

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТЕХНОСФЕРЕ**
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT
№ 1 (45) – 2018

Редакционный совет

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

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

Члены редакционного совета:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Секретарь совета:

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

Редакционная коллегия

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Секретарь коллегии:

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

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

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

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

Периодичность издания журнала – ежеквартальная

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Захматов В.Д., Клейменов А.В., Пророк В.Я. Анализ разработок специальных пожарных машин для защиты объектов нефтегазового комплекса (Часть 2)	6
Кузьмина Т.А., Кузьмин А.А., Пермиков А.А. Расчет параметров воздухообмена при пожаре в ограждениях на объектах нефтегазового комплекса	15

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Дорохова О.В., Сметанкина Г.И., Войтенко О.В. Особенности, возникающие при производстве дознания по пожарам	25
Шарапов С.В., Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Расчет диаграммы направленности теплового излучения через проемы в ограждениях при пожаре на предприятиях нефтегазового комплекса	29

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

Савчук О.Н. Обеспечение химической безопасности населения при перевозке аварийно химически опасных веществ железнодорожным транспортом в случае угроз террористических актов	36
Седнев В.А., Лопухова Н.В. Технические решения по обеспечению электробезопасности при использовании автономных источников электрической энергии для электроснабжения пожарно-технических средств	43
Троянов О.М., Рева Ю.В., Комашинский В.И. Управление рисками чрезвычайных ситуаций	48
Дмитриев А.И., Виноградов В.Н. К вопросу опасности и перспективах развития зарядных систем для электромобилей	55
Бызов А.П., Фомин А.В. К вопросу об определении величины индивидуального риска на реконструируемых опасных производственных объектах	61
Елисеев И.Б., Сай В.В., Турсенев С.А. Определение расчетных величин пожарного риска в двухэтажных пассажирских вагонах	66

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Тарима С.В., Родионов В.А. Анализ пожароопасных свойств отложений каменноугольной пыли на горнопромышленном транспорте	73
Андрюшкин А.Ю., Кадочникова Е.Н., Пугачев С.А. Нанесение полимерных покрытий сверхзвуковым газодинамическим напылением, повышающим безопасность объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов	79
Сорокин А.Ю., Таранцев А.А., Нефедьев С.А. Моделирование управления электростатической безопасностью при обращении углеводородных жидкостей путем их модификации углеродными наноразмерными компонентами	86
Преснов А.И., Печурин А.А., Данилевич А.В. Пожарные автоподъемники: исторические аспекты, технические данные, конструктивные решения	93

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Лабинский А.Ю. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием нейронных сетей	105
Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Особенности модификации процедур морфологического анализа технических систем	112

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Чубарев К.С., Куслин И.А. Совершенствование ассистанских услуг для автовладельцев в России	121
Седнев В.А., Кудрин Б.И. Об устойчивости развития экономики и общества	125

ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО. ОХРАНА ТРУДА

Булатов В.О., Комаров М.И. О необходимости внесения изменений в штатную экипировку пожарно-спасательных подразделений МЧС России для выполнения задач по прямому предназначению в зонах вооруженных конфликтов	133
---	-----

Сведения об авторах	142
----------------------------------	-----

Информационная справка.	145
-------------------------------------	-----

Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере».	150
---	-----

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

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

ББК 84.7Р

УДК 614.84+614.842.84

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

ISSN 1998-8990

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

АНАЛИЗ РАЗРАБОТОК СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ МАШИН ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА (ЧАСТЬ 2)

В.Д. Захматов, доктор технических наук, профессор;
В.Я. Пророк, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
А.В. Клейменов, доктор технических наук.
Дирекция нефтепереработки ПАО «Газпром нефть»

Техника импульсного тушения разработана для защиты взрывоопасных военных и промышленных объектов: в первую очередь нефтегазовых и близких к ним по условиям развития и тактике тушения пожаров химических объектов. Эти машины пригодны для тушения пожаров классов А, В, С в различной стадии развития в условиях промышленных аварий, катастроф, а также диверсий и военных действий. Описаны варианты промышленного производства новых пожарных машин в Китае, России, Чехии. Обоснованы перспективы их продажи на различных регионах мирового пожарного рынка и практического применения.

Ключевые слова: автоцистерны, насосные машины, многоствольный модуль универсального, залпового распыления, бронированные гусеничные и колесные шасси, комбинированное тушение, гибко управляемая, дистанционная подача огнетушащих составов

ANALYSE OF DEVELOPMENT OF SPECIAL FIRE-MACHINES FOR FIRE-PROTECTION THE OBJECTS OF OILGAS INDUSTRY (PART 2)

V.D. Zakhmatov; V.Ya. Prorok. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
A.V. Kleymenov. Directorate of oil refining PSC «Gazprom нефть»

The technique of impulse extinguishing is designed to protect explosive military and industrial facilities: primarily oil and gas and close to them in terms of development and tactics of fire fighting chemical facilities. These machines are suitable for extinguishing fires of classes А, В, С in different stages of development in industrial accidents, disasters, as well as sabotage and military operations. The variants of industrial production of new fire engines in China, Russia, Czech Republic are described. Prospects are proved their sales in various regions of the world, fire market and practical application.

Keywords: tankers, pumping machines, multi-barrel universal module, volley spraying, armored tracked and wheeled chassis, combined extinguishing, flexibly controlled, remote supply of fire extinguishing compositions

Продолжаются работы по совершенствованию многоствольных систем для повышения определяющих огнетушащую эффективность основных тактико-технических характеристик (ТТХ): масса метаемого огнезащитного состава (ОЗС), начальная скорость распыления, время перезаряжания, безотказность, надежность работы, дальность, проникающая способность, площадь фронта распыленного огнетушащего состава (ОС). Установлены оптимальные калибр и длина ствола, разработана компоновка многоствольных модулей (ММ), созданы элементы раздельно-гильзового заряжения: вышибной заряд и герметичная цилиндрическая емкость-гильза, обеспечивающая быстрое заряджение в ствол и долговременное гарантированное до 10–15 лет хранение ОС: порошка, геля, жидкости, с различными: дисперсностью, удельным весом, плотностью, вязкостью, смачиваемостью, химической активностью. Это позволяет сосредотачивать достаточные запасы огнетушащих боеприпасов (ОБ) в пожарных частях, монтировать заряженные ММ на многих опасных участках, сравнительно легко и просто обеспечивать их многолетнее нахождение в режиме ожидания. Тонкодисперсное, высококонцентрированное распыление ОС мощными, скоростными газовыми потоками обеспечивает их высокоэффективное использование в глубине слоя раскаленного-обугленного горящего материала, сочетая разрушение и охлаждение объема зон горения и подготовки горения, включая горящие конструкции со сложной конфигурацией поверхности [1].

