Таким образом, заблаговременная целенаправленная подготовка к всестороннему обеспечению безопасности населения при землетрясениях, отработка необходимых мер, в том числе профилактического характера, на учениях соответствующих органов управления и сил позволит оперативно защитить людей, инфраструктуру, если потребуется – своевременно начать эвакуационные мероприятия в республике.

В общем случае, обосновывая меры профилактики в обеспечении безопасности населения и территорий при природных и техногенных ЧС, целесообразно использовать весь накопленный опыт и результаты разносторонних научных исследований в этой области.

В настоящее время решению проблем обеспечения безопасности в ЧС, в том числе обусловленных стихийными бедствиями, может способствовать новое, активно развивающееся научно-практическое направление – сервис безопасности [8].

В процессе совершенствования сервиса безопасности, учитывается широкое поле рисков безопасности. Известным фактом настоящего времени является усиление угроз, которые формируются из-за негативного воздействия техносферы на состояние окружающей среды. В этой связи новое звучание приобретают исследования экологической безопасности. Здесь необходимо отметить важную составляющую экологической безопасности, которая лежит в плоскости соответствующих услуг. Такие услуги в теоретическом и практическом ракурсе рассматриваются как сервис экологической безопасности [9, 10].

Сервис безопасности в целом и сервис экологической безопасности еще ждут своего полного осмысления. Многие проблемы требуют более широких исследований, более полного теоретического и практического решения. Однако уже на нынешнем этапе своего развития это направление находит применение в виде отдельных мер профилактики в обеспечении безопасности при ЧС.

Литература

1. Катастрофы конца XX века. 2-е изд. перераб. / В.А. Владимиров [и др.]. М.: Геополитика, 2001.
2. Савчук О.Н., Троянов О.М., Рева Ю.В. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие для студентов, курсантов и слушателей. СПб.: С-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019.
3. Пояснительная записка к комплекту карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-2016 / В.И. Уломов [и др.] // Инженерные изыскания. 2016. № 7. С. 49–122.
4. Корнакова Н.В. Наша родина – Адыгея. Природа, население, хозяйство, история: учеб. пособие. Ростов-н/Д.: БАРО-ПРЕСС, 2014.
5. О состоянии защиты населения и территорий Республики Адыгея от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году: Гос. доклад Комитета Республики Адыгея по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям и Главного управления МЧС России по Республике Адыгея. 2019. Ст. 1.3, 9.1.
6. Глушко А.Я. Опасность землетрясений в Южном федеральном округе // Вестник Ставропольского гос. ун-та. 2009. № 63. С. 170–177.
7. Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами: постановление Кабинета Министров Республики Адыгея о гос. программе Республики Адыгея от 26 дек. 2019 г. № 322. // постановления Кабинета Министров Республики Адыгея. Норм.-прав. акты. 1919. Паспорт программы. Ресурсное обеспечение.
8. Троянов О.М., Рева Ю.В. Сервисная деятельность в системе безопасности. Ч. 1: Подготовка систем жизнеобеспечения к чрезвычайным ситуациям. Основы сервиса безопасности: монография. СПб.: С-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017.

9. Троянов О.М., Рева Ю.В. Сервисная деятельность в системе безопасности (основы сервиса безопасности). Ч. 2: Сервис экологической безопасности: монография. СПб.: С-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018.

10. Троянов О.М., Рева Ю.В. Сервисная деятельность в системе безопасности (основы сервиса безопасности). Ч. 2: Анализ экологической безопасности: монография. СПб.: С-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019.

УДК 614.849

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Г.Х. Самигуллин, доктор технических наук, доцент;

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

А.Ю. Бруслиновский.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводится аналитический обзор статистических данных по аварийности и чрезвычайным ситуациям на объектах нефтегазового профиля. Рассматриваются основные причины повреждений технологического оборудования, приводящие к авариям и чрезвычайным ситуациям. Обобщены и представлены данные по распределению аварий на нефтегазовом оборудовании по видам инициирующих повреждений.

Ключевые слова: производственные объекты, технологическое оборудование, аварии

ANALYSIS OF STATISTICAL DATA ON FIRE EXPLOSION HAZARD OF OIL AND GAS EQUIPMENTS

G.H. Samigullin; E.N. Kadochnikova; A.Yu. Bruslinovskyi.

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

An analytical review of statistical data on accidents and emergencies at oil and gas facilities is provided. The main causes of damage to technological equipment leading to accidents and emergencies are considered. Data on the distribution of accidents on oil and gas equipment by types of initiating damage are summarized and presented.

Keywords: production facilities, process equipment, accidents

Нефтегазовая отрасль топливно-энергетического комплекса России характеризуется чрезвычайно высоким уровнем потенциальной опасности, образующейся при эксплуатации любого производственного объекта. Почти всегда существует потенциальная угроза, которая может привести к печальным последствиям в виде аварий, поломок, отказов и, соответственно, впоследствии сопровождающихся различными увечьями и травмами, включая летальные исходы обслуживающего персонала. Это происходит потому, что имеет место разгерметизация емкостного оборудования, агрегатов и технологических трубопроводов, а также разрушение строительных конструкций производственных зданий, вспомогательных сооружений [1, 2].

Основные причины, провоцирующие подобные негативные явления при эксплуатации опасных производственных объектов, как правило, обуславливаются множеством различных факторов, среди которых можно выделить следующие:

– крайне неудовлетворительное техническое состояние основных производственных мощностей и элементов инженерной инфраструктуры, включая производственные здания и сооружения;

– недостаточный уровень производственного обучения и контроля квалификационных показателей для обслуживающего персонала, занятого при эксплуатации оборудования на опасном производственном объекте;

– превентивные и предупредительные мероприятия реализуются некачественно, с нарушениями различных требований и локальных условий производственных процессов.

Перечисленные выше проблемы усугубляются еще и чрезвычайно широким спектром технологического оборудования по материальному исполнению и производственному назначению, что показал соответствующий анализ нормативно-технической, методической и нормативно-правовой документации [3], регламентирующей деятельность на объектах нефтегазового профиля:

- газотурбинные агрегаты;
- энергетические котлы;
- нагревательные и реакционные печи;
- технологические емкости и сосуды, работающие под избыточным давлением;
- насосное и компрессорное оборудование;
- объекты трубопроводного транспорта;
- резервуары для хранения нефти и различных нефтепродуктов;
- газгольдеры для хранения углеводородных газов.

Все разновидности оборудования из приведенного выше перечня являются аварийно-опасными и любое нарушение правил эксплуатации либо человеческая ошибка может стать причиной возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС).

Общепринятым является разделение аварий нефтегазовых объектов следующим образом:

- механические повреждения;
- ремонт;
- неправильная эксплуатация;
- дефекты изготовления [4].

По сведениям, представленным в научной печати и на сайтах российских государственных надзорных органов [5–7], видно, что за последние три года (с 2018 по 2020 г.) наибольшее количество аварий на нефтегазовых объектах произошло по причине механических повреждений. К причинам их возникновения принято относить: внешние воздействия на детали и конструкции, износ и коррозию металла, усталостные и термические трещины и т.д. (рис. 1).

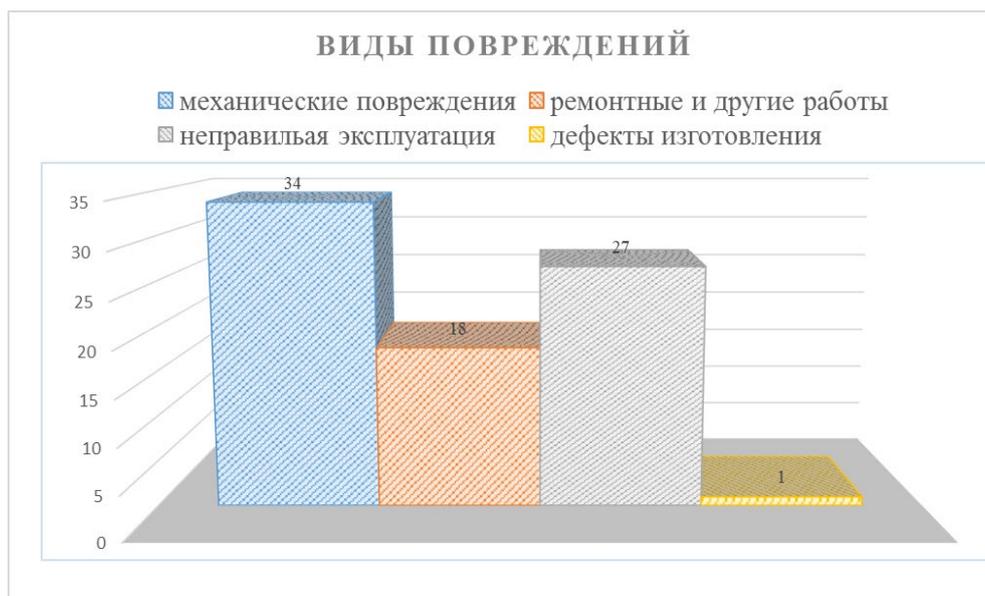


Рис. 1. Распределение аварий на нефтегазовом оборудовании по видам инициирующих повреждений

Наиболее вероятной причиной аварий на нефтегазовом оборудовании является общая коррозия металла, которая не всегда полноценно и достоверно выявляется при проведении периодического обслуживания оборудования.

Обработка сведений по возникновению аварий и инициирующих их процессов дает основания полагать, что преобладающим явлением в данном случае будет ненадлежащее техническое состояние корпусов и элементов технологических аппаратов и агрегатов.

Кроме того, другим очень важным фактором в образовании такой ситуации с аварийностью является человеческая халатность, приводящая к грубым нарушениям в части требований по охране труда и безопасности условий выполнения технологических операций. Перечисленные причины обуславливают наиболее распространенный сценарий возникновения и развития ЧС, который состоит в разливе нефти либо нефтепродукта в результате нарушения герметичности аппарата, образовании парогазового облака с дальнейшим возгоранием или взрывом.

Сведения по причинам возникновения аварийных ситуаций приведены в табл. 1.

Таблица 1. Статистические данные по причинам возникновения аварий, произошедших на нефтегазовых объектах

Причины аварий	Количество аварий по годам, %								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Несоответствие фактического состояния емкостного оборудования, сосудов давления, машин и агрегатов установленным в нормативах техническим требованиям	46	50	70	41	67	26	27	36	33
Нарушение норм и правил в области экологической, пожарной и промышленной безопасности при проведении регламентных работ	18	16	25	30	18	44	41	32	27
Протечки, проливы, выбросы из-за негерметичности разъемных соединений	36	34	5	29	15	30	32	32	40

В табл. 1 представлены данные, заимствованные из научной публикации [8], и дополненные для сравнительной статистики данными за 2017–2020 гг.

Развитие аварийной ситуации для основных групп оборудования (аппаратов, трубопроводов, печей, котлов, резервуаров и др.) возможно по двум сценариям – с возникновением возгорания и без него. Соответственно, необходимо анализировать сведения, для обоих сценариев аварии в рамках проведения анализа взрывопожарной опасности объектов. На рис. 2 отражены статистические данные по авариям на объектах нефтегазовой промышленности с учетом возгораний. Выявлено, что при возникновении аварийных ситуаций на трубопроводах в 59 случаях возгорание удастся предотвратить, а в 18 – возгорание происходит. Гораздо меньшее количество аварий, как с возгоранием, так и без него, происходит в резервуарах, печах, котлах и аппаратах, работающих под давлением.

Наименьшее количество аварий с возгоранием на рассматриваемых видах оборудования происходит в резервуарах, без возгорания – в печах и котлах. Промежуточную позицию занимает такой вид технологического оборудования как аппараты, работающие под давлением. На таких объектах количество аварийных ситуаций с возгоранием чуть меньше, чем без возгорания и на порядок меньше количества аварий с возгоранием на трубопроводах.

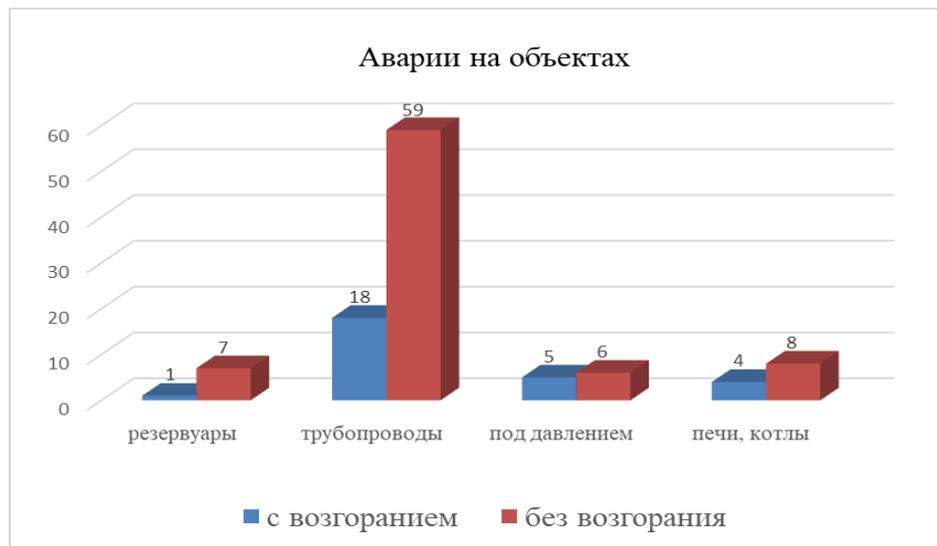


Рис. 2. Статистические данные по авариям на объектах нефтегазовой промышленности с учетом возгораний

Общая ситуация по аварийности в количественном выражении (в процентах) за период с 2017 г. по декабрь 2020 г. для наиболее типичных производств на объектах нефтеперерабатывающих предприятий и нефтехимических подразделениях, сгруппированные по разновидностям технологического оборудования, приведена в табл. 2.

Таблица 2. Статистические данные по аварийным ситуациям в зависимости от технологического назначения оборудования

Наименование (назначение) оборудования	Показатель аварийности, %
Металлические трубопроводы для транспортировки технологической среды и энергоносителей	72
Нагревательные и реакционные печи, теплообменные агрегаты, энергетические и утилизационные котлы	11
Вертикальные стальные цилиндрические резервуары для нефти и нефтепродуктов	9
Сосуды, аппараты и агрегаты, работающие под избыточным давлением	7
Иные виды оборудования	1

Из данных, представленных в табл. 2 и на рис. 2, можно сделать вывод, что потенциально наиболее аварийно-опасным оборудованием являются технологические трубопроводы, несмотря на все существующие меры их защиты.

Для обеспечения безопасной эксплуатации производственных объектов предлагаются мероприятия по локализации и устранению причин аварий, включающие в себя следующие основные пункты:

1. Проанализировать причины возникновения аварии и принять меры по недопущению подобных случаев на аналогичных производственных объектах.

2. Эксплуатирующей и привлекаемым подрядным организациям необходимо соблюдать требования нормативов как для пожарной безопасности, так и требования Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

3. Своевременно проводить аттестацию персонала в области промышленной безопасности сотрудников эксплуатирующих и смежных организаций.

4. Совершенствовать действенный производственный контроль на предприятиях, эксплуатирующих оборудование на опасных производственных объектах.

Технологические аппараты, машины и агрегаты, задействованные в основных процессах транспортирования и переработки углеводородного сырья, обладают эксплуатационными параметрами, обуславливающими их пожарную, промышленную и экологическую опасность. К таким параметрам относятся: крупнотоннажность установок, высокие избыточные давления, критические температуры переработки и др. [9, 10].