При экспериментах и реальном применении пламя и дым сбивались полностью с наружной поверхности, газокапельные (порошковые), высокоскоростные вихри проникли внутрь технологической установки по щелям различной ориентации. Во всем объеме установки и вокруг была создана плотная газопорошковая среда «Колпак» с объемной концентрацией ОС, достаточной для тушения. За 5–6 мин был перекрыт доступ кислорода к горящим поверхностям, а огнетушащая газодисперсная среда проникла внутрь по путям естественного подсоса кислорода в очаг пожара [2].

Для достижения наибольшего эффекта первый и второй залп осуществили водой по пять стволов из двух нижних ствольных рядов установки – огнетушащий газовойдяной шквал плотно заполнил все пространство зоны горения внутри штабеля и эффективно потушил пожар. При варианте тушения только порошком необходимы дополнительные залпы «шквалом» – вихрем тонкораспыленной воды или продолжительная подача воды из традиционных ручных или лафетных стволов, так как без достижения достаточно полного охлаждения обугленной древесины не может быть достигнуто окончательное тушение. Например, после двух залпов порошковыми вихрями (пыльные «смерчи») и рассеяния образовавшегося газопорошкового облака дотушивание может осуществить пожарный с ручным стволом, заливая источники дыма – потенциальные очаги повторного возгорания [3]. На рис. 1 показано тушение локальных очагов класса В на дистанции до 110 м залповым распылением 200 кг порошка из 10 стволов, тушение очага класса В площадью 200 м² с дистанции 60 м (г. Черкассы, 1994).



Рис. 1. Тушение очагов пожара ГПМ «Импульс-3М»

Водяные шквалы тушат быстрее и эффективнее, но дальность тушения порошкового смерча в 1,5–1,7 раза выше. Для тушения развитого пожара с сильным теплосветоизлучением и высокой вероятностью взрывов, сначала с дальней, безопасной дистанции создают пороховый вихрь, сбивающий пламя, снижающий тепловое излучение и обеспечивающий подход ММ на дистанцию действия водяного шквала, быстро осаждающего пороховое облако, обеспечивающего видимость для прицельных шквалов по интенсивно дымящимся, вновь возгорающимся фрагментам штабеля [4].

Тушение сложной поверхности горения компактными струями воды длительно и требует большого количества автоцистерн. Часто объект полностью разрушается в период тушения. Применение автомобилей газовой воды тушения (АГВТ) для обширных площадей горения неэффективно – тушение локально, а раздутие пламени мощным спутным потоком воздуха происходит на большей площади. В результате вокруг относительно небольшой зоны тушения существовала в три–пять раз большая зона с интенсифицированным горением с большим белым пламенем, в результате чего суммарное воздействие можно было классифицировать как не только не эффективное тушение, но сильно способствующее усилению горения, и, как следствие, переходу горения во взрыв, способный уничтожить машины с пожарными. Анализ результатов экспериментов показал: наиболее эффективно импульсное тонкодисперсное распыление воды сразу по всей или большей части площади горения, с мощным проникающим эффектом, обеспечивающим тотальное разрушение, охлаждение и разбавление конденсированной зоны горения [5].

Разработка многоствольных установок на шасси лафетов, грузовых автомобилей, танков и унитарных герметичных патронов с различными огнетушащими составами позволило реализовать комбинированный способ импульсного тушения. Первые два залпа порошком по 150–250 кг из 8–10 стволов (15–25 кг порошка в каждом стволе) осуществляется с дальней дистанции и обеспечивает сбивание пламени, локализацию очага, снижают температуру в горящей конструкции, ликвидируют возможность развития горения во взрыв. Снижение интенсивности теплоизлучения снижает вероятность взрыва, позволяя многоствольной установке быстро подъехать к штабелю и с расстояния 15–20 м осуществить один-три залпа распыленной водой. Туманообразный, оптически плотный, мощный, скоростной шквал с широким фронтом окутывает установку, проникает внутрь ее и обеспечивает мощный объемный и поверхностный охлаждающий эффект по всей площади горения. Последний залп можно сделать пенообразователем или загущенной жидкостью, налипающей на потушенные нагретые поверхности, изолируя их от притока тепла, окислителя и окончательно ликвидируя возможность повторного воспламенения.

Для машины «Импульс 3М» наиболее мощным является залп из 10 стволов, способный за 1–2 с сбить пламя на площади от 500 до 1 100 м², без перезарядки машина осуществляет пять таких залпов. Экспериментально установлены предельные дальности тушения такими залпами: до 50 м по разливам нефтепродуктов, до 70 м – штабель дерева, до 100 м – газовый фонтан дебитом до 1х10⁶ м³ и давлением до 140 атм. Эксперименты с упомянутым газовым фонтаном позволили определить примерную вероятность тушения фонтана – с дистанции 25 м – 100 %, с дистанции 50 м – до 80 %, с дистанции 75 м – до 60 %, с дистанции 100 м – до 40 %. Основную роль на определение вероятности тушения играла аэродинамическая обстановка в на траектории движения потока и наличие отражающих конструкций вокруг скважины. Слитный залп из двух установок «Импульс 3М» по 10 стволов каждая обеспечивает 100 % тушение газового фонтана дебитом до 2,5х10⁶ м³ давлением до 200 атм с дистанции 50–75 м и 60 % тушение с дистанции 100 м.

Убедительно преимущества импульсного тушения продемонстрированы в Варвинском районе Черниговской области. Тушилась высокодебитная газовая скважина 1,5х10⁶ м³, давлением до 150 атм, состоящая из трех струй газа – вертикальной и двух горизонтальных, направленных в диаметрально противоположные стороны. Длина факелов пламени составляла 15–20 м, а максимальный диаметр до 2,5 м. Сначала скважину с дистанций от 15 до 30 м безуспешно тушили две пожарные машины с насосами и лафетными стволами интенсивностью