Приведенные статистические данные подтверждают необходимость постоянно совершенствовать процессы эксплуатации нефтегазового оборудования, своевременно выявлять дефекты и неисправности для предотвращения аварий, снижения материального ущерба и сокращения негативного воздействия на окружающую среду.

В конечном итоге, успешность превентивно-предупредительных действий и мероприятий, направленных на сокращение уровня и количества аварийных ситуаций, будет зависеть от результатов следующих процедур: тщательно аккумулировать сведения по произошедшим авариям, детально исследовать причины образования поломки либо инцидента, скрупулезно проводить анализ развития событий, приведших к образованию ЧС и полноценно оценивать масштабы экономического, экологического и социального ущерба аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли.

Литература

1. Анализ систем обнаружения утечек на магистральных нефтепродуктопроводах / Н.Х. Абдрахманов [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 3 (109). С. 154–164.
2. Анализ аварий на объектах нефтепереработки и нефтепродуктообеспечения / Д.Л. Тараканов [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. Т. 1. С. 637–640.
3. Пожарная безопасность: сб. сводов правил. М.: Изд-во «Проспект», 2018. 512 с.
4. Обеспечение безопасности и ресурса нефтегазовых трубопроводов на основе результатов испытаний микрообразцов: монография / Г.Х. Самигуллин [и др.]. СПб.: Изд-во ЛЕМА, 2020. 101 с.
5. Отчет о деятельности Ростехнадзора за 2018 г. // Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: Изд-во НТЦ «Промышленная безопасность», 2018. № 23. 66 с.
6. Отчет о деятельности Ростехнадзора за 2019 г. // Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: Изд-во НТЦ «Промышленная безопасность», 2019. № 22. 78 с.
7. Отчет о деятельности Ростехнадзора за 2020 г. // Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. М.: Изд-во НТЦ «Промышленная безопасность», 2020. № 24. 72 с.
8. Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007–2016 гг. / А.В. Краснов [и др.] // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2017. № 6. С. 179–191.
9. Андрюшкин А.Ю., Пелех М.Т., Кадочникова Е.Н. Исследование и разработка средств и методом, обеспечивающих снижение пожарной опасности нефтеперерабатывающего оборудования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 2 (42). С. 75–82.
10. Самигуллин Г.Х., Симонова М.А. Оценка риска разгерметизации трубопроводов при воздействии труднопрогнозируемых повреждающих факторов // Науч.-техн. журн. «Горный информационно-аналитический бюллетень». 2019. № S7. С. 490–497.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 623.3

ОПАСНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

А.С. Белов;

Н.В. Кулек.

**Дальневосточная пожарно-спасательная академия –
филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России**

Основной целью представленной статьи является изучение вопроса, связанного с опасностью образования статического электричества в различных технологических процессах. Авторами производится работа посредством применения статистических данных и информации, а также эмпирических и теоретических методов исследования. С целью более полного раскрытия темы и получения достоверных данных используются публикации и материалы отечественных и зарубежных источников.

Ключевые слова: статическое электричество, технологические процессы, электричество

DANGER OF STATIC ELECTRICITY GENERATION IN VARIOUS TECHNOLOGICAL PROCESSES

A.S. Belov; N.V. Kulek.

**Far East fire and rescue academy – branch of Saint-Petersburg university of State fire service
of EMERCOM of Russia**

The main purpose of the submitted article is to study the issue associated with the danger of static electricity formation in various technological processes. The authors work through the use of statistical data and information, as well as empirical and theoretical research methods. For the purpose of more complete disclosure of the topic and obtaining reliable data, publications and materials of domestic and foreign sources are used.

Keywords: static electricity, technological processes, electricity

Под статическим электричеством понимается ряд явлений, которые являются связанными с возникновением, сохранением и релаксацией свободных электрических зарядов на поверхности или же на изолированных проводниках. Основной опасностью, которую необходимо отметить, прежде всего, является отрицательное воздействие на организм человека, а также потенциальная возможность образования искры, в результате которой может произойти воспламенение различных горючих или взрывоопасных смесей в различных технологических процессах [1].

На рис. 1 представлена визуальная интерпретация действия статического электричества на микросхему и тело человека:

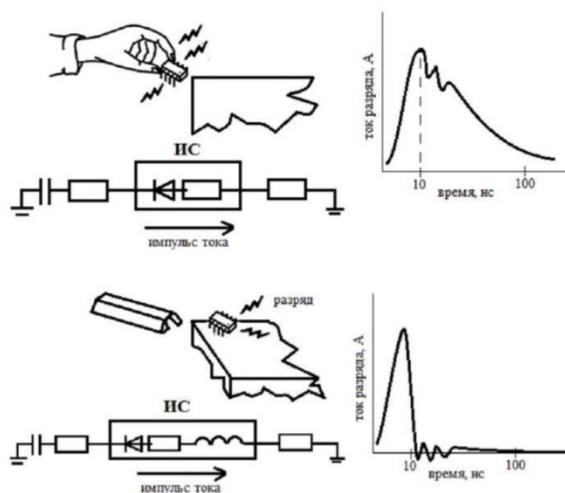


Рис. 1. Визуальная интерпретация действия статического электричества на микросхему и тело человека

Исходя из рис. 1, необходимо отметить то, как именно воздействует статическое электричество на человека и микросхемы. Таким образом, воздействие статического электричества на человека выражается в повышенном раздражении чувствительных нервных окончаний кожного покрова, что вызывается проникновением заряженных частиц. При этом у человека происходят изменения сосудистого тонуса и изменения в центральной нервной системе.

При воздействии статического электричества на различные микросхемы наблюдается большая разность потенциалов и высокая скорость их изменения. Основным следствием данного контакта является возникновение токов, сила которых является достаточной для того, чтобы вывести из строя чувствительную электронику и различные микросхемы в приборах. Параллельно с этим кристаллам в микросхемах наносятся незаметные повреждения, что приводит к повышению сложности нахождения вышедшего из строя элемента.

На сегодняшний день выделяется целое множество условий возникновения зарядов, приводящих к образованию статического электричества. Таковыми являются: деформация, дробление, распространение веществ, относительное перемещение двух, находящихся в контакте, тел, перемешивание, испарение и иное. При этом интенсивность возникновения статического электричества в различных технологических процессах определяется посредством физико-химических свойств, которые имеют перерабатываемые материалы и вещества [2].

На рис. 2 представлена более подробная схема, на которой отражены причины возникновения статического электричества в различных технологических процессах.

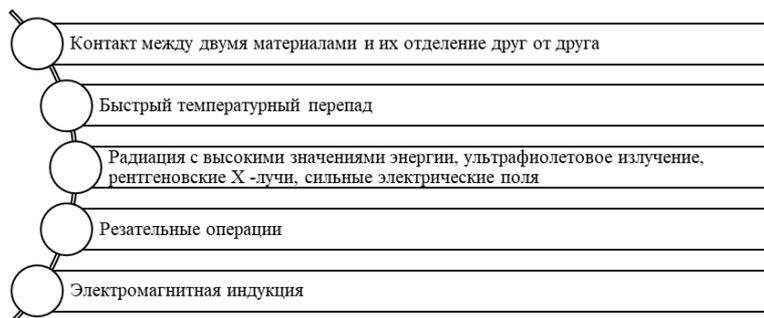


Рис. 2. Основные причины возникновения статического электричества в различных технологических процессах

Необходимо отметить, что образование статического электричества представляет колоссальную опасность не только в различных технологических процессах, но и в других бытовых и профессиональных сферах жизнедеятельности современного человека. Итак, при выполнении технологических процессов накапливаются заряды и энергии, которые могут привести к возникновению искровых разрядов, способных привести к пожарам на объектах технологической деятельности. При этом наиболее значимую потенциальную опасность образование статического электричества вызывает на производствах, имеющих взрывоопасные смеси, а также пыли и пары легковоспламеняющихся жидкостей [3].

В каждой организации в соответствующие технологические инструкции, а также инструкции по охране труда и видам работ по пожарной безопасности должны быть включены пункты по защите от образования статического электричества.

На рис. 3 представлены основные меры, посредством которых обеспечивается стекание возникающих зарядов и защита [4].

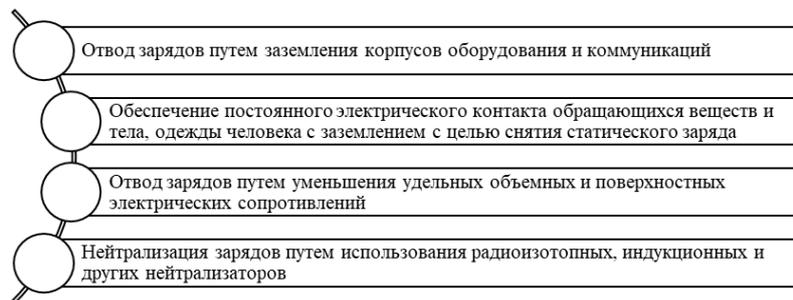


Рис. 3. Меры обеспечения стекания электростатических зарядов

Потенциальная и реальная опасность от образования статического электричества должна быть устранена специальными мерами (рис. 3), посредством которых производится утечка электростатических зарядов, вследствие чего происходит предотвращение накопления энергии и создание условий, с помощью которых практически полностью исключается шанс образования взрывоопасной концентрации во взрывоопасных смесях [5].

На рис. 4 отмечены основные меры, посредством которых обеспечивается снижение интенсивности, связанной с возникновением заряда статического электричества в различных технологических процессах.

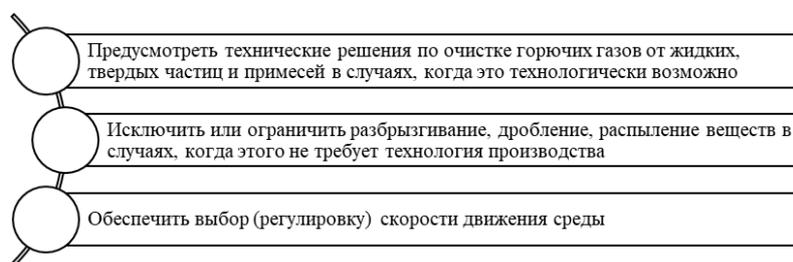


Рис. 4. Меры снижения вероятности возникновения статического электричества

Таким образом, основной целью данной статьи являлось изучение вопроса, связанного с опасностью образования статического электричества в различных технологических процессах. В результате выполненной работы были изучены: актуальность изучения вопроса, связанного с темой исследования; визуальная интерпретация действия статического электричества на микросхему и тело человека; основные причины возникновения статического электричества в различных технологических процессах; меры обеспечения стекания электростатических зарядов; меры снижения вероятности возникновения статического электричества.

Литература

1. Максимов Б.К. Статическое электричество в промышленности и защита от него // Библиотека электромонтера. 2011.
2. Investigation of the possibility of formation of dangerous static electricity discharges as an ignition source when purging equipment with an explosive environment with an inert gas / V.V. Bulgakov [and etc.] // Fire and explosion safety. 2016.
3. Сибикин, Ю.Д. Охрана труда и электробезопасность // Радио и связь. 2012.
4. Udilov T.V., Kuznetsov K.L. Investigation of the incendiary ability of static electricity discharges from a person // Bulletin of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2012.
5. Актуальные вопросы обеспечения безопасности процессов транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов / В.В. Кокорин [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2013.

УДК 621.565

РАСЧЕТЫ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ В ПОЖАРНОМ ДЕЛЕ

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

Рассмотрено использование компьютерной модели для расчета характеристик теплообменного аппарата. Компьютерная модель реализована в виде программы для ЭВМ. Приведены результаты моделирования многопоточного теплообменного аппарата.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, математическая модель, программа для ЭВМ

CALCULATIONS THE HEAT EXCHANGERS IN FIRE WORK

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

This article presents the special feature of calculation the heat exchangers in fire work. The special feature of using a mathematical model and computing program in calculation the heat exchangers. Give result of modeling the multi stream heat exchangers.

Keywords: heat exchangers, mathematical model, computing program

Введение

Теплообменные аппараты (ТА), под которыми понимают устройства передачи тепла от нагретой среды к холодной, широко используются в различных областях [1].

В зависимости от поставленной задачи расчеты ТА классифицируются следующим образом [2]:

- термодинамические расчеты, проводимые с целью определения термодинамической эффективности процессов теплообмена;
- конструкторские расчеты, которые, в свою очередь, делятся на конструктивные (компоновочные), проводимые с целью определения размеров ТА, и прочностные расчеты;
- проектные расчеты, проводимые с целью определения необходимой поверхности теплообмена, а в случае многосекционных ТА – числа секций и схемы их соединения между собой, а также расчета массогабаритных, гидравлических, экономических и других показателей;

- проектно-конструкторские расчеты, которые, в отличие от проектных, ориентированы на нестандартные ТА;
- поверочные расчеты, проводимые с целью определения неизвестных конечных температур или требуемых режимных параметров (расход, давление, температура теплоносителей) при заданных конструкции ТА и схеме тока теплоносителей;
- проектно-поверочные расчеты, объединяющие в одном расчетном цикле проектный (проектно-конструкторский) и поверочный расчеты;
- исследовательские расчеты, которые выполняются на основе проектных или поверочных расчетов для оптимизации термодинамических, энергетических, конструктивных или экономических показателей ТА, а также с целью внесения изменений в методику расчета на основе экспериментальных исследований.

Чаще всего выполняются конструктивные и поверочные тепловые расчеты ТА. Если заданы параметры теплоносителей (скорость, плотность, температуры на входе и на выходе из ТА) и требуется определить размеры ТА, расчет называется конструктивным. Если же размеры ТА известны, а требуется определить параметры теплоносителей, то расчет называется поверочным.

Поверочные расчеты ТА в пожарном деле выполняются специалистами пожарной охраны при установлении причины пожара, а также при разработке рекомендаций противопожарной защиты и экспертизе производственных зданий, содержащих ТА. Если значения температуры теплоносителей выше регламентируемых технологическим процессом, и это создает повышенную опасность технологического процесса, работники пожарной охраны должны дать свои рекомендации [3].

Сформулируем постановку задачи. Нужно автоматизировать проведение расчетов многопоточных теплообменных аппаратов, используемых на газоперерабатывающих предприятиях (например, на Оренбургском газоперерабатывающем заводе), с целью предупреждения аварийных ситуаций на теплообменном оборудовании. Тема статьи актуальна, так как поверочные расчеты ТА в пожарном деле используются для установления причин возникновения чрезвычайных ситуаций, включая взрывы и пожары.

Объект исследования – многопоточный ТА. Метод исследования – вычислительные эксперименты на разработанной компьютерной модели многопоточного ТА, реализованной в виде программы для ЭВМ.

Компьютерная модель расчета ТА

Автор статьи уже много лет занимается расчетом ТА различных типов, включая автоматизацию расчетов путем создания компьютерных моделей, реализованных в виде программ для ЭВМ [4–6]. Расчетам ТА посвящено достаточно много книг как отечественных, так и иностранных авторов [7–9].

Автором статьи разработана математическая модель расчета многопоточного ТА. На основе математической модели автором статьи создана компьютерная модель в виде алгоритма и программы для ЭВМ. Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в создании математической и компьютерной модели расчета многопоточных ТА.

Разработанная программа для ЭВМ предназначена для проведения проектных и поверочных расчетов многопоточных витых кожухотрубчатых ТА на персональном компьютере. Объект расчетов – многопоточные (число потоков не более шести) витые кожухотрубчатые ТА, представляющие собой совокупность многозаходных змеевиков, навитых коаксиально на цилиндрический сердечник и друг на друга. Многорядная змеевиковая трубная система представлена на рис. 1.

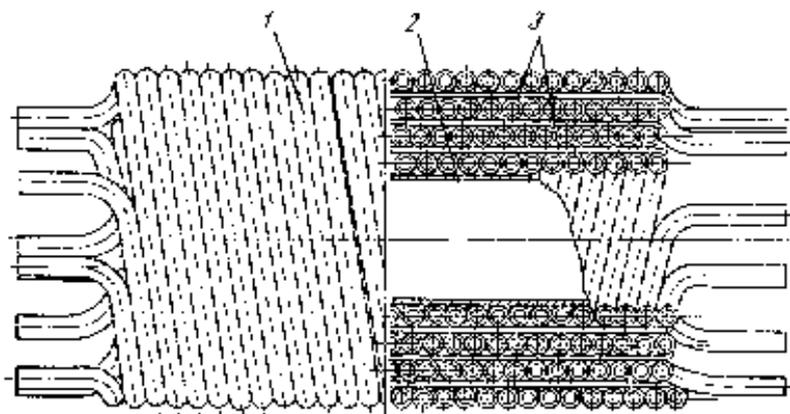


Рис. 1. Многорядная змеевиковая трубная система:
1 – змеевики; 2 – обечайка; 3 – дистанционные полосы

В таком ТА два или более трубных потока обмениваются теплотой с одним межтрубным. При этом характер процесса теплообмена по всем потокам принимается конвективным. Для ввода и вывода теплообменивающихся сред ТА оборудуются автономными камерами для каждого трубного потока. Межтрубный поток движется по коаксиальным щелевым каналам, образованным змеевиками. Ширина каналов определяется толщиной дистанционных планок (полос). Схема витого (змеевикового) ТА представлена на рис. 2.

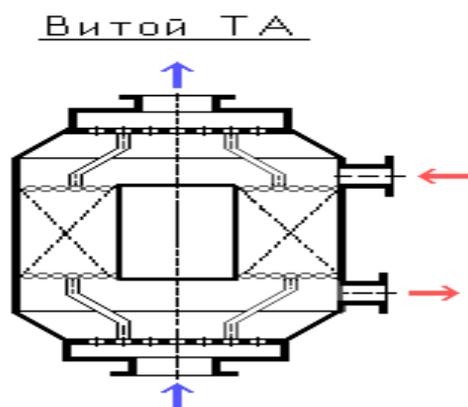


Рис. 2. Схема витого (змеевикового) ТА

Фотография витого (змеевикового) ТА представлена на рис. 3.



Рис. 3. Фотография витого (змеевикового) ТА

В таком ТА межтрубный поток обменивается теплотой с трубными потоками. В данной программе реализована модель ТА с распределенными параметрами, в которой ТА разбивается по длине на N элементарных участков DX, в пределах которых температурный напор между потоками принимается постоянным. В качестве исходного сечения принимается сечение ТА, в котором известны температуры потоков (в данной программе это холодный конец ТА).

Для этого сечения рассчитываются температурные напоры стенка–поток. При этом в качестве исходных уравнений берутся уравнения теплового баланса для стенки, включающие в себя составляющие передачи тепла как конвекцией, так и теплопроводностью.

Целью поверочного расчета является определение конечных температур и показателей эффективности уже спроектированного или изготовленного ТА. Заданными считаются площадь поверхности теплопередачи и любая пара конечных температур греющего и нагреваемого теплоносителей. Расчет включает в себя следующие этапы:

- 1) по условиям эксплуатации или технологии задают значение еще одной конечной температуры;
- 2) из уравнения теплового баланса определяют значение неизвестной конечной температуры;
- 3) рассчитывают средний температурный напор для противоточной схемы тока теплоносителей, с помощью поправочного коэффициента учитывают более низкую по сравнению с противотоком эффективность реализованной в ТА схемы тока;
- 4) находят коэффициенты теплоотдачи и коэффициент теплопередачи;
- 5) по уравнению теплопередачи определяют требуемую для обеспечения заданных конечных температур площадь поверхности теплопередачи и коэффициент запаса ($c_{зап} = F_{факт}/F_{расч}$);
- 6) если $c_{зап} < 1$, то корректируют значения конечных температур и повторяют расчет с п. 3.

Интерфейс программы расчета многопоточных ТА представлен на рис. 4.

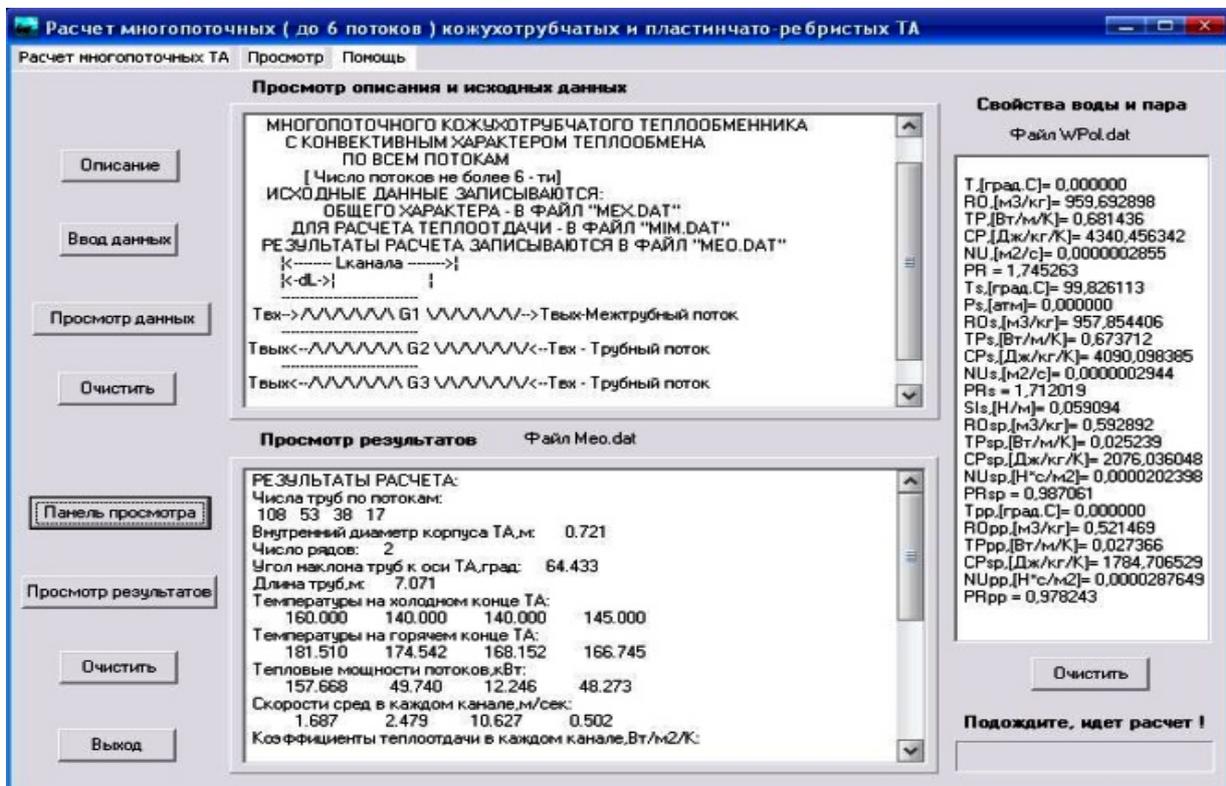


Рис. 4. Интерфейс программы расчета многопоточных ТА

В результате ТА описывается системой из NP (NP – число потоков) линейных уравнений, которая решается методом вращения (модификация метода Гаусса), обладающим повышенной устойчивостью к неточностям промежуточных вычислений.

Приемлемая точность расчета получается при длине элементарного участка Dx от 0,01 до 0,05 м.

В данной программе проходные сечения, числа труб по каждому потоку, число змеевиков в ТА и угол наклона труб к оси ТА определяются в зависимости от заданных скоростей сред.

Блок-схема программы расчета ТА представлена на рис. 5.

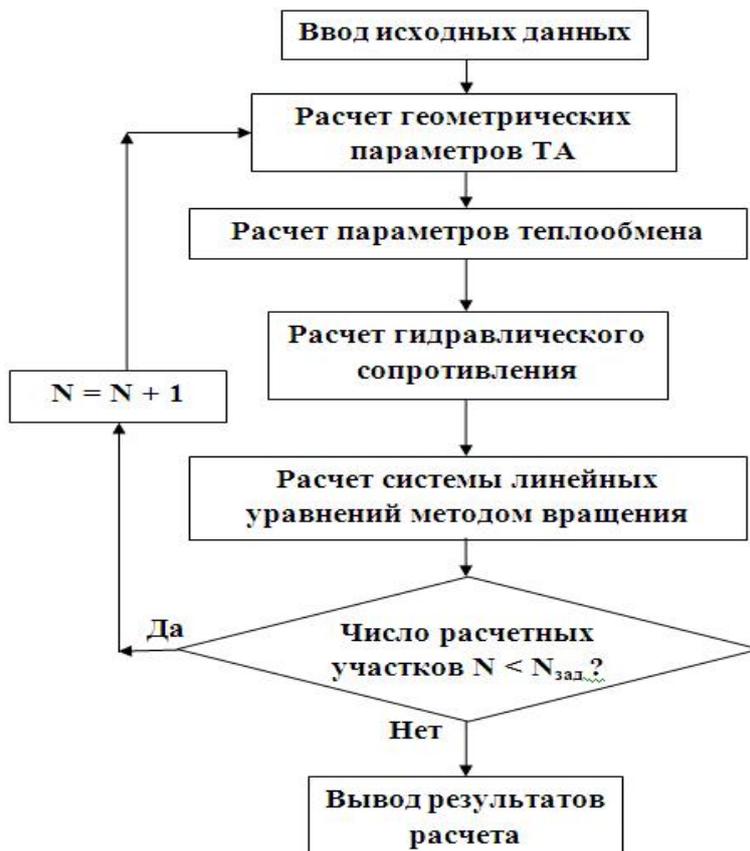


Рис. 5. Блок-схема программы расчета многопоточного ТА

Рассмотрим пример проектного расчета многопоточного ТА.

Исходные данные:

- число потоков – 4;
- длина канала по межтрубному пространству – 3,0 [м];
- длина элементарного участка – 0,05 [м];
- термическое сопротивление межтрубного пространства – 0,0002 [м²*К/Вт];
- термическое сопротивление трубного пространства – 0,0002 [м²*К/Вт];
- наружный диаметр труб – 0,016 [м];
- внутренний диаметр труб – 0,0132 [м];
- шероховатость стенки трубы – 0,0005 [м];
- теплопроводность стенки трубы – 12 [Вт/м/К];
- температуры потоков на холодном конце ТА – 160; 140; 140; 145 [°С];
- массовые расходы потоков – 0,48; 0,16; 0,21; 0,44 [кг/сек.];
- водяные эквиваленты потоков – 7330; 1440; 435; 2220 [Вт/К];
- скорости сред потоков – 1,0; 3,0; 3,5; 4,3 [м/сек.].

Результаты расчета:

- число труб по потокам – 120; 44; 45; 31 [шт.];

- температуры потоков на горячем конце ТА – 176; 173,4; 172,4; 172,3 [°C];
- коэффициенты теплоотдачи – 565; 805; 237; 1090 [Вт/м²/К];
- коэффициенты теплопередачи – 260; 134; 290 [Вт/м²/К];
- средние температурные напоры – 10,7; 11,2; 8,7 [°C];
- перепады давления по потокам – 670; 1404; 5417; 7438 [Па];
- температурные поверхности – 17,6; 9,5; 24,4 [м²].

Вывод

Выполнено компьютерное моделирование расчета многопоточного ТА. В качестве исходных уравнений берутся уравнения теплового баланса для стенки, включающие в себя составляющие передачи тепла как конвекцией, так и теплопроводностью.

Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в создании автором математической и компьютерной модели, реализованной в виде программы для ЭВМ, расчета многопоточных ТА.

Литература

1. Теплотехника. Практический курс / Г.А. Круглов [и др.]. М.: Лань, 2017.
2. Золотоносов Я.Д., Батуотдинова А.Г., Золотоносов А.Я. Трубчатые теплообменники. Моделирование, расчет: монография. М.: Лань, 2018.
3. Кошмаров Ю.А. Теплотехника. М.: ИЦ «Академкнига», 2007.
4. Лабинский А.Ю. Оценка тепловой эффективности теплообменных аппаратов с помощью нечеткой логики // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2. С. 56–60.
5. Кондратьев В.Н., Лабинский А.Ю. К вопросу автоматизации расчетов теплообменной аппаратуры // Химическое и нефтяное машиностроение. 1993. № 6.
6. Лабинский А.Ю., Лебедев М.А. Автоматизированное проектирование теплообменных аппаратов на ЭВМ // БСИ Судостроение. 1980. № 1.
7. Jakob M. Heat Transfer. New York and London, 2016.
8. Eckert E., Drake R. Heat and Mass Transfer. London, 2015.
9. Spalding D., Taborek J. Heat Exchanger Design Handbook. New York and London, 2014.
10. Бурман Я., Бобковский Г. Англо-русский научно-технический словарь. М.: Русский язык, 2015.

УДК:536.24

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ДАТЧИКА ГАЗСИГНАЛИЗАТОРА

Д.А. Минкин, кандидат технических наук, доцент;

Д.Е. Попов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы обеспечения необходимого теплового режима чувствительного элемента датчика загазованности. Представлена конструкция датчика, тепловая и математическая модели теплообмена, проведен анализ влияния конструктивных элементов на уровень температуры элемента, расчет необходимой мощности тепловыделений. Выполнена оценка результатов моделирования с помощью эксперимента.

Ключевые слова: газоанализатор, пожарная сигнализация, тепловой режим, коэффициент теплоотдачи, электронное устройство

HEAT REGIME OF GAS SIGNALING SENSOR

D.A. Minkin; D.E. Popov.

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

Article is devoted to problem of necessary heat regime providing of fire alarm sensing element. Construction of sensor, heat and mathematical model are presented. The analysis of constructive elements influence to the temperature level was hold, necessary heat power was calculated. The comparison of calculation results with experimental data was hold.

Keywords: gas analyzer, fire alarm, heat regime, coefficient of convective heat transfer, electronic device

Введение

Для обеспечения пожарной безопасности объектов и технологических процессов, связанных с взрывоопасными газообразными веществами, важное значение имеют системы слежения и обнаружения утечек газа. Ключевым элементом такого рода систем является датчик газа или сенсор, с помощью которого проводится оценка факта превышения допустимой концентрации того или иного газообразного вещества. В зависимости от условий эксплуатации, вида детектируемых веществ, уровня температур и давлений, существует множество вариантов исполнения датчиков, в том числе оптические, тепловые, дымовые сигнализаторы [1–5]. Одним из современных видов газовых сенсоров являются полупроводниковые сенсоры, работа которых основана на изменении электропроводности полупроводникового газочувствительного слоя при химической адсорбции газов на его поверхности. Преимуществом перед другими типами аналогичных датчиков является более высокая чувствительность, селективность, быстродействие полупроводниковых газовых датчиков. Используемые в них физико-химические принципы детектирования сигналов сочетаются с современными микроэлектронными технологиями, что обуславливает низкую стоимость изделий при массовом производстве и высокие технические и энергосберегающие характеристики.