подачи 60 л/с австрийской фирмы «Розенбауэр», смонтированные на шасси «КАМАЗ», шесть переносных лафетных стволов интенсивностью подачи воды 20 л/с от двух насосных пожарных машин, обслуживаемые 25 пожарными, работающими в высокоопасной зоне. За 15 мин интенсивной работы было выпущено по фонтану более 220 т воды, но было лишь кратковременное тушение не более одной струи, если по ней сосредоточивали воздействие все стволы. Однако после переноса струй воды на другую газовую струю, ранее потушенная, быстро повторно воспламенялась. На втором этапе машины «КАМАЗ» заменила порошково-пневматическая пожарная машина АП-5 с 5,5 т огнетушащего порошка и лафетным стволом интенсивности подачи до 50 л/с и дальностью тушения до 20 м. АП-5 выбросила весь запас порошка с максимальной интенсивностью подачи за 2 мин с одновременно работающими шестью переносными лафетными стволами (120 л/с воды суммарно), однако не было достигнуто тушения не только трех струй, но даже ни одна не была временно потушена. Затем на смену АП-5 вступила в действие АГВТ-150 – газоводяная машина с газотурбинными, авиационными двигателями, распыляющими до 90 л/с воды в виде мощного, газоводяного потока диаметром до 5 м, дальностью тушения до 30 м. При этом достигалось, как и в первом случае, временное тушение только одной струи, пока на нее непосредственно воздействовал газоводяной поток. Таким образом, попытки тушения скважины были неудачны, несмотря на интенсивную работу четыре-шесть машин и 25–40 пожарных в опасной зоне в течение 25 мин и использовании более 500 т воды и 5,5 т порошка.

Удачная атака осуществлена ГБПМ «Импульс-3М» с дистанции 40 м всего лишь одним залпом из десяти стволов, распылившим 200 кг ОП – в виде мощного, газопылевого вихря диаметром до 5 м, потушившего прямым воздействием за 1 с две горизонтальные струи и через 3–4 с вертикальную струю за счет эффекта эжекции этой струей газопорошкового облака, образовавшегося после тушения двух горизонтальных струй (рис. 2).



Рис. 1. Установка «Импульс-3» с дистанции 50 м здійснює прицілювання по багатофаксальному газовому фонтану дебітом 3 млн. м³/добу, тиск 120 атм.



Рис. 2. Багатофаксальний високодебітний газовий фонтан загашено з дистанції 50 м одним залпом.

Рис. 2. Тушение за 1 с трехструйной газовой скважины дебитом 1,5 млн м³, давлением 150 атм с дистанции 40 м одним залпом из 10 стволов, распыляющим 200 кг огнетушащего порошка

Данный опыт был повторен еще три раза. Во втором и третьем экспериментах все три газовые скважины были потушены одним залпом с прицелом, измененным по вертикали. В четвертом эксперименте первый залп потушил горизонтальные скважины, а второй через 10 с потушил вертикальную скважину. Во всех случаях повторных воспламенений не было.

Позднее проводилась серия экспериментов тушения трехструйной скважины залпами по 10 стволов с дистанции 50 м с изменением углов горизонтального и вертикального наведения. В четырех случаях было достигнуто полное тушение, два залпа загасили вертикальный фонтан, два залпа – по два горизонтальных фонтана, один залп загасил один горизонтальный фонтан. Эти эксперименты позволили определить оптимальные параметры подготовки залпов: взаимную расстановку стволов, участвующих в залпе, горизонтальное и вертикальное их наведение при тушении горящего фонтана, расположенного на открытой поверхности.

Возимые на прицепах 9–16-ствольные модули могут иметь продажную стоимость в пределах 5–15 тыс. долл. при массовом производстве, машина «Импульс-3М» стоит до 100 000 долл. 30 и 40-ствольные модули на колесных шасси имеют в 1,5–2 раза меньшую себестоимость, чем традиционные пожарные машины на таких же шасси. Прицепные многоствольные установки могут транспортироваться к горящему штабелю стандартными пожарными и другими машинами, которые могут быстро доставить установку на позицию тушения, а сами удалиться в безопасное место. Все виды ММ залпового распыления уже выпускались и могут быть выпущены на заводах без импортных комплектующих. Вполне реально за один–два года оснастить этими установками наиболее крупные и опасные газонефтяные объекты, а за пять–восемь лет все остальные объекты в стране.

Известны опытно-промышленные образцы многоствольных импульсно-распылительных установок (рис. 3) на колесных и гусеничных шасси. В г. Нижнем Новгороде на ГАЗ разработана (на базе опыта «Импульс-3М») 22-ствольная установка «Ветлуга» (рис. 3а) распыления порошка выстрелом. Однако она лишена главных достоинств: «Импульс-3М» – не может создавать мощные огнетушащие вихри, так как залповое распыление возможно не более чем из двух стволов на дальность до 40 м, не распыляются жидкости, вязкие составы (наиболее эффективные для тушения) и природные материалы. ВНИИПО создал пятиствольную установку на базе патронных огнеметов (рис. 3б), которая сложна в эксплуатации и распыляет выстрелом только очищенную воду с пенообразователем на дальность до 60 м при залпе из двух стволов. Пятиствольная, пневмоимпульсная, порошковая установка (рис. 3в) выбрасывает одновременно 200 кг порошка, но только из одного ствола, обеспечивая дальность тушения не более 30 м. Невозможно осуществить залповое распыление порошка, поэтому возможности установки очень ограничены. Длительно и трудоемко перезаряжание установки – по 40 мин на каждый ствол [4].



Рис. 3. а) импульсная 22-ствольная распыляющая порошок выстрелом и минизалпом двух стволов установка «Ветлуга» (производство ГАЗ);
б) пятиствольная установка порошкового распыления воды на базе танковых огнеметов (ВНИИПО, Москва);
в) пятиствольная пневмо-импульсная порошковая установка (г. Харьков, завод им. Малышева)

Современный этап развития проекта. Опытно-промышленная партия ГБПМ «Импульс-3» испытана с 1992 г. на практике эксплуатации в военизированных пожарных частях (ВПЧ) Украины (семь машин) и России (12 машин), защищающих нефтегазовые, химические, энергетические (атомные) объекты, шахты, в том числе в условиях Крайнего Севера (г. Норильск). Собраны сведения об опыте эксплуатации, включая участие в тушении пожаров и ликвидации последствий аварий и катастроф, полигонных испытаний «Импульс-3», замечания членов экипажей этих машин и руководителей военизированных пожарных частей (ВПЧ). Системный анализ данных позволил разработать техническое задание (ТЗ) на конструирование новой «Импульс-Х» на колесном шасси, которая может стать новой пожарной машиной с многократно большим рынком сбыта. В Китае, при научном руководстве В.Д. Захматова, реализованы и успешно испытаны модули 9, 20, 30 стволов (рис. 4) с учетом всех недостатков машин «Импульс-3М», выявленных в процессе эксплуатации с 1993 г.

в объектовых ВПЧ России и Украины. Сравнительные параметры вышеперечисленных пожарных машин на военных шасси и перспективного проекта показаны в таблице.



Рис. 4. Многоствольные модули Китая, распыление 54 л воды на 65 м

Таблица. Сравнительные параметры пожарных машин на колесных и гусеничных военных шасси

Виды =>/ Параметры	Гидравлика традиционные // Импульсная пневматика							Холостой патрон	
	ГПМ-54 Укр-РФ	SPOT-55 Чехия	МТЛБ Укр	Т-119 Китай	5-ствол. порош Укр	IFEX- Лео пард Герм	5-ствол. водо- мет Т-55 РФ	Ветлуга Россия	Импульс-3м // ММК-Дана
М _{общ} , т	43	42,5	40	18	31	45	43	25	36 // 25,6
L _{туш} , М	15–20	50	15–20	35	30	45	40	50	80–150
V _{подачи} , кг/с	40	2х70	40	60	20	20	20	30	20–300
S _{туш} , м ²	180–200	300–400	200–250	150	350	1 500	1 500	250–300	2 000–5 000
М _{ос} , т	9+1,5 м ³ пена+ 0,3 м ³ ОПС	11,8+ 1,8 м ³ пена+ 0,5 м ³ ОПС	10	5	9	10	10	330	1 000–2 000
Распыляе- мый огне- тушащий состав	Радиус марша 250 км Порошок Вода очищенная и с пенообразователем							Вода, раствор, гели вязкие, порошки, пыль песок, грязь	
Врем _{перез} без перезаря- жения, мин	60	60	25	25	200	35	30	25	35–40
Цена тыс. долл. США	110	390	145	120	350	1 200	250	200	100 // 850
Тактико- техни- ческие характерис- тики	Ограниченно применяются пожарными из-за сочетания низких ТТХ: тяжелы, маломаневренны, малоэффективны для тушения, сложны в управлении, маловероятно тушение развитых пожаров, особенно в труднодоступных зонах из-за больших удельных расходов ОС, низкой дальности тушения, отсутствия систем защиты экипажа с целью увеличения возимого запаса ОС, дороги в производстве и работе. Сложно достигается тушение и длительно перезаряжаются. Ремонтируются только высококвалифицированными специалистами от фирмы-изготовителя							Мало- мощный распыл залпом, малые радиус, эффектив- ность тушения	Безопасное дальнее туше- ние. Автоном- ное масштабное тушение в безводной местности, зонах катастроф, маневренное шасси

Сокращения: ОС – огнетушащий состав; ОПС – порошковый ОС; М – масса; V_{туш}, L_{туш}, S_{туш} – скорость, дальность, площадь тушения; V_{перезар.} – время перезаряжения

Для реализации проекта по созданию ММ колесной в Европе наиболее целесообразно выбрать шасси самоходных, башенных, артиллерийских машин «Дана» или «Сюзанна» по ряду причин:

1) относительно недорогое шасси «Татра-Колос» (рис. 5а) высоконадежное, проверенное многолетней эксплуатацией;

2) САУ «Дана» (рис. 5б) производится совместно в Чехии и Словакии и продана во многие страны мира;

3) шасси САУ «Дана» приспособлено для многократного воздействия сильной отдачи при выстреле из пушки снаряда весом до 40 кг с начальной скоростью до 860 м/с на дальность до 30 км. На рис. 5в показан эскиз компоновки ММ-50 на шасси «Дана». По импульсу силы отдачи это примерно соответствует распылению 250–300 кг ОС, в зависимости от их вида и плотности. В новой распылительной «артиллерии» свои закономерности, не соответствующие традиционной и составляющие «ноу-хау» для быстрой разработки, организации производства и сертификации на мировом пожарном рынке новой пожарной машины, перспективной для массовой продажи. Примерные характеристики: боевая башня «Дана» весом 11 т снята, поставлен 80–100-ствольный модуль весом 10 т с управлением из кабины, включая 2 т огнетушащего состава по 40 кг в каждом стволе калибром 250 мм, при залпе из 6–10 стволов дальность распыления – от 80 до 150 м, площадь распыления – 1 000–1 500 м², площадь эффективного тушения – от 700 до 1 200 м² за 1–2 с.



Рис. 5. а) шасси тяжелого грузового автомобиля «Татра-Колос»; б) САУ «Дана»(Сюзанна); в) эскиз монтажа ММ-50 на шасси «Дана»

Имеющийся опыт производства «Даны» и «Сюзанны» дает основания для того, что проект ММК будет не только успешен, но и не потребует много времени – возможно, не более года, и относительно небольшого финансирования. В противном случае проектирование, изготовление, монтаж и особенно испытания посадочного места под ММ на любом, другом шасси потребует не менее 2–4 лет напряженной работы, тысяч полигонных испытаний и многомиллионного финансирования в евро.

Исходными данными для определения финансирования проекта могут быть данные по проекту «Импульс-3». Данный проект выполнялся в период 1988–1991 гг. с общим финансированием 2,15 млн руб. Эта относительно небольшая сумма и короткий срок проектирования и изготовления могли быть только за счет того, что ММ проектировалась под готовое посадочное место для орудийной башни на шасси Т-62. Максимальное количество стволов в залпе определялось, исходя из их откатного усилия от выстрела танковой пушки. За время выполнения работ по проекту были изготовлены и испытаны на полигонах экспериментальные и опытно-промышленные образцы: «Импульс-1», «Импульс-2», «Импульс-2м», «Импульс-3», «Импульс-3М». После окончания проекта изготовлено 30 машин с себестоимостью (заводской стоимостью) 35 680 долл. (ам. долл.), проданных на Украине, в Россию и Йемен по цене от 50 000 долл. до 200 000 долл.

В России производится, в странах СНГ ремонтируются системы залпового огня (РСЗО): машина «Бастион-01(02)» с 40-ствольной РСЗО – БМ-21 «Град», калибр стволов 120 мм и машина «Бастион-3» с 16-ствольной РСЗО 9К57 «Ураган», калибр стволов 220 мм [5]. Последняя машина по мощности откатных усилий при залпе их двух стволов сопоставима

по мощности отдачи с залпом из четырех стволов «Импульс-3». На рис. 6 показаны менее перспективные для монтажа ММ безбашенные колесные САУ, а также БМП-КСАУ «Атом» («Уралвагонзавод»), отличающийся от классической БМП большей высотой, весом до 32 т из-за мощного бронирования (рис. 6 а). Первая российская КСАУ-БМП с автоматической 57 мм башенной пушкой, экипаж – 11 человек, включая десант, высаживаемый через специальную заднюю аппарель, и четыре люка в крыше. Как показал опыт, из-за большой высоты монтажа, относительно малого диаметра посадочного, башенного места и ограниченного уровня воспринимаемой отдачи – попытка монтажа импульсно-распылительного ММ на шасси БМП – «Ветлуга» (рис. 6 а) была неудачной из-за ограниченной мощности залпа не более двух стволов. Посадочное место на колесном шасси РСЗО (рис. 6 б) не рассчитано на большую отдачу при распылении жидких и порошковых ОС.