Для того чтобы физико-химические процессы протекали на поверхности чувствительного слоя достаточно быстро, обеспечивая быстродействие на уровне нескольких секунд, сенсор периодически разогревается до температуры 450 °С, что активизирует его поверхность [6]. В качестве чувствительных полупроводниковых слоев обычно используют мелкодисперсные оксиды металлов (SnO_2 , ZnO , In_2O_3 и др.) с легирующими добавками Pt, Pd и др. Благодаря структурной пористости формируемых материалов, достигаемой с помощью некоторых технологических приемов, их удельная поверхность – около 30 м²/г. Нагревателем служит резистивный слой, выполненный из инертных материалов (Pt, RuO_2 , Au и др.) и электрически изолированный от полупроводникового слоя.

Такие методы формирования чувствительного элемента датчика сконцентрировали в себе последние достижения материаловедения и микроэлектронной технологии. Это обусловило высокую конкурентоспособность сенсора, который может работать несколько лет, периодически находясь в «стрессовом» состоянии при разогреве до 450 °С, сохраняя при этом высокие эксплуатационные характеристики.

Мировыми лидерами производства сенсоров такого типа являются японские производители, в частности компания Figaro. В связи с ограничениями международных перевозок, и с целью повышения независимости в вопросах обеспечения безопасности отечественных объектов, относящихся в том числе к оборонному комплексу, разрабатываются российские полупроводниковые сенсоры [7].

Для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик разрабатываемых сенсоров особое внимание следует уделять тепловому режиму газочувствительной поверхности. Это связано с тем, что быстрый разогрев до 450 °С и последующее охлаждение требует проведения соответствующих тепловых расчетов. В настоящей работе приведена

методика расчета параметров подводимой электрической мощности, элементов конструкции датчика, которые бы позволили обеспечить необходимую скорость разогрева и охлаждения чувствительного элемента.

Конструкция газосигнализатора

Датчик газосигнализатора размещается в пластиковом кожухе (1) с перфорацией для осуществления воздухообмена (рис. 1). Корпус датчика (2) является разъемным и состоит из основания и крышки. Основным элементом датчика является кремниевая подложка с газочувствительным элементом и нагревателем, которые изготовлены по пленочной технологии.

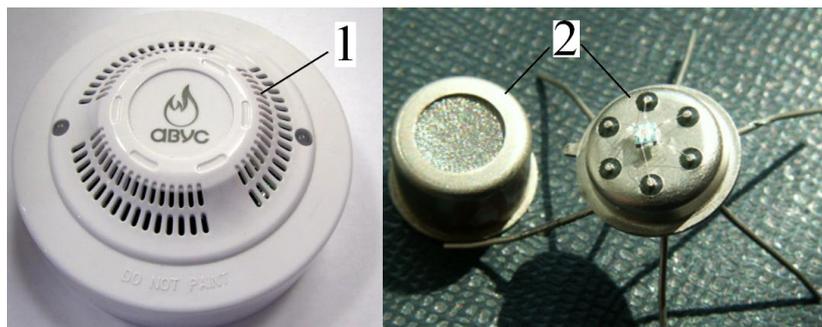


Рис. 1. Общий вид наружного кожуха и датчика газосигнализатора:
1 – кожух; 2 – датчик со снятой крышкой

Как показано на схематическом изображении датчика на рис. 2, полупроводниковая подложка подвешена внутри корпуса на тонких алюминиевых проводниках (диаметр 40 мкм, длина 3 мм), с их помощью осуществляется крепление к металлическим выводам (4) датчика – ножкам, проходящим через основание корпуса. Корпус датчика (3) изготовлен из ковара, имеет диаметр 8 мм и высоту 7 мм. Для обеспечения доступа детектируемой среды к чувствительному элементу датчика в крышке выполнено отверстие, закрытое сеткой.

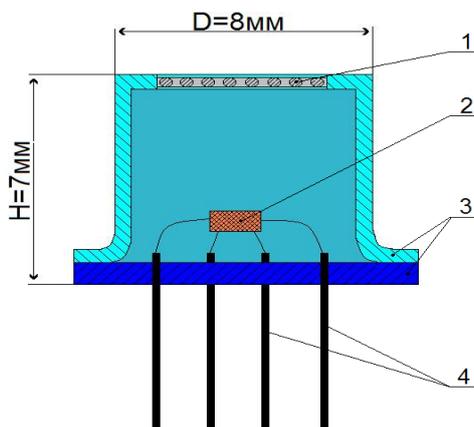


Рис. 2. Схема датчика газосигнализатора:
1 – специальная сетка; 2 – подложка с нагревателем и чувствительным элементом;
3 – коваровый корпус; 4 – металлические выводы – ножки

В процессе работы на нагреватель, входящий в состав подложки, подается электрический ток, что приводит к выделению теплоты, согласно закону Джоуля, и нагреву чувствительного элемента до рабочей температуры. Выделившийся тепловой поток с поверхности подложки передается на корпус за счет свободно-конвективного и лучистого теплообмена, а также кондуктивным путем через тонкие проводники. Далее с поверхности датчика теплота передается на пластиковый кожух и в окружающую среду.

Необходимо провести анализ тепловых сопротивлений конструкции датчика, рассчитать мощность нагревателя, которая бы позволила обеспечить значение температуры чувствительного элемента $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ при температуре окружающей воздушной среды $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Тепловая и математическая модели

Для расчета теплового режима предполагаем, что температура пластикового кожуха равна температуре среды (T_{cp}), а температурные поля корпуса датчика и кремниевой подложки равномерны и характеризуются их постоянными во времени среднеобъемными температурами T_k и $T_э$. Принятые допущения относятся к стационарному случаю решения задачи. Будем считать температуру элемента равной температуре нагревателя. Такое допущение справедливо при относительно небольших размерах чувствительного элемента ($1,2 \times 1,2 \times 0,38\text{ мм}$) и применении пленочного нагревателя, обеспечивающего хороший тепловой контакт.

Учитывая эти допущения, приближенная тепловая модель датчика будет иметь вид, показанный на рис. 3.

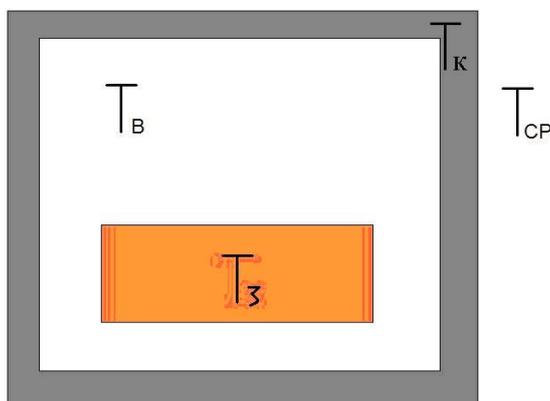


Рис. 3. Тепловая модель датчика

В стационарном режиме соотношение между необходимой мощностью тепловыделений и значениями температур элементов модели можно оценить с помощью аналогии переноса теплоты и электричества:

$$P = \frac{T_э - T_{cp}}{R_{\Sigma}},$$

где R_{Σ} – суммарное тепловое сопротивление на пути теплового потока от чувствительного элемента в окружающую среду (К/Вт) может быть найдено из соотношения:

$$R_{\Sigma} = R_{э-к} + R_{к-ср}. \quad (1)$$

Корпус датчика находится в свободно-конвективном и лучистом теплообмене с окружающей средой и стенками пластикового кожуха газосигнализатора. В таком случае:

$$R_{к-ср} = \frac{1}{(\alpha_k + \alpha_l)S_k} = 178\text{ K / Вт},$$

где $S_k = 2,8 \cdot 10^{-4}\text{ м}^2$ – площадь поверхности корпуса датчика; α_k и α_l – коэффициенты конвективного и лучистого теплообмена, которые могут быть найдены из соответствующих критериальных уравнений [8].

В результате вычислений $\alpha_k = 12 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, $\alpha_l = 8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ при степени черноты поверхности корпуса датчика $\varepsilon = 0,8$.

Для расчета теплового сопротивления $R_{э-к}$ составим выражение для параллельного соединения тепловых сопротивлений:

$$\frac{1}{R_{э-к}} = \frac{1}{R_{мет}} + \frac{1}{R_{к-л}},$$

где $R_{мет}$ – тепловое сопротивление тонких проводников, на которых подвешен чувствительный элемент; $R_{к-л}$ – тепловое сопротивление между подложкой и корпусом в результате конвективного и лучистого теплопереноса.

Тепловое сопротивление ($R_{мет}$) может быть найдено в соответствии с выражением [8]:

$$R_{мет} = \frac{1}{n\lambda f b h (bh)} = 11779 \text{ К / Вм}, \quad (2)$$

где $n = 6$ – количество проводников, на которых крепится подложка; λ – коэффициент теплопроводности алюминиевых проводников; f – площадь поперечного сечения

проводника, м^2 ; h – длина проводников, м ; коэффициент $b = \sqrt{\frac{\alpha U}{\lambda f}} = \text{м}^{-1}$, где $\alpha = 40 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ –

коэффициент теплоотдачи между боковой поверхностью проводника и воздухом внутри корпуса датчика [8]; U – периметр сечения проводника, м .

Необходимо отметить, что в зависимости от ориентации в пространстве поверхностей теплообмена кремниевой подложки (верхняя, боковая и нижняя) условия теплообмена будут разными. В соответствии с этим, при расчете коэффициентов теплоотдачи необходимо выбирать разные определяющие размеры для каждой из сторон. Кроме того, на нижней поверхности теплообмена тепловой поток с подложки передается на корпус только за счет излучения. В таком случае значение теплового сопротивления может быть рассчитано по выражению:

$$R_{к-л} = \frac{1}{(\alpha_{верх} + \alpha_l) \cdot S_{верх} + (\alpha_{бок} + \alpha_l) \cdot S_{бок} + \alpha_l \cdot S_{низ}} = 5301 \text{ К / Вм}, \quad (3)$$

где $\alpha_{верх} = 15 \text{ Вт/м}^2\text{К}$; $\alpha_{бок} = 20 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ рассчитываются из соответствующих критериальных уравнений [4].

Лучистая составляющая теплообмена α_l может быть найдена из выражения [9]:

$$\alpha_l = 5,67 \cdot \varepsilon_{np} \cdot \varphi \cdot \frac{\left(\frac{T_э}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_к}{100}\right)^4}{T_э - T_к} = 28 \text{ Вм / м}^2 \text{ К}, \quad (4)$$

где $T_э$ и $T_к$ – температуры чувствительного элемента и корпуса датчика, К ; $\varphi = 1$ – коэффициент взаимной облученности между чувствительным элементом и корпусом датчика; ε_{np} – приведенная степень черноты находится из соотношения:

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_э} + \frac{1}{\varepsilon_к} - 1}, \quad (5)$$

где $\varepsilon_э = 0,82$ и $\varepsilon_к = 0,8$ – степени черноты чувствительного элемента и корпуса датчика соответственно.

Суммарное тепловое сопротивление между чувствительным элементом и средой будет равно:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{э-к}} + R_{\text{к-ср}} = 3833 \text{ K} / \text{Вт} \quad (6)$$

С помощью выражений (6) и (1) можно найти, что требуемая мощность тепловыделений на электрическом нагревателе чувствительного элемента составляет 0,11 Вт.

Анализируя результаты вычислений по выражениям (2–5) следует отметить, что основной вклад в теплообмене чувствительного элемента с корпусом имеют конвективный и лучистый механизмы теплопереноса. В то же время кондуктивный перенос по тонким алюминиевым проводникам проявляет себя в меньшей степени. Это связано с малым диаметром проводников, на которых установлен чувствительный элемент, и высокой интенсивностью конвективного теплообмена на их боковой поверхности.

Реальный режим работы газосигнализатора предполагает импульсный режим работы, когда быстрый разогрев при подведении мощности $P_{\text{им}}$ сменяется охлаждением с выключенным источником теплоты. Таким образом, полученные расчетные данные о требуемой мощности для стационарного режима работы соответствуют средней мощности тепловыделений P за период. На основе этого значения, а также длительности этапов нагрева и охлаждения датчика, можно найти требуемую мощность тепловыделений на этапе нагрева $P_{\text{им}}$ из выражения:

$$P_{\text{им}} = P \cdot \frac{T_{\text{пе}}}{\Delta\tau_{\text{нагр}}} = 0,99 \text{ Вт},$$

где $T_{\text{пе}} = 4,5 \text{ с}$ – период работы нагревателя; $\Delta\tau_{\text{нагр}} = 0,5 \text{ с}$ – время работы нагревателя в одном периоде.

На основе рассчитанных значений мощности проведены экспериментальные исследования режима работы чувствительного элемента. Результаты измерения превышения температуры чувствительного элемента над температурой среды (перегрева) представлены на рис. 4.

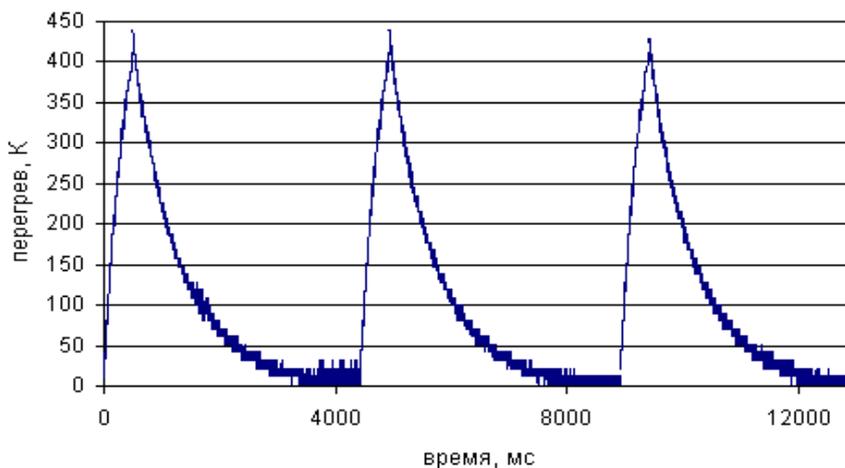


Рис. 4. Изменение перегрева чувствительного элемента при импульсном режиме работы нагревателя

Исходя из полученных экспериментальных данных, можно сделать вывод, что рассчитанная мощность тепловыделений достаточна для достижения необходимой рабочей температуры чувствительного элемента.

Заключение

В ходе работы разработана методика расчета и выбора параметров газосигнализатора, которая позволяет определить необходимую мощность тепловыделений, условия теплообмена чувствительного элемента, параметры конструктивных элементов. Достоверность полученных результатов расчета подтверждена экспериментальными исследованиями, что позволяет рекомендовать представленную методику для обеспечения необходимого теплового режима газосигнализатора, а также для улучшения его характеристик [10] в части снижения мощности энергопотребления и увеличения быстродействия.