Рис. 6. Возможные шасси для монтажа ММ:
а) российская колесная САУ «Атом» («Уралвагонзавод») с 57 мм пушкой;
б) боевая машина РСЗО «Бастион-3»

Теоретически и, главное, многократными полигонными экспериментами установлено: дальность и масштаб залпового распыления сыпучих и жидких ОС пропорциональны в определенных диапазонах количеству и взаимной расстановке стволов, участвующих в одном залпе. Методика залпового распыления и управления параметрами распыления успешно реализована в «Импульс-3М» на шасси Т-62. Поэтому новая колесная ММ может быть создана только на базе башенной САУ, например колесной «Дана», «Сюзанна» или шасси аналогичной российской машины.

Опыт работы с «Импульс-3М» позволил установить следующие параметры одного залпа из 10-стволов калибра 200 мм:

1) при распылении из каждого ствола по 20 кг огнетушащего порошка марок ПСБ-3 или Пирант – дальность до 120 м, ширина фронта огнетушащего потока от 1,5 м до 12 м, площадь сбития пламени с возможными повторными воспламенениями до 950–1 000 м², включая площадь окончательного тушения до 600–700 м² (рис. 6 а);

2) при распылении из каждого ствола по 10 кг воды – дальность до 75 м, ширина фронта огнетушащего потока от 1,5 м до 15 м, площадь сбития пламени с возможными повторными воспламенениями до 750–800 м², площадь повторными воспламенениями до 750–800 м², площадь окончательного тушения до 400, окончательного тушения – до 400–500 м² (рис. 6 б).

Для новой ММК-«Дана» могут быть примерные характеристики: боевая башня САУ «Даны» весом 11 т снята, поставлен 80–100-ствольный модуль весом 10 т с управлением из кабины, включая 2 т огнетушащего состава по 40 кг в каждом стволе калибром 250 мм, при залпе из 6–10 стволов дальность распыления от 80 до 150 м, площадь распыления 1 000–1 500 м², площадь гарантированного тушения от 700 до 1 200 м² за 1–2 с. При старом, хорошо испытанном калибре стволов 200 мм в модуле может быть 80–100 стволов, с массой ОС в каждом стволе до 25 кг и 1–2 кратным запасом контейнеров в стеллажах, запасом до 1 000 компактных, гильзовых распылительных зарядов в стеллажах для распыления из стволов природных материалов, после окончания запаса контейнеров.

При этом возможна более простая компоновка ММ на более дешевом шасси с повышенной комфортностью и безопасностью экипажа, с ММ, ориентированным назад и управляемым из кабины с обзором через телекамеры. Перезарядка природными материалами осуществляется путем их непосредственной засыпки в каналы стволов, для чего стволы поднимаются вверх под углом не менее 20° . Распылительные заряды с инициирующим устройством состоят из металлической (пластмассовая более дешевая, надежная по электроизоляции) гильзы со штатной электрокапсюльной втулкой, гильза заполнена зарядом быстросгорающего пороха в мешочке, запыжевана герметично.

Перспектива. Наиболее перспективным вариантом является универсальный, пожаротушащий и защитный ММ, распыляющий ОС, ЗС и природные, инертные материалы (ПИМ) выстрелами из одного ствола или залпами из нескольких стволов. Обязательным условием быстрого и недорогого выполнения проекта является использование готового шасси с посадочным местом для артиллерийской башни – колесной самоходной артиллерийской установки. Как правило, это шасси стандартного, грузового автомобиля, тягача, джипа с сертифицированным посадочным местом для башенной, артиллерийской установки. Проект 50-ствольного ММ «Импульс-3М» был выполнен быстро и качественно, как показали 22 года эксплуатации 25 машин «Импульс-3М», потому что в качестве базового шасси был выбран танк Т-55, Т-62 с готовым посадочным местом под башню с мощной пушкой. При этом откатные усилия от залпового распыления из ММ не должны превышать отдачу от выстрела башенной пушки.

ММ на колесном шасси может быстро и эффективно решать ряд следующих задач:

- 1) тушение масштабного и дистанционного пожаров классов А, В, С, D, впервые поджогов, включая террористические и диверсионные с применением боевых зажигательных веществ;
- 2) обеспечение маневрирования войск и ведение ими боевых действий в обширных зонах массовых пожаров, возникших вследствие применения зажигательного и объемно-детонирующего (термобарического) видов вооружений;
- 3) быстрая постановка маскировочных завес и ложных целей заданных размеров и конфигураций;
- 4) предотвращение и локализация объемных взрывов газо-паро-пыле-воздушных сред;
- 5) локализация-осаждение и дезактивация токсичных облаков и дымовых завес;
- 6) локализация радиоактивной пыли путем осаждения облаков и связывания-фиксации пыли, осажденной на различных поверхностях с помощью создания адсорбционных пленок, плотно прилегающих к различным поверхностям;
- 7) нетоксичный контроль массовых беспорядков путем имитации природных, локальных, пылевых бурь и шквалов на заданной площади, в течение заданного времени.

Колесное шасси обеспечит быстрые, дальние марши к району аварии, катастрофы, маневрирование в зоне военных действий. Базовое шасси должно уверенно работать в экстремальных, природных, климатических и дорожных условиях всех континентов в диапазоне температур от -50°C до $+60^{\circ}\text{C}$ на высоте до 2 000 м над уровнем моря, преодолевать водные преграды до 1,5 м, снежный покров до 0,6 м. Обязательно оборудовать системой централизованной подкачки шин, обеспечивающей высокую проходимость по грунтам с низкой несущей способностью. По заказу потребителя базовый автомобиль может быть оснащен левосторонним или правосторонним рулевым управлением, оснащаться броневой защитой кабины, тепло-свето-защитными экранами и импульсными оросителями защиты колес, кабины, кузова, распылительного модуля, основных узлов и агрегатов.

В настоящее время подготавливается производство ММ на колесных шасси и лафетах в Северном Китае для рынка преимущественно этой страны. Нормы и качество проектирования и изготовления не соответствует европейским требованиям, поэтому ММК для Европы и Ближнего Востока, также ориентирующегося на европейское качество, целесообразно производить в европейской части России совместно с Чехией – страной

с 500-летним опытом проектирования артиллерии. Для России с большими лесными богатствами, хорошей разветвленной сетью дорог, малой плотностью населения, но множеством опасных объектов: химических, нефтегазовых, складов леса, тоннелей целесообразно производить упрощенные ММ на лафетах, возимых обычными пожарными машинами, что многократно усиливает их возможности по дальности и масштабам автономного тушения, мощности огнетушащей атаки при работе ПМ от гидранта. ММ-легкий на прицепе джипа создаст комплекс быстрого реагирования, способный наверняка локализовать развитие даже мощного пожара, до прибытия основных пожарных машин. ММ-легкий – наиболее простой, безопасный вариант ММ на шасси, может получить большую популярность как исполнительный модуль пожарной автоматики, благодаря безотказной работе в широком диапазоне температур -50°C $+$ 50°C , эффективному использованию дешевых экологически чистых ОС, минимальному обслуживанию в течении 5–10 лет нахождения в режиме ожидания.

Литература

1. Захматов В.Д., Шкарабура М.Г. Нова техніка гасіння пожеж на нафтогазових об'єктах // Нафтова і газова промисловість. 1996. № 1. С. 52–56.
2. Захматов В.Д. Імпульсна техніка багатоцільового захисту під час пожеж і ліквідації наслідків аварії // Нафтова і газова промисловість. 1995. № 3. С. 52–56.
3. Захматов В.Д. История и перспективы разработки пожарных машин на военных колесных и гусеничных шасси // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 11. С. 31–42.
4. Захматов В.Д. Система комплексной ликвидации аварийных ситуаций на взрывоопасных и химически опасных промышленных объектах // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 9. С. 43–59.
5. Захматов В.Д., Лисиченко Г.В., Фесай А.П. О ликвидации аварий на потенциально опасных промышленных объектах в зоне военных действий // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. 2015. № 8.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХООБМЕНА ПРИ ПОЖАРЕ В ОГРАЖДЕНИЯХ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук;

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

А.А. Пермьяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описывается структура интегрированной диалоговой системы, включающей в себя электронную таблицу Microsoft Office Excel и семейство макросов на Visual Basic for Applications, которая позволяет на основе разветвленного алгоритма расчета теплового режима с учетом размеров, а также расположения оконных и дверных проемов определить изменение среднеобъемной температуры продуктов горения по мере развития пожара и на ее основе выявить динамику нейтральной зоны, а также основные характеристики газообмена в помещении объекта нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, пожар в ограждениях, пожарная нагрузка, критическая пожарная нагрузка, пожар, регулированный нагрузкой, пожар, регулированный воздухообменом, высота нейтральной зоны, расход воздуха, расход продуктов горения, среднеобъемная температура продуктов горения

CALCULATION OF AIR EXCHANGE PARAMETERS AT CLOSED FIRES ON OIL AND GAS COMPLEX OBJECTS

T.A. Kuzmina; A.A. Kuzmin; A.A. Permyakov.

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

We described structure of an integrated dialog system which includes a Microsoft Office Excel spreadsheet and a macro family for Visual Basic for Applications that allows determining change of volume-averaged temperature of the combustion products based on the branched algorithm for calculating the thermal regime during the fire development. System takes into account dimensions and location of the window and door and lead on its basis to reveal the dynamics of the neutral zone, as well as the main characteristics of gas exchange on objects of the oil and gas complex.

Keywords: oil and gas complex, closed fire, fire load, critical fire load, fire, regulated by the load, fire, regulated by air exchange, neutral zone height, air consumption, combustion products consumption, average combustion products volume

На предприятиях нефтегазового комплекса наиболее проблемными в части обеспечения пожарной безопасности являются наружные установки, в которых основная пожарная нагрузка – различные горючие (ГЖ) и легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) жидкости. Вместе с тем на таких объектах присутствуют разнообразные производственные помещения, выполняющие функции офисов, исследовательских и контрольно-измерительных лабораторий, в которых пожарная нагрузка – это различные твердые вещества и материалы (древесина, другие органические и разнообразные полимерные материалы), а ГЖ и ЛВЖ, как правило, являются возможными источниками зажигания.

Требования к таким производственным помещениям в части размеров, а также расположения оконных и дверных проемов определяются на стадии проектирования объектов нефтегазового комплекса [1]. Их практическая реализация должна позволить произвести оценку наличия угрозы персонала, находящегося в производственном помещении в случае пожара, а также определить расчетное время эвакуации, при этом критическими считаются температурное воздействие, возможная потеря видимости при задымлении, пониженное содержание кислорода в атмосфере помещения, максимально допустимые содержания углекислого и угарного газов [2]. Прогнозирование времени наступления предельно допустимых для персонала значений опасных факторов пожара базируется на знании текущих расходов продуктов горения и воздуха через оконные и дверные проемы, а также положении нейтральной зоны, которые, в свою очередь, определяются величиной среднеобъемной температуры продуктов горения в данный момент времени [3].

Учитывая, что по мере развития пожара в ограждениях в зависимости от пожарной нагрузки температура продуктов горения может достигать 1 200 °С [4], величина плотности продуктов горения при нормальном атмосферном давлении может изменяться в диапазоне $1,295 \div 0,240$ кг/м³ [5]. Несмотря на то, что предлагаемые методики основаны на линейных алгоритмах [6], получение практически значимых результатов при расчете параметров газообмена на пожаре в ограждениях предполагает выполнение значительного объема вычислительных операций, что обусловлено необходимостью обращения к информационным массивам, содержащим теплофизические свойства различных горючих материалов, а также их продуктов горения и воздуха для широкого температурного диапазона. Кроме того, в случае, когда нейтральная зона может разделять площадь проема на приточную и вытяжную части, возникает необходимость использования метода последовательных приближений, то есть применения циклического алгоритма для определения текущей высоты нейтральной зоны.

Указанные обстоятельства делают актуальным разработку соответствующего программного продукта в виде интегрированной диалоговой системы, реализующей этот алгоритм с интерфейсом, дружественным широкому кругу пользователей, и которая может стать эффективным инструментом поддержки принятия оптимальных планировочных решений.