Литература

1. Поляков Ю.А., Иванов А.Е., Кабанов Д.Г. Разработка газосигнализатора дозврывоопасной концентрации метана // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2010. № 1. С. 18–26.
2. Chapter 1: overview of gas-sensing systems / Aono S. RSC Metallobiology. 2018. T. 2018-January. № 11. С. 1–14.
3. Лашова А.А., Фасхиев В.Н., Шмыгалев А.С. Инфракрасный волоконно-оптический датчик для исследования состава и температуры технических жидкостей и газов Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). С. 181–182.
4. Меткин Н., Люлин Б., Манвелова Н. Электронные газосигнализаторы для систем безопасности газопользования // Электроника: наука, технология, бизнес. 2008. № 3 (85). С. 111–113.
5. Ефимов С.В., Поляков Р.Ю., Яцун С.Ф. Метод раннего обнаружения пожара с помощью мобильных газовых пожарных извещателей // Известия юго-западного государственного университета. Сер.: техника и технологии. 2017. Т. 7. № 4 (25). С. 81–89.
6. Рембеза С.И., Свистова Т.В., Перепечина Т.А. Методы активации газочувствительных свойств металлооксидных датчиков газов: материалы 58-ой Науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, сотрудников, аспирантов и студентов ВГТУ. Тезисы докладов. 2018. С. 10.
7. Полупроводниковые газовые датчики отечественного производства / А.Р. Бестугин [и др.] // Датчики и системы. 2018. № 12 (231). С. 7–11.
8. Теория тепломассообмена: учеб. для вузов / С.И. Исаев [и др.]; под ред. А.И. Леонтьева. 3-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 462 с.
9. Прикладная физика. Теплообмен в приборостроении / Г.М. Кондратьев [и др.]. Сер.: Выдающиеся ученые ИТМО. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2003. 560 с.
10. Исследование чувствительности пористых толстопленочных элементов на основе SnO_2 к концентрации водорода в воздухе / В.В. Амеличев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2020. Т. 25. № 6. С. 539–547.



ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 614.847:677.017

МОДИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО АСТРАЛЕНАМИ

Р.А. Кисляков.

ВНИИПО МЧС России.

И.А. Зелинская;

А.В. Иванов, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведены исследования, связанные с влиянием астраленов, нанесенных на поверхность боевой одежды пожарного, к воздействию теплового потока плотностью 5 кВт/м^2 , открытого пламени и контакта с нагретой металлической поверхностью до $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Определена наиболее оптимальная концентрация астраленов к воздействию открытого пламени. Использование астраленов при производстве боевой одежды пожарного может способствовать получению материалов с принципиально новыми свойствами, способными выдерживать воздействия теплового потока и открытого пламени при тушении пожаров.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, открытое пламя, тепловое воздействие, астралены, композитные материалы

MODIFICATION OF THE MATERIALS OF THE TOP OF THE FIREFIGHTER'S COMBAT CLOTHING BY ASTRALENS

R.A. Kislyakov. All-russian research institute of fire protection of EMERCOM of Russia.

A.V. Ivanov; I.A. Zelenskaya.

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

Investigations related to the effect astralenes which were deposited on the surface of the firefighting clothes, to heat flow density of 5 kw/m^2 , open flame and contact with a heated metal surface to $400 \text{ }^\circ\text{C}$. The most optimal concentration of astralenes to the effect of an open flame has been determined. The use of astralenes in the production of firefighter equipment can contribute to the production of materials with fundamentally new properties that can withstand the effects of heat flow and open flames when extinguishing fires.

Keywords: firefighter's combat clothing, open flame, heat exposure, astralenes, composite materials

Среди средств индивидуальной защиты пожарных доминирующую роль играет боевая одежда пожарного (БОП). Она является последним барьером, способным сохранить жизнь и здоровье пожарного, после воздействия на него опасных факторов пожара. При эксплуатации БОП не должна сковывать движения, гарантировать достаточный уровень защиты от различных механических, термических воздействий, должна обеспечивать защиту

не только от теплового воздействия и воды из вне, но и гарантировать оптимальную терморегуляцию внутри [1].

Материал верха БОП является первым слоем защиты. Материалы, используемые в этом слое, предназначены для контакта с открытым пламенем и тепловым воздействием без разрушения или возгорания. Большинство материалов, используемых для изготовления этого слоя, обеспечивают огнестойкость и теплостойкость. При ведении аварийно-спасательных работ и тушении пожаров пожарные могут подвергаться воздействию опасных тепловых потоков значениями от 20 до 80 кВт/м² и выше [2]. Учитывая условия, в которых приходится работать пожарным, огнезащитные характеристики являются одними из важных показателей огнестойкости ткани. Поэтому при изготовлении большое внимание должно уделяться снижению горючести материала, из которого изготавливается БОП.

Разработка методов придания материалам пониженной горючести, выявление закономерностей процессов пиролиза и горения материалов для одежды пожарного приобретают исключительно важное научное и практическое значение. Использование при изготовлении нанотехнологий и наноматериалов может значительно улучшить защитные характеристики БОП, что позволит повысить уровень безопасности при работе в условиях повышенных температурных воздействий.

На сегодняшний день существуют различные способы модификации материалов, используемых для изготовления БОП [3]. В работах [4, 5] авторами изучены и проведены исследования механических и термических свойств композитных материалов, армированных углеродными нанотрубками. Исследования показали, что использование углеродных нанотрубок позволяет улучшить механические свойства и термическую стабильность полученных композитов.

Другим способом повышения устойчивости материалов к воздействию открытого пламени является использование астраленов. Они не растворяются в известных растворителях и химически инертны до высоких температур. Благодаря своим свойствам, астралены способны менять структуру в различных композитах [6].

Целью данной работы являлось проведение исследования по определению влияния углеродных наноструктур – астраленов нанесенных на материал верха БОП к воздействию теплового потока, открытого пламени и контакта с нагретой металлической поверхностью. Исследования проводились на девяти образцах по методам, изложенным в ГОСТ Р 53264–2009 «Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний».

Для определения устойчивости материалов к воздействию теплового потока плотностью 5 кВт/м² использовалась радиационная панель с нагревательным элементом в виде спирали из нихромовой проволоки. Время воздействия теплового потока составило 240 с, после чего образцы были разрушены с использованием разрывной машины.

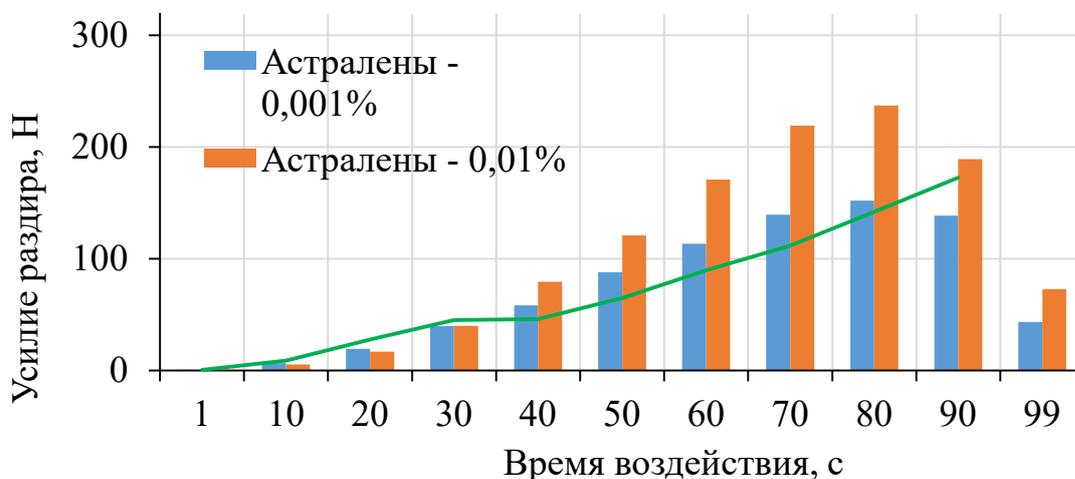


Рис. 1. Воздействие теплового потока плотностью 5 кВт/м² на материал, модифицированный астраленами в различной концентрации (масс. %)

Исследование по определению устойчивости материалов к воздействию открытого пламени проводилось по ISO 6941-99 (время воздействия открытого пламени – 15 с). После воздействия открытого пламени было определено остаточное горение исследуемых образцов (рис. 2).

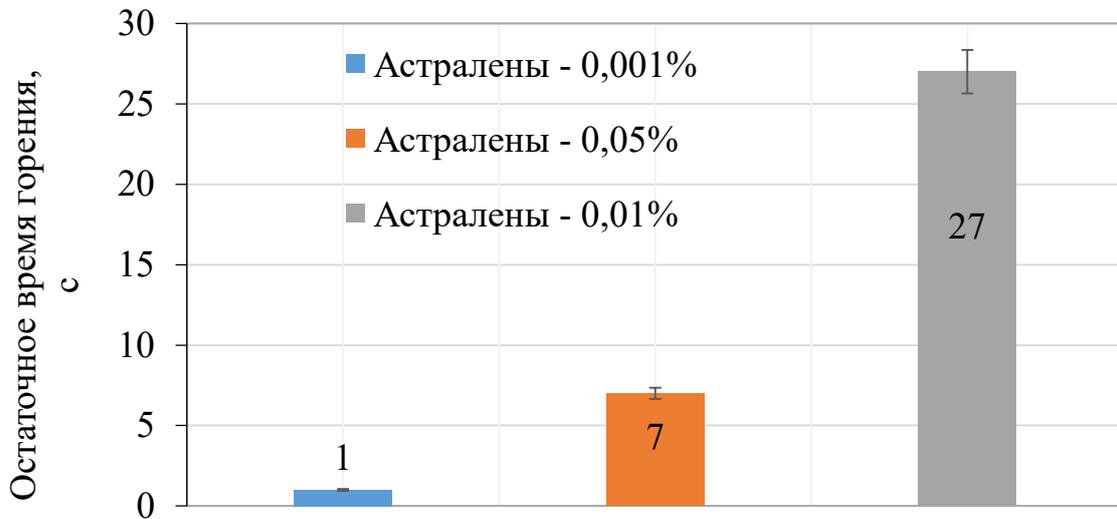


Рис. 2. Остаточное время горение образцов материала верха БОП, модифицированных астралены в различной концентрации (масс. %)

Исследование по определению устойчивости материалов к контакту с нагретой металлической поверхностью до 400 °С проводилось с использованием электропечи, в состав которой входит держатель образцов с габаритными размерами 100x50x80 мм и контактирующая пластина, изготовленная из керамических материалов с габаритными размерами 140x140x6 мм. Во время проведения исследований в электропечи постоянно поддерживалась температура 400±5 °С, время выдержки каждого образца составило 7 с. После контакта с нагретой металлической поверхностью, образцы были подвергнуты разрушению с использованием разрывной машины (рис. 3).

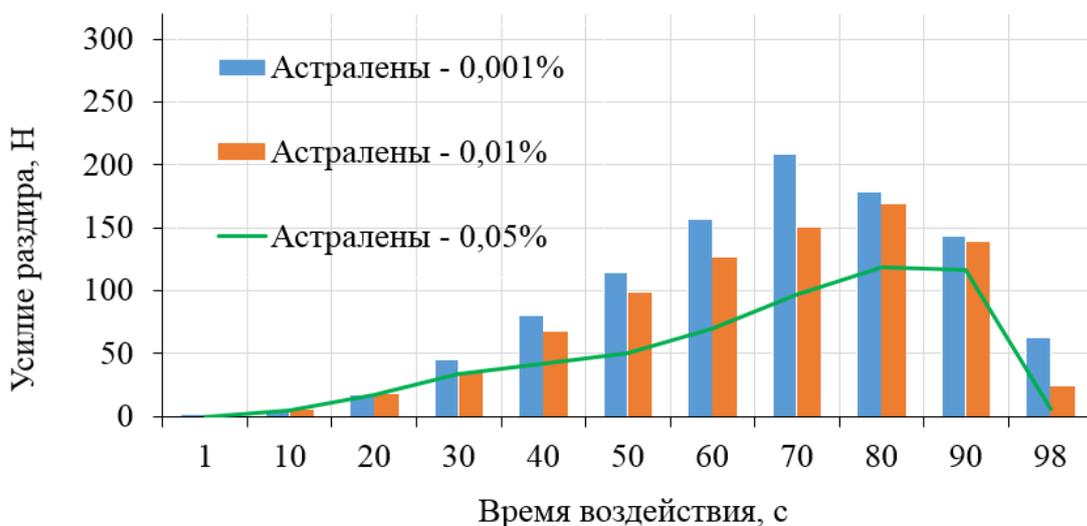


Рис. 3. Контакт материала, модифицированного астралены в различной концентрации (масс. %), с нагретой металлической поверхностью до 400 °С

Проведенные исследования показали, что образец материала с нанесенными на него астраленами с концентрацией 0,001 % наиболее устойчив к воздействию открытого пламени. Время остаточного горения и тления образца составило 1 с, что составляет 3,7 % от времени горения и тления образца, обработанного астраленами с концентрацией 0,01 %. Образец материала, обработанный астраленами с концентрацией 0,05 % имеет остаточное горение 7 с после воздействия открытого пламени, что составляет 25 % от образца, с концентрацией астраленов 0,01 %. Остаточное горение 27 с показал образец материала с концентрацией астраленов 0,01 %. При проведении испытаний определено, что концентрация астраленов 0,01 % способствует активному горению обработанного материала.

Наиболее устойчивым к воздействию теплового потока оказался материал, обработанный астраленами с концентрацией 0,01 %, усилие раздира составило 239,37 Н. Образец материала с концентрацией астраленов 0,05 % выдержал максимальное усилие раздира в 173,08 Н. Наименьшее усилие раздира в 155,99 Н выдержал материал с концентрацией астраленов 0,001 %.

После проведения исследований по определению контакта образцов с нагретой металлической поверхностью до 400 °С наилучший результат в 225,64 Н показал образец с концентрацией астраленов 0,001 %. Результат в 171,04 Н показал образец с концентрацией 0,01 %. Наименее устойчивым к контакту с нагретой металлической поверхностью оказался образец с концентрацией астраленов 0,05 %.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что использование астраленов в технологиях производства БОП может способствовать получению материалов с принципиально новыми свойствами, способными выдерживать воздействия теплового потока и открытого пламени при тушении пожаров.

Литература

1. Логинов В.И. Конструирование и комплексная оценка качества специальной защитной одежды пожарных: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2010. 48 с.
2. Копылов Н.П., Хасанов И.Р. Эффективность применения теплозащитных экранов для защиты от тепловых потоков при пожарах // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 11. С. 38–43.
3. Неметаллическая наночастица во внешнем электромагнитном поле. Топологические факторы взаимодействия мезоструктур / Пономарев А.Н. [и др.] // Вопросы материаловедения. 2009. Вып. 4 (60). С. 17–22.
4. Lee M.-W & Wang, Tai-Yuan & Tsai, J.-L. (). Mechanical properties of nanocomposites with functionalized graphene // Composite Materials Journal. 2016. № 50 (27). P. 3779–3789.
5. Шайд А., Фергюссон М., Ван Л. Анализ термофизиологического комфорта ткани, содержащей наночастицы аэрогеля, для защитной одежды пожарных // Химическая инженерия и материаловедение. 2014. Т. 2. Вып. 2. С. 37–43.
6. Кисляков Р.А., Иванов А.В., Панкратов И.А. Направления совершенствования материалов и тканей для боевой одежды пожарного // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2020. С. 101–103.

УДК 621.002.5-192

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

А.В. Широухов, кандидат технических наук;

Д.А. Широухов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен метод расчета ресурса деталей машин на основе определения износа, а также вероятности безотказной работы на основе анализа функций распределения действующих значений нагрузок и прочности, с учетом вида распределения и наличия или отсутствия начальных условий.

Ключевые слова: износ, усталостная и статическая прочность, надежности механических систем, вероятность безотказной работы, коэффициент запаса прочности, функция распределения действующих нагрузок, функция распределения прочности

PREDICTING THE RELIABILITY OF MACHINE PARTS IN THE DESIGN PROCESS

A.V. Shiroukhov; D.A. Shiroukhov.

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

Considers a method for calculating the service life of machine parts based on the determination of wear, as well as the probability of failure-free operation based on the analysis of the distribution functions of the effective values of loads and strength, taking into account the type of distribution and the presence or absence of initial conditions.