Расчет параметров воздухообмена в производственном помещении на объекте нефтегазового комплекса основан на интегральной модели пожара [7], которая применима в случае, когда процесс изменения состояния газовой среды с достаточной степенью достоверности можно считать равновесным по всему объему помещения. Такое допущение для рассматриваемых помещений на объектах нефтегазового комплекса несправедливо, поскольку условия развития подобных пожаров предполагают:

- достаточно большой источник пожара, то есть характерный размер очага пожара, ограниченный размерами ограждения соизмерим с характерными размерами производственного помещения и размеры этого помещения соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в пять раз);
- относительно простую геометрическую конфигурацию производственного помещения;
- относительно небольшой объем производственных помещений, соизмеримых с объемами опытных технологических установок, используемых в нефтегазовой отрасли;
- возможность интенсивного газообмена внутри помещения, обеспечивающего равномерное перемешивание продуктов горения;
- для случая горения розливов ГЖ принимается, что скорость газификации в течение всей начальной стадии развития пожара не изменяется, то есть остается постоянной;
- отношение суммарного теплового потока в ограждающие конструкции к скорости тепловыделения в очаге горения изменяется незначительно в течение всего интервала времени, равного характерной продолжительности объемного пожара τ_n .

Существующие нормы проектирования объектов нефтегазового комплекса предполагают соблюдение перечисленных условий [1].

Определение интегральных теплотехнических параметров объемного свободно развивающегося пожара в помещении базируется на методике, предлагаемой в работе [6], и начинается с определения вида возможного пожара, причем выбор эмпирического уравнения величины проемности помещения Π , $\text{м}^{0.5}$ зависит от его объема V , м^3 .

Для помещений с объемом меньше 10 м^3 используется уравнение:

$$\Pi = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \sqrt{H_i}}{\sqrt[3]{V^2}},$$

где n – суммарное число оконных и дверных проемов в помещении; F_i – площадь i проема; H_i – высота i проема.

Однако на объектах нефтехимического комплекса более часто встречаются помещения с объемом, больше 10 м^3 , при этом величина проемности Π оценивается при помощи уравнения:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n \frac{F_i \sqrt{H_i}}{S},$$

где S – площадь пола в помещении, м^2 .

Для производственных помещений объектов нефтехимического комплекса характерно наличие различной по своим физико-химическим свойствам пожарной нагрузки (как ГЖ

и ЛВЖ, так и твердой), поэтому усредненное количество воздуха V_o , м^3 , необходимое для сгорания 1 кг материала пожарной нагрузки, определяется при помощи уравнения:

$$V_o = \frac{\sum_{i=1}^n V_{oi} P_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

где V_{oi} , $\text{м}^3/\text{кг}$ – количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг материала i пожарной нагрузки; P_i , кг – масса материала i пожарной нагрузки; n – число видов пожарной нагрузки.

Удельное критическое количество пожарной нагрузки $q_{кр.к}$ $\text{кг}/\text{м}^2$ определяется для условного помещения кубической формы объемом V , который равен объему исследуемого помещения на основе эмпирического уравнения (1). При этом предполагается соблюдение определенного баланса между объемом воздуха, расходуемого для поддержания горения пожарной нагрузки и объемом воздуха, поступающего в зону горения через оконные и дверные проемы.

$$q_{кр.к} = \frac{4500V^3}{1 + 500V^3} + \frac{\sqrt[3]{V}}{6V_o}. \quad (1)$$

Для того, чтобы определить, как будет протекать пожар: пожар регулируется нагрузкой (ПРН) или пожар регулируется воздухообменом (ПРВ), необходимо вычислить удельное значение пожарной нагрузки q_k , $\text{кг}/\text{м}^2$:

$$q_k = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Q_{ni}^p}{(6S_{np} - F) Q_{нд}^p},$$

где $S_{np} = \sqrt[3]{V^2}$, м^2 – приведенная площадь пола условного помещения; Q_{ni}^p , $\text{МДж}/\text{кг}$ – удельная теплота горения i пожарной нагрузки; $Q_{нд}^p$, $\text{МДж}/\text{кг}$ – удельная теплота горения древесины.

Далее необходимо сравнить значения пожарной нагрузки q_k и критической пожарной нагрузки $q_{кр.к}$:

- если $q_k < q_{кр.к}$, то в помещении будет ПРН;
- если $q_k \geq q_{кр.к}$, то в помещении будет ПРВ.

В зависимости от ПРН или ПРВ максимальная среднеобъемная температура продуктов горения t_{max} определяется по различным методикам.

Для ПРН используется уравнение:

$$t_{max} = 224q_k^{0,528}.$$

Для ПРВ, в случае преобладания твердого компонента пожарной нагрузки существуют данные [4], что маловероятно достижение максимальной температуры продуктов горения t_{max} в первые 9 мин пожара, а во временном интервале $9 \leq \tau_n \leq 73$ мин с точностью до 8 % максимальная температура продуктов горения принимается равной 1 000 °С. Точность

определения максимальной температуры продуктов горения t_{max} можно повысить до 5 %, если использовать эмпирическое уравнение:

$$t_{max} = 940e^{0,0047(q-30)}.$$

Для ПРВ время достижения продуктами горения максимальной температуры равно характерной продолжительности объемного пожара τ_n , которая может быть определена при помощи уравнения:

$$\tau_{max} = \frac{P_{\kappa} F_{огр}}{330 \sum_{i=1}^n F_{инп} \sqrt{H_i}},$$

где $F_{огр}$ – площадь ограждающих конструкций, m^2 ; $F_{инп}$ – площадь i проема, m^2 .

Для ПРН время достижения продуктами горения максимального значения среднеобъемной температуры τ_{max} , мин определяется на основании уравнения:

$$\tau_{max} = 32 - 8,1q_k e^{-0,92q_k}.$$

Известная продолжительность времени τ_{max} достижения продуктами горения максимального значения среднеобъемной температуры t_{max} при объемном свободно развивающемся пожаре позволяет при помощи уравнения (2) вычислить значение среднеобъемной температуры продуктов горения t_f , °C в заданный момент времени τ , мин:

$$t_f = t_o + 115(t_{max} - t_o) \left(\frac{\tau}{\tau_{max}} \right)^{4,45} e^{-4,45 \left(\frac{\tau}{\tau_{max}} \right)}, \quad (2)$$

где t_o – начальная среднеобъемная температура, °C; τ – текущее время пожара, мин.

На основании сформированного алгоритма была создана интегрированная диалоговая система, включающая в себя электронную таблицу Microsoft Office Excel [8] и семейство макросов на Visual Basic for Applications [9], использование которой позволяет оценить влияние величины проемности помещения на динамику пожара. Для ПРН такой закономерности не выявлено. На рис. 1 представлены графические зависимости величины среднеобъемной температуры продуктов горения при ПРВ от времени для различных значений проемности P .