Keywords: wear, fatigue and static strength, reliability of mechanical systems, probability of failure-free operation, safety factor, active load distribution function, strength distribution function

При проектировании узлов и агрегатов машин одним из ключевых критериев является надежность. Результаты анализа существующих образцов зачастую служат базой для разработки прогноза надежности для вновь проектируемых узлов и деталей.

В современной теории надежности выделяют три основных метода определения показателей надежности, основанных на таком параметре как ресурс конструкции: определение ресурса отдельных элементов детали; определение ресурса детали в целом; определение ресурса агрегата или узла. В данном контексте, узел или агрегат машины рассматривается как сложная техническая система, подверженная различным видам воздействия (как механическим, так и температурным), и при этом следует учитывать параметр ремонтпригодности системы, то есть возможности восстановления (самовосстановления как оптимальный вариант). Для оценки ресурса используются такие показатели как износ, усталостная и статическая прочность.

Методы расчета износа деталей машин принято разделять на аналитические и экспериментальные. К аналитическим методам принято относить способы определения износа детали либо трибологической пары, при которых не требуются экспериментальные замеры. Как правило, данный метод оптимально использовать на этапе проектирования. В настоящее время существующая методика оценки износостойкости поверхности деталей машин [1, 2] основывается на гипотезе, предложенной И.В. Крагельским. В данной методике за основу берется расчетная схема изнашивания в стационарном режиме сухого или

граничного трения. К недостаткам данной методики следует отнести невозможность ее применения в условиях жидкостного либо смешанного режимов работы. В соответствии с данной методикой износ определяется по аналитическим зависимостям, для упругих (I_y) взаимодействий (1) и для пластичных (I_{II}) взаимодействий (2):

$$I_y = c \left(\frac{q_a \vartheta}{k_v} \right)^{1+\beta t} \left(\frac{k_f^y}{\sigma_0 \vartheta} \right)^t \left(\frac{R_{max}}{R} \right)^{\frac{t(1+\beta)}{2}} (\eta_c b)^{-\beta t}, \quad (1)$$

$$I_{II} = c \sqrt{2} \left(\frac{q_a}{HB} \right)^{\frac{1+\beta t}{1-\beta t}} \left(\frac{k_f^{II}}{l_0} \right)^t \left(\frac{R_{max}}{R} \right)^{\frac{t+1}{2}} (\eta_c b)^{\frac{-(t+1)\beta}{1-\beta}}, \quad (2)$$

где q_a – номинальное давление; ϑ – постоянная упругости материала трибологической пары; c, k_v – коэффициенты гамма-функций параметры v и t ; k_f^y – коэффициент предела прочности при растяжении и сжатии; k_f^{II} – коэффициент предела текучести; σ_0, l_0, t – константы фрикционной усталости истираемого материала; R_{max}, R – максимальная и средняя величина неровности поверхности; HB – твердость материала по Бреннелю; η_c – коэффициент соотношения контурной и номинальной площади соприкосновения; b, v, β – параметры степенной аппроксимации начального участка кривой.

Как видно из анализа зависимостей (1) и (2), при проведении аналитических расчетов износа учитываются все влияющие параметры как конструкционные, так и эксплуатационные. Однако сравнение расчетных и средних экспериментальных значений интенсивностей изнашивания [2] в большом диапазоне изменений исходных параметров показало, что значения, полученные аналитическим (I_p) путем соотносятся с экспериментальными данными (I_{ϕ}) как $0,4I_{\phi} \leq I_p \leq 2,6I_{\phi}$. Широкий разброс значений интенсивности изнашивания ограничивает возможность применения зависимостей (1) и (2) для оценки абсолютных значений износа и, как следствие, оценки ресурса, но данная методика может быть успешно применена для сравнительной оценки пар трения проектируемого узла, агрегата. Для повышения точности расчетов абсолютных значений необходимо совершенствование информационно-аналитической базы данных (в первую очередь эксплуатационных и конструкционных коэффициентов), применяемых в расчетах.

Лучшие результаты показали методы, основанные на непосредственных измерениях степени износов и представлении данных в виде функции от времени (пробега). В данном случае износ является интегральным показателем множества факторов, в том числе и эксплуатационных. Одними из основных показателей износа принято считать: линейный износ u , мкм; скорость изнашивания $\gamma = du/dt$, мкм/ч; интенсивность изнашивания $j = du/ds$, где S – относительный путь трения, на котором происходит изнашивание либо $m = du/dL$, где L – наработка механизма, км(час). В общем случае, кривая скорости изнашивания имеет вид, показанный на рис. 1. Кривая скорости и интенсивности износа характеризуется наличием трех основных участков: I – участок приработки, в данном периоде скорость износа γ монотонно снижается до наступления стационарного рабочего режима, обусловленного достижением установившихся рабочих зазоров и шероховатостей в трибологических парах; II – участок установившегося износа, $\gamma = const$; III – участок прогрессирующего износа, γ – резко возрастает, вплоть до разрушения.

В реальности в зависимости от вида сопряжения и режимов эксплуатации форма кривой скорости и интенсивности износа может отличаться как по количеству участков, так и по форме. Поскольку продолжительность первого периода до S_1 не влияет на общий ресурс узла, то определение его продолжительности не представляет интереса, в отличие от продолжительности второго и третьего периодов, характеризующих общий ресурс узла и наработку до аварийного разрушения.

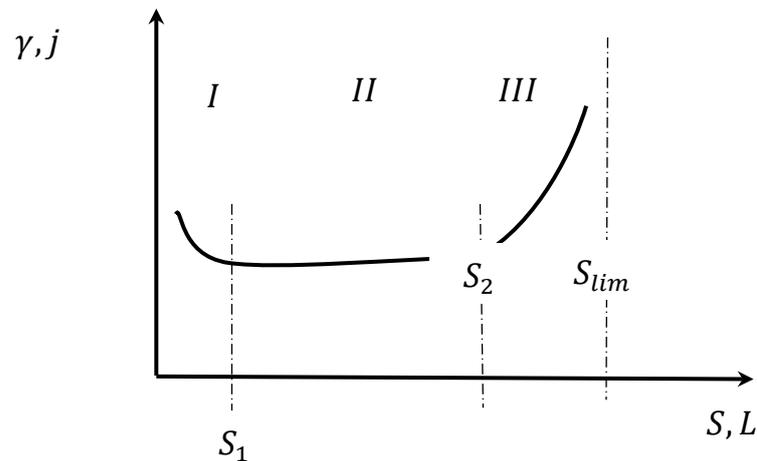


Рис. 1. Кривая скорости и интенсивности износа:

S_1 – наработка, соответствующая окончанию обкатки (приработки) пары; S_2 – наработка, соответствующая окончанию ресурса; S_{lim} – наработка, соответствующая предельной скорости износа или аварийному разрушению

В некоторых работах [3] рассматриваются зависимости, охватывающие второй и третий участки кривой износа, что позволяет обосновать увеличение ресурса за счет сокращения продолжительности третьего этапа – участка аварийного износа. Например, для определения износа используется степенная функция:

$$u = u_1 + m_u t^\alpha, \quad (3)$$

где u_1 – детерминированное значение показателя приработки; m_u – среднее значение скорости изменения параметра; t – показатель наработки; α – эмпирический коэффициент.

В данном случае определить средний ресурс пары T_{cp} можно по формуле:

$$T_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \left(\frac{u_{ii}}{u_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (4)$$

где N – общее количество элементов, подвергающихся износу; t_i – наработка i -го элемента до значения u_i ; u_i – показатель износа i -го элемента; u_{ii} – показатель износа, соответствующий началу второго участка.

Наряду со степенной функцией для оценки степени износа и показателя ресурса применяется и экспоненциальная зависимость:

$$u = u_1 \left(10^{\frac{t-t_1}{A}} - h \right) + h, \quad (5)$$

где u_1 – средняя величина износа при приработке; t_1 – время окончания приработки; A, h – эмпирические коэффициенты.

В этом случае определить средний ресурс пары T_{cp} можно по формуле:

$$T_{cp} = A \cdot \log \frac{u_n + h}{u_1 + h} + t_1. \quad (6)$$

К недостаткам данных зависимостей относится то, что они не позволяют определять плотность распределения ресурса и ограничиваются лишь средним значением. При определении других параметров, характеризующих износ, вводятся ограничения; вводится детерминированное значение u_1 вместо случайного, а при определении коэффициентов A и h сечения процесса должно подчиняться нормальному распределению.

Помимо износа, немаловажную роль в определении ресурса деталей играет прочность детали как статическая, так и усталостная. На основе анализа исследований об оценке надежности механических систем [4–7] в части, касающейся определения параметров оценки статической прочности, выделяют два основных подхода: детерминистский и стохастический.

В первом случае определяется некоторый коэффициент запаса прочности, по значению которого судят о способности детали или её элемента выдерживать без разрушения спектр возникающих нагрузок. Данный коэффициент также используют и для оценки параметров усталостной долговечности, но при условии, что значения возникающих нагрузок не превышают значения предела выносливости. В машиностроении данный подход используется в силу своей простоты, а также возможности подтверждения результатов посредством проведения экспериментов. В совокупности, это позволяет создать систематизированные массивы данных, позволяющие оценивать описываемые параметры для широкого спектра конструкций. На основании существующих данных [8] можно утверждать, что значения данного коэффициента всегда превышают единицу. К недостаткам данного подхода следует отнести невозможность эмпирической оценки надежности и долговечности.

Во втором случае (при стохастическом подходе) спектр действующих нагрузок и показатель прочности рассматривают как случайные величины во времени (или наработке), то есть $f_r(R)$ – функция распределения прочности, $f_s(S)$ – функция распределения действующих нагрузок. При условии, что функции распределения прочности и действующих нагрузок подчиняются нормальному закону распределения, для которых m_R, m_S – средние значения, а σ_R, σ_S – среднеквадратические отклонения, график примет вид, показанный на рис. 2.

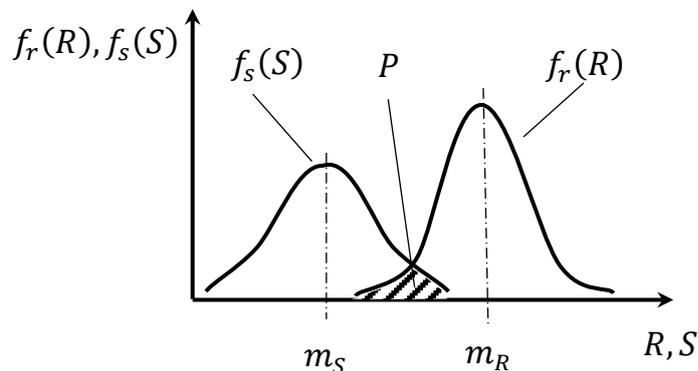


Рис. 2. График вероятностного распределения действующих нагрузок и прочности при нормальном законе распределения

В общем случае вероятность безотказной работы будет определяться как:

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} f_s(S) \left[\int_S^{\infty} f_r(R) dR \right] dS,$$

либо:

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} f_r(R) \left[\int_{-\infty}^R f_s(S) dS \right] dR. \quad (7)$$

С учетом параметров нормального распределения, зависимость (7) можно представить в виде:

$$P = 1 - \Phi \left(-\frac{m_R - m_S}{\sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_S^2}} \right),$$

где Φ – интеграл вероятностей.

Также следует учитывать начальные условия, характеризующиеся параметром сдвига – R_c и S_c соответственно. Тогда график распределения примет вид, показанный на рис. 3.

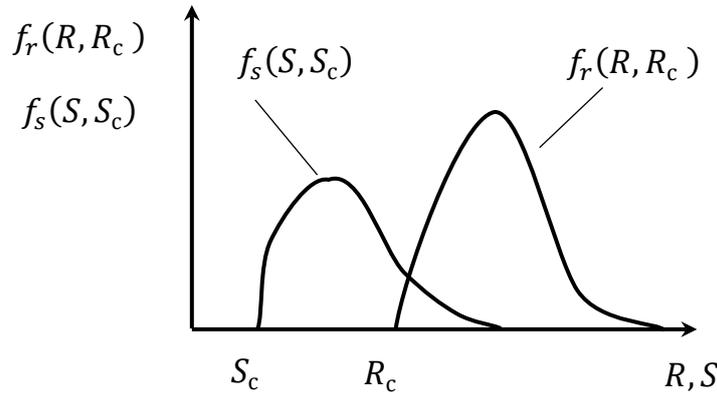


Рис. 3. График вероятностного распределения действующих нагрузок и прочности с учетом параметров сдвига

С учетом начального сдвига выражение (1) принимает вид:

$$P = \int_{R_c}^{\infty} f_r(R, R_c) \left[\int_{-\infty}^{S_c} f_s(S, S_c) dS \right] dR. \quad (8)$$

При практическом расчете распределение действующих нагрузок и распределение прочности может описываться положительными случайными величинами – $F_R(R)$ и $F_S(S)$, соответственно. При этом обычно параметр сдвига рассматривается только применительно к распределению прочности, то есть в распределении действующих нагрузок сдвиг отсутствует. В этом случае выражение (8) принимает вид:

$$P = \int_{R_c}^{\infty} f_r(R, R_c) [F_R(R)] dR.$$

Следует учитывать, что на практике случайные величины $F_R(R)$ и $F_S(S)$ – зачастую описываются экспоненциальными законами распределения. Тогда в общем случае с учетом параметра сдвига обеих величин получаем:

$$F_R(R, R_c) = 1 - \exp[-\lambda_R(R - R_c)];$$

$$F_S(S, S_c) = 1 - \exp[-\lambda_S(S - S_c)],$$

где λ_R, λ_S – параметры экспоненциального распределения величин $F_R(R)$ и $F_S(S)$ соответственно.

Заменяя в зависимости (7) значения действующих нагрузок и распределение прочности, после преобразования получаем зависимость для определения вероятности безотказной работы:

$$P = 1 - \left[\frac{\lambda_R}{\lambda_R + \lambda_S} \right] \exp[-\lambda_R(R_c - S_c)],$$

при условии отсутствия начального сдвига в распределении действующих нагрузок:

$$P = 1 - \left[\frac{\lambda_R}{\lambda_R + \lambda_S} \right] \exp - \lambda_R R_c. \quad (9)$$

При отсутствии начального сдвига распределение действующих нагрузок и распределение прочности, вероятность безотказной работы определяется как [9, 10]:

$$P = 1 - \left[\frac{\lambda_R}{\lambda_R + \lambda_S} \right]. \quad (10)$$

Таким образом, полученные зависимости позволяют определить показатель износа (3, 5), соответствующий установившемуся (после обкаточному) режиму работы, определить средний ресурс трибологической пары (4, 6), вероятность безотказной работы в зависимости от вероятностного распределения прочности и действующих нагрузок, как при наличии сдвига (9), обусловленного начальными условиями, так и без такового (10).

Литература

1. Лушпа И.Л., Монахов М.А., Фокин В.М. Анализ математической модели расчета надежности механических элементов класса «Подшипники» // Радиовысотометрия – 2013: материалы IV Всерос. науч.-технич. конф., 2013. С. 352–356.
2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1974. 526 с.
3. Ямпольский С. М., Рубинов В. И., Головин В. Я. Расчет периодичности работ по техническому обслуживанию и ремонту изделия авиационной техники с учетом характеристик и места комплектующих его элементов в структурно-логической схеме надежности // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т. 19. № 4. С. 94–99.
4. Жаднов В. В. Методы и средства оценки показателей надежности механических и электромеханических элементов приборов и систем // Датчики и системы. 2013. № 4. С. 15–20.
5. Конесев С.Г., Хазиева Р.Т. Методы оценки показателей надежности сложных компонентов и систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1.
6. Serpik, I.N., Tarasova, N.V., Optimisation of steel trusses with a choice of multi-stage prestressing conditions // Magazine of Civil Engineering. 2020. 97 (5). Article No. 9705. DOI: 10.18720/MCE.97.5
7. Лаврищева Е.М., Зеленев С.В., Пакулин Н.В. Методы оценки надежности программных и технических систем // Труды Института системного программирования РАН. 2019. Т. 31. № 5. С. 95–108.
8. Пряхин А.В., Арчибасов А.С., Пряхин В.В. Анализ значений коэффициента запаса прочности для различных материалов // Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 48–49.
9. Мандровский К.П. Обобщённые характеристики надежности в системе мониторинга эффективности дорожных машин // Науч. журнал Вестник ТОГУ. 2016. № 3 (42). С. 63–72.
10. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. С. 73–97.

УДК 627.512

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАВОДКОВОГО НАВОДНЕНИЯ В РЕГИОНЕ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;

И.В. Осипчук, кандидат психологических наук, доцент;

А.А. Князев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены анализ паводковых наводнений последних лет в регионе Северного Кавказа, причины и последствия паводкового наводнения 2002 г. в г. Кисловодск, проведен анализ возможных последствий наводнения в г. Кисловодске, сформулированы проблемы и намечены пути повышения безопасности населения в случаях катастрофического паводкового наводнения в этом районе.

Ключевые слова: паводковое наводнение, интенсивность таяния снега, глубина затопления, максимальная скорость потока затопления

PROBLEMS AND WAYS TO INCREASE THE SAFETY OF THE POPULATION IN FLOOD CONDITIONS IN THE REGION OF THE NORTH CAUCASUS

O.N. Savchuk; I.V. Osipchuk; A.A. Knyazev.

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

The article describes the analysis of flood flooding in the region of the North Caucasus, the causes and consequences of flood flooding 2002 in Kislovodsk, analyzed the possible consequences of floods in Kislovodsk, problems formulated and planned ways to increase the safety of the population in cases of catastrophic flood floods in the area.

Keywords: flood, snow melting intensity, flood depth, maximum flooding rate

В XXI в. увеличилось количество чрезвычайных ситуаций (ЧС) в мире. Происходящие глобальные аномальные изменения в природе за последние десятилетия привели к увеличению природных ЧС. По данным ООН, за последние 20 лет от них погибло более 3 млн человек, свыше 800 млн человек пострадало [1].

В России количество природных ЧС увеличилось за последние 30 лет в четыре раза, а экономический ущерб от них – в шесть раз (по данным выступления Министра МЧС России Е. Зиничева на совещании в г. Екатеринбурге, 2021 г.). По статистике до 40 % природных ЧС в России составляют наводнения, среднегодовой ущерб от них составляет более 40 млрд рублей. Только за последние пять лет количество наводнений регионального масштаба увеличилось с 7 (2015 г.) до 23 (2020 г.).

Количество и интенсивность наводнений зависят от следующих условий и параметров:

- количество воды в снежном покрове до начала таяния снега;
- интенсивность снеготаяния, зависящая в основном от положительного градиента температуры воздуха и изменений скорости ветра;
- наличие водных источников, размеры площади, рельеф местности водосбора и сечение русла водного источника, лесистость, оказывающие влияние на стекание вод при таянии снега;

- степень влажности и глубины промерзания почвы в районе до начала выпадения снега;
- характер и количество осадков, выпадающих в ходе таяния снега;
- наличие зажоров льда.

Последствия мощных наводнений приводят не только к гибели людей, скота в районах затопления, но и к разрушению и повреждению жилых и хозяйственных зданий, объектов социальной культуры, ущерб сельскохозйственным посевам. Ежегодно на ликвидацию последствий таких наводнений государство тратит значительные средства, направленные, прежде всего, на восстановление поврежденной коммунально-энергетической инфраструктуры, строительство и ремонт жилых зданий.

Ежегодно на территории России большинство наводнений, приводящих к значительному ущербу, являются паводковыми. Характерным для проявления паводковых наводнений является весенний период. По принятой классификации наводнений паводковые наводнения относятся ко второй группе. Причинами их возникновения является выпадение обильных дождевых осадков, таяние снега в зимний период при оттепелях.

Анализ докладов «О состоянии защиты населения и территорий Карачаево-Черкесской Республики, Кабардино-Балкарской Республики, Республики Дагестан, Ставропольского края от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2009–2015 гг.» [2–5] показывает, что наибольшее количество паводковых наводнений в регионе Северного Кавказа происходит в Карачаево-Черкесской Республике. Причем больше всего их происходит на территории региона в весенние половодья и летние месяцы.

Опасность паводковых наводнений зависит, прежде всего, от превышения величины наибольшего уровня воды в реках во время затопления над уровнем воды до затопления и максимальной скорости потока затопления. От глубины затопления и угла наклона береговой черты зависит площадь затопления в пойме реки и, следовательно, наносимый ущерб. В работе [6] на основе анализа оценки масштабов и опасности произошедших паводковых наводнений за последние годы в регионе Северного Кавказа были определены четыре зоны с разной степенью опасности наводнений (рис. 1) [6].

Так, например, зона чрезвычайно опасных паводковых наводнений в бассейне р. Кубань с глубиной затопления более чем 3,2 м включает большую часть Карачаево-Черкесской Республики и западную часть Ставропольского края [6].

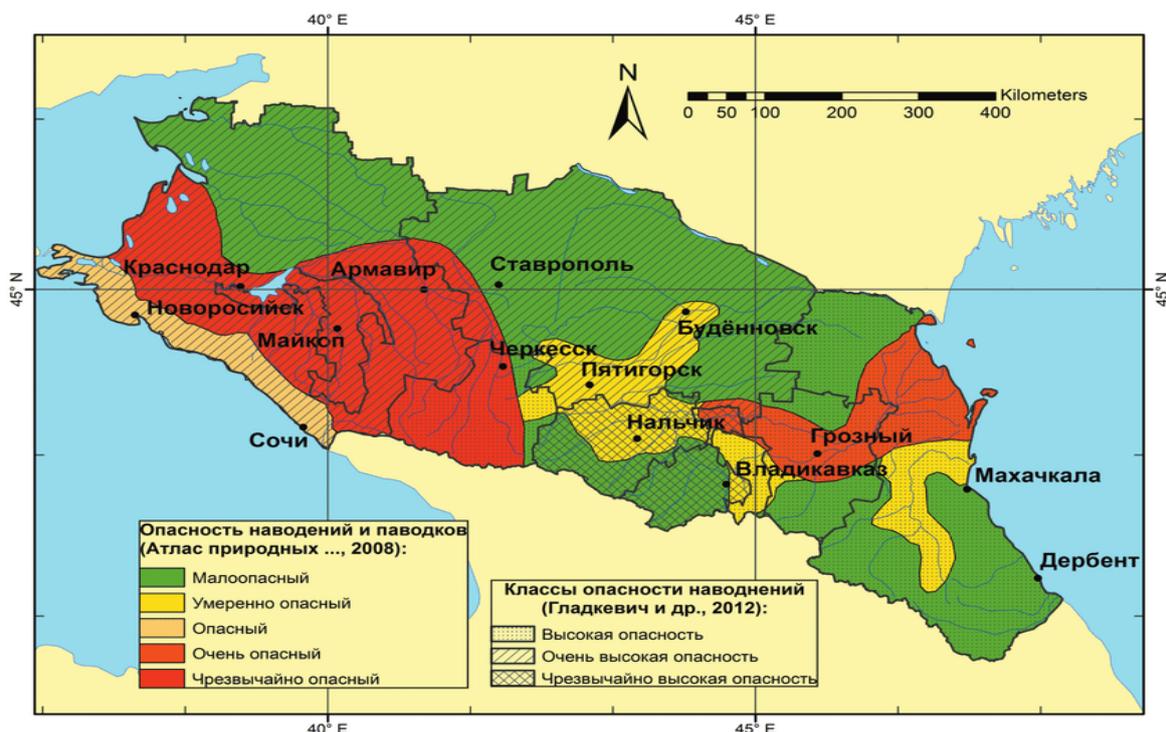


Рис. 1. Картографический вариант опасных зон наводнений Северного Кавказа

В Кабардино-Балкарии [3] паводкоопасной является практически вся территория бассейна р. Терек с общей протяжённостью зон паводкового затопления около 620 км.

В Карачаево-Черкесской Республике [2] в зону возможного подтопления в результате интенсивного таяния снега и обильных дождей могут попасть города Карачаевск, Черкесск и Теберда и ряд мелких населенных пунктов.

Образование водного стока основных рек Ставропольского края происходит в основном в горных районах, где за счет большого количества осадков и интенсивного таяния снега и ледников высоко в горах происходит ежегодное паводковое наводнение в весенний и летний период.

При анализе последствий паводковых наводнений рек Северного Кавказа следует учитывать характерные особенности стока горных рек, отличающих их от равнинных рек:

- продолжительное по времени таяние снега с учетом увеличения холодного периода на высотах в горах, что приводит к накоплению запасов снега;
- повышенные значения максимальной скорости затопления за счет больших уклонов стока горных рек;
- наличие более интенсивного проникания через рыхлые породы почвы;
- подмывы берега горными реками вызывают более частые обвалы и оползни на склонах гор;
- более изменчивый характер параметров русла реки за счет больших уклонов и ущелий в горах;
- сравнительно более низкие значения глубины горных рек до наводнения;
- более низкие значения площади поймы горных рек за счет узких ущелий, повышенных углов береговой черты.

В случае ливневых продолжительных дождей и интенсивного таяния снега возможны опасные паводковые наводнения на реках Ставропольского края [5], такие наводнения, например, которые произошли в июне 2002 г. В Ставропольском крае было подтоплено около 15,5 тыс. жилых домов, свыше 78 объектов жилищно-коммунального хозяйства были разрушены и повреждены свыше 100 мостов, повреждена сеть газопровода, что привело к нарушению газоснабжения многих населенных пунктов [5].

Опасное паводковое наводнение на реках Кума, Подкумок, Березовая в 2002 г. в районе Кавказских Минеральных Вод привело к катастрофическому затоплению в курортных городах Пятигорск, Ессентуки, Кисловодск, Минеральные Воды, что, в свою очередь, привело к значительному материальному ущербу и человеческим жертвам [5].

В связи с этим представляет интерес рассмотрение возможных последствий таких паводковых наводнений и возможных землетрясений, приводящих к оползням, в курортных городах Кавказских Минеральных Вод и решение проблем по обеспечению безопасности населения особенно в весенне-летний период, когда происходит наибольший приток курортников.

Например, хотя г. Кисловодск пострадал от паводкового наводнения меньше других городов Кавказских Минеральных Вод в 2002 г., так как город в основном расположен на склонах гор, однако подъем воды в русле р. Ольховки, которая протекает по центру города и впадает в р. Подкумок, привел к затоплению свыше 1,5 м и размыву дорог. В результате размыва почвы на проезжей части образовалась огромная яма (рис. 2). Подъем воды и бурные потоки в русле р. Подкумок смыли автодорожный мост на въезде в город и частично разрушили железнодорожный мост, что привело к отсутствию движения поездов на этом участке на несколько дней.



Рис. 2. Последствия наводнения в г. Кисловодск (июнь 2002 г.)

6–7 июля 2012 г. в г. Крымск, расположенном на р. Адагум, в результате выпадения обильных осадков, произошло наводнение с высотой затопления от 4 до 7 м. В результате была затоплена половина города, пострадало более 24 тыс. чел. и около 4 тыс. домов.

В связи с этим так актуальна проблема обеспечения безопасности населения и сотрудников ГПС МЧС России в регионе и особенно в курортных городах в весенне-летнее время в периоды паводкового наводнения в районе Кавказских Минеральных Вод.

Рассмотрим последствия такого наводнения на основе существующих методик прогнозирования [7–12] в городах Кавказских Минеральных Вод (г. Пятигорск и г. Кисловодск), куда в этот период прибывает возросший поток отдыхающих. Более того, с 2002 г. количество санаториев, гостиниц, пансионатов, домов отдыха в этих городах увеличилось примерно в два раза.

Наиболее актуальными методиками прогнозирования последствий наводнений являются краткосрочные прогнозы вследствие более достоверных результатов [13, 14]. Проблема достоверного прогнозирования последствий паводкового наводнения в горных условиях заключена в сложности учета многофакторного влияния многих параметров, особенно при расчетах интенсивности таяния снега в горах при описании математической модели [13].

Анализ последствий паводковых наводнений предыдущих лет показал, что наибольшую опасность при паводковых наводнениях в г. Кисловодске представляет река Подкумок с впадающими в нее реками Березовая, Ольховка и Аликоновка.

Согласно гидрографической сети г. Кисловодска, Подкумок – река в Карачаево-Черкесской Республике и Ставропольском крае [5]. Она берёт начало на отрогах Скалистого хребта северного склона Большого Кавказа, впадает в р. Куму. Длина реки – 160 км, площадь бассейна – 2 220 км². Питание р. Подкумок смешанное, с преобладанием дождевого (49 %), а в маловодные годы – грунтового питания (до 50 %). Характерны для нее: весеннее половодье, многопиковые летние паводки, устойчивая осенне-зимняя межень. Сильное повышение уровня воды в реке приводит к катастрофическим последствиям. Площадь водосбора около 1 010 км². Глубина вреза долин от 10–20 м до 60–80 м. В северной части г. Кисловодска ширина реки от 100 м до 2 км, в центральной части города – от 30 м

до 300 м. При оценке последствий паводкового наводнения учитывают три надпойменные террасы. Первая надпойменная терраса расположена на высоте 5–7 м над уровнем воды в реке до затопления, углы наклона береговой черты 5–10°.

Рассмотрим возможные последствия паводкового наводнения в бассейне р. Подкумок.

Исходные данные для прогнозирования в г. Пятигорске:

- протяженность реки в пределах г. Пятигорска около 8 км, высота места $h_m = 5$ м;
- русло реки имеет форму равнобедренной трапеции (рис. 3) с шириной дна $a_0 = 16$ м, ширина реки $b_0 = 20$ м, глубина реки до наводнения $h_0 = 1,0$ м, скорость течения $V_0 = 0,5$ м/с, углы наклона береговой черты 10°;

- интенсивность таяния снега $J = 50$ мм/ч, площадь выпадения осадков (таяния снега) $F = 220$ км².

Исходные данные для прогнозирования в г. Кисловодске:

- русло реки в пределах г. Кисловодска, высота места $h_m = 5$ м, в сечении имеет форму равнобедренной трапеции (рис. 3) с шириной дна $a_0 = 26$ м, ширина реки $b_0 = 30$ м, глубина реки до наводнения $h_0 = 0,5$ м, скорость течения $V_0 = 0,5$ м/с, углы наклона береговой черты 5°;

- интенсивность таяния снега $J = 75$ мм/ч, площадь выпадения осадков (таяния снега) $F = 220$ км².

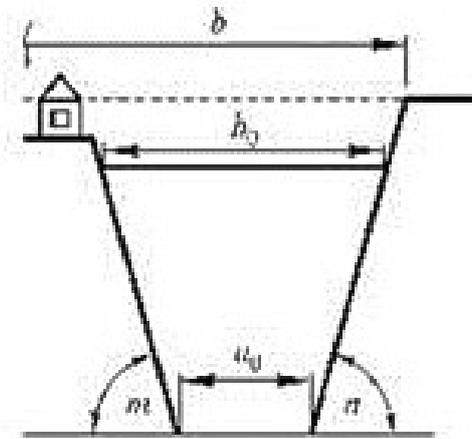


Рис. 3. Схема трапецидального сечения реки:

a_0 – ширина дна реки; b_0, b – ширина реки до и во время наводнения; h_0, h – глубина реки до и во время наводнения; h_3 – глубина затопления; h_m – высота места; m, n – углы наклона берегов реки

Оценка последствий паводкового наводнения осуществляется по рассчитанным поражающим параметрам наводнения: глубины затопления h_3 и максимальной скорости потока затопления V_3 .

Вначале определим расход воды в реке до наступления наводнения (паводка) в г. Пятигорске по формуле [11]:

$$V_0' = V_0 \cdot S_0 = 0,5 \cdot 0,5(16 + 20) \cdot 1,0 = 9,0 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где V_0 – скорость воды в реке до наступления паводка, м/с; $S_0 = 0,5(a_0 + b_0)h_0$ – площадь для трапецидального сечения русла реки до паводка, м².

Расход воды после таяния снега рассчитываем по формуле [11]:

$$V_{max}' = V_0' + JF/3,6 = 9 + 50 \cdot \frac{220}{3,6} = 3064,56 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

где V_0' – расход воды в реке до наступления наводнения (паводка), м³/с; J – интенсивность осадков (таяния снега), мм/ч; F – площадь выпадения осадков (таяния снега), км².

Тогда высота подъема воды в реке при паводке для трапецеидального сечения русла реки, согласно формуле [11], будет равна:

$$h = \left(\frac{2V'_{max} \cdot [(b_0 - a_0) / (ctgm + ctgn)]^{5/3}}{b_0 \cdot v_0} \right)^{3/8} - \frac{b_0 - a_0}{ctgm + ctgn} =$$

$$\left[\frac{2 \cdot 3064,56 \cdot [(20 - 16) / (2,0 + 2,0)]^{5/3}}{20 \cdot 0,5} \right]^{3/8} - \frac{20 - 16}{2,0 + 2,0} = 7,83 \text{ м},$$

где V'_{max} – расход воды после выпадения осадков (таяния снега) и наступления половодья (паводка), м³/с; b_0 – ширина реки до наводнения, м; a_0 – ширина дна реки, м; m, n – углы наклона берегов реки, град; h_0 – глубина реки до наводнения, м; v_0 – скорость течения воды в реке до наступления паводка, м/с.

$$ctg m = ctg n = (b_0 - a_0) / 2h_0 = (20 - 16) / 2 \cdot 1,0 = 2,0.$$

Таким образом, глубина затопления составит согласно формуле [11]:

$$h_3 = h - h_M = 7,83 - 5 = 2,83 \text{ м}.$$

Максимальную скорость потока затопления определим по формуле [11]:

$$V_3 = V_{max} f = 19,31 \cdot 1,1 = 11,34 \text{ м/с},$$

где $V_{max} = V'_{max} / S_{max} = 3064,56 / 297,22 = 10,31 \text{ м/с}$.

$$S_{max} = 0,5 \{ (a_0 + (b_0 + 2h_0 ctgm)) \} (h_0 + h) = 0,5 [16 + (20 + 2 \cdot 7,83 \cdot 2,0)] \cdot (1,0 + 7,83) = 297,22 \text{ м}^2.$$

Параметр $f = 1,1$ определялся по табл. 1 [11]:

Таблица 1. Значения параметра f

h_3/h	Сечение русла		
	прямоугольное	трапецеидальное	треугольное
0,1	0,2	0,23	0,3
0,2	0,38	0,43	0,5
0,4	0,6	0,64	0,72
0,6	0,76	0,84	0,96
0,8	0,92	1,05	1,18
1,0	1,12	1,2	1,32

Расчеты по последствиям паводкового наводнения при заданных параметрах для г. Кисловодска по принятым параметрам дают следующие результаты:

$$V'_0 = 7 \text{ м/с}, V'_{max} = 4590,33 \text{ м/с}, h_3 = h - h_M = 6,83 - 5 = 1,83 \text{ м}, S_{max} = 385,52 \text{ м}^2, V_3 = V_{max} f = 11,9 \cdot 1,1 = 13,09 \text{ м/с}.$$

Долю повреждений городской инфраструктуры определим по табл. 2 [11] при $V_3 = 11,34 \text{ м/с}$ ($13,09 \text{ м/с}$) в течение суток: возможно затопление подвалов зданий до 100 % на затопляемой территории, до 42 % разрушены уличные мостовые, до 70 % получают различные степени разрушения кирпичные здания, до 100 % в зданиях будет прервано электропитание и телефонная связь.

Таблица 2. Доля поврежденных объектов (%) в зоне затопления при крупных наводнениях ($V_3 = 3...4$ м/с)

Объект	Время затопления, ч					
	1	2	3	4	24	48
Затопление подвалов	10	15	40	60	85	90
Нарушение дорожного движения	15	30	60	75	95	100
Разрушение уличных мостовых	–	–	3	6	30	5
Смыв деревянных домов	–	7	70	90	100	100
Разрушение кирпичных зданий	–	–	10	40	50	60
Прекращение подачи электропитания	75	90	90	100	100	100
Прекращение телефонной связи	75	85	100	100	100	100
Повреждение газо- и теплоснабжения	–	–	7	10	30	70
Гибель урожая	–	–	–	–	3	8

Примечание: при $V_3 = 1,5...2,5$ м/с значения таблицы умножить на 0,6; при $V_3 = 4,5...5,5$ – умножить на 1,4

Расчеты показывают, что при повышенных величинах интенсивности таяния снега (обилия осадков), например $J=75$ мм/ч, возможно катастрофическое затопление в г. Пятигорске с $h_3 = 8,12$ м, которое может привести к людским жертвам и большому материальному ущербу.

Большое значение в целях спасения людей в таких случаях имеет организация своевременного предупреждения и оповещения населения, а также принятие превентивных мер защиты и мобилизации сил и средств для эвакуации людей, которая зависит от результатов краткосрочного и оперативного прогнозирования.

Как показывают исследования [6, 8], достоверные данные прогнозируемых последствий паводкового наводнения существенно зависят от точности определения интенсивности таяния снега и площади выпадения осадков. Определение этих параметров в основном осуществляется путем обработки данных метеостанций, расположенных на различных высотах склона гор, снегопунктов [15]. Однако непосредственное их измерение связано со значительными трудностями и опасностями. К тому же неравномерность распределения снега в горах бывает настолько высока, что редко расположенные снегопункты часто дают далекую от реальной величину снеготаяния для данной территории, что существенно влияет на расчеты величин интенсивности снеготаяния. Ошибки могут быть десятикратной величины [8, 16]. Часто заниженный диапазон высот метеостанций и их расположение в низинных частях бассейнов рек приводят к такому значительному разбросу. К тому же измерения снежного покрова по всему высокогорному бассейну произвести не удастся.

Поэтому особенностью существующих методов прогнозов паводкового наводнения является необходимость иметь достаточный временной ряд наблюдений порядка 5–6 лет для проверки полученной прогностической зависимости.

Для горных рек рассматриваемого региона подходит модель формирования стока горных рек Гидрометцентра СССР, которая учитывает особенности горных водосборов по высоте и с преобладанием стока с горных склонов в слое рыхлых отложений [16]. Однако она базируется на основе использования при расчетах ежесуточных данных о жидких и твердых осадках, температуре и дефиците влажности воздуха, запасах воды в снежном покрове и распределении площади снежного покрова по высотным зонам на начало половодья.

Пути повышения безопасности населения в условиях паводкового наводнения в данном регионе:

1. Дальнейшее совершенствование краткосрочных прогнозов на основе получения более достоверных данных от метеостанций и снегопунктов. В этих целях целесообразно определение оптимального состава метеостанций и размещение их по склону гор с учетом особенностей рельефа. В целях своевременного оповещения и принятия экстренных мер

по эвакуации целесообразна разработка оперативных прогнозов на базе получения онлайн данных не только с имеющихся стационарных средств гидрометцентра, но и с привлечением спутниковых данных и беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) сил и средств МЧС России. В связи с этим следует усилить оснащение подразделений спасательных средств МЧС России в данном регионе БПЛА и подготовку обслуживающего состава с учетом специфики осуществления разведки в горах данного региона.

2. Совершенствование системы оповещения населения путем использования способа прогнозирования времени наступления и уровня паводков на основе использования математической модели нейронной сети (патент 2010140576/08 от 10 апреля 2010 г. Т.П. Варшанин, О.А. Плисенко, В.Н. Коробков) и доведения сигналов посредством громкоговорящей и мобильной связи.

3. На основе многолетних исследований, проведенных по оценке масштабов и опасности произошедших наводнений в данном регионе, спланировать строительство быстровозводимых заграждающих дамб в окрестностях города.

4. В целях снижения интенсивности таяния снега предусмотреть предварительный спуск лавин в горах силами противолавинной службы.

5. В жилых домах, санаториях, которые могут быть подвержены угрозе затопления подвальных помещений и нижних этажей, заблаговременно обеспечить людей достаточным количеством спасательных жилетов, материальных средств первой необходимости.

6. В планах эвакуации людей предусмотреть подготовку маршрутов, транспорта и мест для проживания эвакуируемых с учетом прибывающих курортников.

7. Оснастить подразделения спасательных сил МЧС России в данном регионе транспортом, способным доставлять гуманитарную помощь в районы затопления и экстренно эвакуировать население. Транспорт должен иметь максимальную проходимость на подъёмах против течения реки.

Литература

1. Guidelines for Reducing Flood Losses. United Nations, 2002. 79 p.
2. О состоянии защиты населения и территорий Карачаево-Черкесской Республики от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2009–2015 гг.: доклады. Черкесск: Главное управление МЧС России по Карачаево-Черкесской республике, 2010–2016.
3. О состоянии защиты населения и территорий Кабардино-Балкарской Республики от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2009–2015 гг.: Государственные доклады. Нальчик: Главное управление МЧС России по Кабардино-Балкарской республике, 2010–2016.
4. О состоянии защиты населения и территорий Республики Дагестан от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2009–2015 гг.: Государственные доклады. Махачкала: Главное управление МЧС России по Республике Дагестан, 2010–2016.
5. О состоянии защиты населения и территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера по Ставропольскому краю за 2009–2015 гг.: доклады. Ставрополь: Главное управление МЧС России по Ставропольскому краю, 2010–2016.
6. Масштабы и опасность наводнений на Северном Кавказе / В.В. Разумов [и др.] // Науки о земле. Наука, инновации, технологии. 2018. № 1.
7. Жидков А.П., Нечаева Н.С. Методические указания по разработке схем краткосрочных прогнозов расходов воды рек и притока воды в водохранилище в период половодья на основе моделей талого стока (на примере бассейна р. Волги). Госкомитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1982.

8. Борщ С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. Система прогнозирования паводков и раннего оповещения о наводнении на реках черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани: труды гидрометеорологии науч.-исслед. центра Рос. Федерации. Гидрологические прогнозы. 2015. Спец. вып. 356.
9. Manual on Flood Forecasting and Warning // WMO No. 1072. Geneva, 2011. 138 p.
10. Koren V.I., Barret C.B. Satellite based, distributed monitoring, forecast, and simulation (MFS) system for the Nile River // Workshop on Application of Remote Sensing in Hydrology, NHRI Symp. 14, Saskatoon, Canada, NHRI, 1994. P. 187–200.
11. Андронников В.В., Савченко П.Д. Методика прогнозирования наводнений // Пожарная безопасность: Проблемы и перспективы: сб. трудов III Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж.: Воронежский ин-т ГПС МЧС России, 2012.
12. Studies in Mountain Hydrology / ed. A. Herrmann, U. Schröder. HP/HWRP Berichte, Heft 2. Koblenz, 2004. 104 p.
13. Мухин В.М. Методические основы физико-статических видов краткосрочных прогнозов стока горных рек. Гидрометеорологический науч.-исслед. центр Рос. Федерации, Гидрометеоиздат, 2013.
14. Koren V.I., Reed S., Smith M., Zhang Z., Seo D.J. Hydrology laboratory research modeling system (HL-RMS) of the US national weather service // Journal of Hydrology. 2004. Vol. 291. P. 297–318.
15. РД 52.08.730-2010. Производство наблюдений над интенсивностью снеготаяния и водоотдачей из снежного покрова // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.05.2021).
16. Пьянков С.В., Шавнина Ю.Н., Шахов А.Н. Математико-картографическое моделирование процессов снеготаяния // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Белов Андрей Сергеевич – доц. каф. естеств.-науч. и спец. дисциплин Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), канд. техн. наук;

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

Ефремов Роман Викторович – студент ин-та заоч. и дистанц. обучения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Зелинская Ирина Алексеевна – ст. препод. каф. переподгот. и повыш. квалификаци спец-тов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Иванов Алексей Владимирович – доц. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Кадочникова Елена Николаевна – доц. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Кисляков Роман Аркадьевич – студент ин-та заоч. и дистанц. обучения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Князев Александр Андреевич – студент ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Кулёк Николай Владимирович – ст. препод. каф. спец. подгот. Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27);

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

Минкин Дмитрий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Однолетко Александр Викторович – студент ин-та заоч. и дистанц. обучения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Осипчук Игорь Васильевич – зам. нач. ун-та по платной деятельности – ректор ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук, доц.;

Попов Денис Евгеньевич – студент ин-та заоч. и дистанц. обучения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Савчук Олег Николаевич – проф. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Самигуллин Гафур Халафович – проф. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

Троянов Олег Михайлович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

Широухов Александр Валерьевич – доц. каф. механики и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Широухов Даниил Александрович – студент фак-та экон. и права 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 обучались все пожарные специалисты страны.

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

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

Начальник университета – генерал-майор внутренней службы, кандидат технических наук, доцент Гавкалюк Богдан Васильевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем, организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России.

Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего

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

В составе университета:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом.

В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

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

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

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

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

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

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

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

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

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

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

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

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



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются куратору журнала. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) **электронной версией** статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) **плата** с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, **интервал 1,5**, без переносов, в одну колонку, **все поля по 2 см**, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: УДК (универсальная десятичная классификация); название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии **авторов (не более трех)**; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

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

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

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

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

6. Оформление библиографии (списка литературы):

Список литературы должен содержать не менее 10 источников. При этом в него не следует включать ссылки на учебники, учебные пособия, патенты, ГОСТы, приказы, распоряжения и другие нормативные документы, сайты компаний и т.п. Информация о них должна быть дана непосредственно по тексту или в сносках. Если статья рассматривает проблемы нормирования, то нормативные документы допускается включать в Список литературы.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок. Не более половины от оставшихся 70 % должны составлять статьи из русскоязычных научных журналов, остальное – другие первоисточники на русском языке.

В списке литературы должно быть не более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикациям цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных (в поиске DOI поможет сайт: URL: <http://www.crossref.org/>).

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее половины современных (не старше 7 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

Правила оформления списка литературы:

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

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

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.
2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.
4. Грждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневой опасности: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.
5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.
6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).
7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

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

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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

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

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

Научно-аналитический журнал

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

№ 2 (38) – 2021

Выпускающий редактор
А.В. Домничева

Подписано в печать 28.05.2021. Формат 60×84_{1/8}
Усл.-печ. 8,5 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 98

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