Если пожар регулируется пожарной нагрузкой, то при увеличении притока воздуха температура в производственном помещении будет понижаться. Если пожар, регулируется вентиляцией, то температура в производственном помещении объекта нефтегазового комплекса будет возрастать.

При рассмотрении основных закономерностей газообмена при пожаре в ограждениях принимают ряд допущений:

- температура газов в помещении выше, чем температура окружающего воздуха, температура в помещении с течением времени изменяется монотонно и эргодично;
- можно пренебречь влиянием ветровых нагрузок на процесс развития пожара внутри производственного здания;
- площади оконных и дверных проемов по мере развития пожара не изменяются;
- расход воздуха, втекающего в помещение, равен расходу продуктов горения, удаляемых из помещения [10].

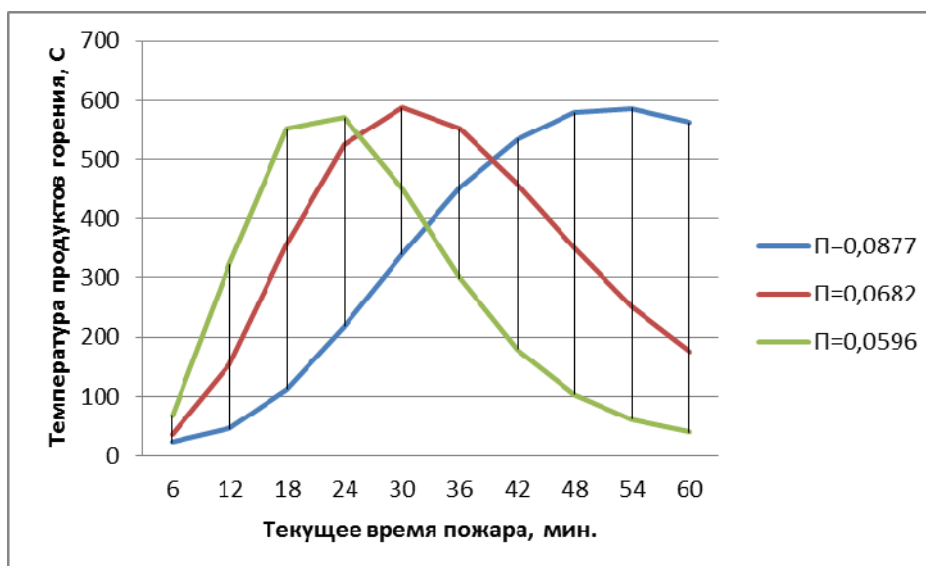


Рис. 1. Временная зависимость среднеобъемной температуры продуктов горения (ПРВ, помещение 10*6*4 м, пожарная нагрузка 500 кг)

Так как температура в помещении больше температуры наружного воздуха, то и плотность воздуха больше плотности нагретых продуктов горения. Через нижний проем воздух будет входить в помещение и, так как он более плотный, то будет выталкивать через верхний проем продукты горения.

Давление в нижней зоне помещения меньше, а в верхней больше, чем окружающей среды, этим обусловлено направление газовых потоков, при этом положение нейтральной зоны может меняться из-за изменения соотношения между площадями нижних и верхних проемов.

При расчете положения нейтральной зоны предполагается, что абсолютные избыточные давления в центре приточной и вытяжной части проемов равны, тогда применимо уравнение:

$$h = \frac{H}{1 + \left(\frac{F_{np}}{F_{выт}} \right)^2 \frac{T_f}{T_0}}, \quad (3)$$

где T_f – абсолютная температура продуктов горения, К; T_0 – абсолютная температура наружного воздуха, К; F_{np} – площадь приточной части проемов, m^2 ; $F_{выт}$ – площадь вытяжной части проемов, m^2 ; H – высота помещения, м.

Если приточные и вытяжные потоки разведены конструктивно, что характерно для производственных помещений, характеризующихся значительной высотой, то уравнение (3) можно применять непосредственно. Однако когда газообмен осуществляется через один дверной или оконный проем или через несколько проемов, расположенных на пересекающихся уровнях, то через верхнюю часть удаляются продукты горения, а нижняя работает на приток. Поскольку распределение площадей приточной и вытяжной части проемов зависит от положения нейтральной зоны, то для решения задачи по нахождению высоты нейтральной зоны требуется использование метода последовательных приближений. Циклический алгоритм решения такой задачи представлен на рис. 2, при этом использованы следующие обозначения:

$H_{дв}$ – высота дверного проема, м; $H_{вокн}$ – высота верхней кромки оконного проема, м;
 $H_{нокн}$ – высота нижней кромки оконного проема, м; $A_{дв}$ – ширина дверного проема, м;
 $A_{окн}$ – ширина оконного проема, м; n – число оконных проемов.

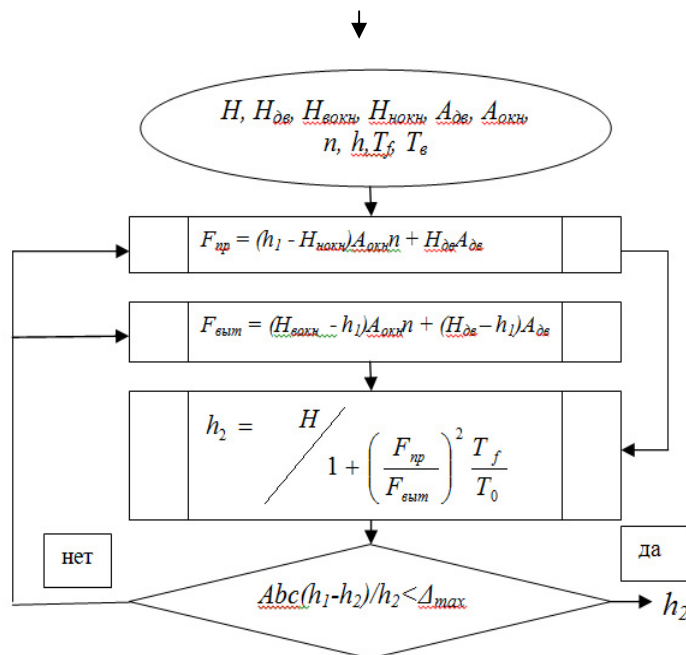


Рис. 2. Алгоритм решения задачи по нахождению высоты нейтральной зоны h методом последовательных приближений

На рис. 3 представлены графические зависимости положения нейтральной зоны для ПРН и ПРВ в течение первых 60 мин пожара.

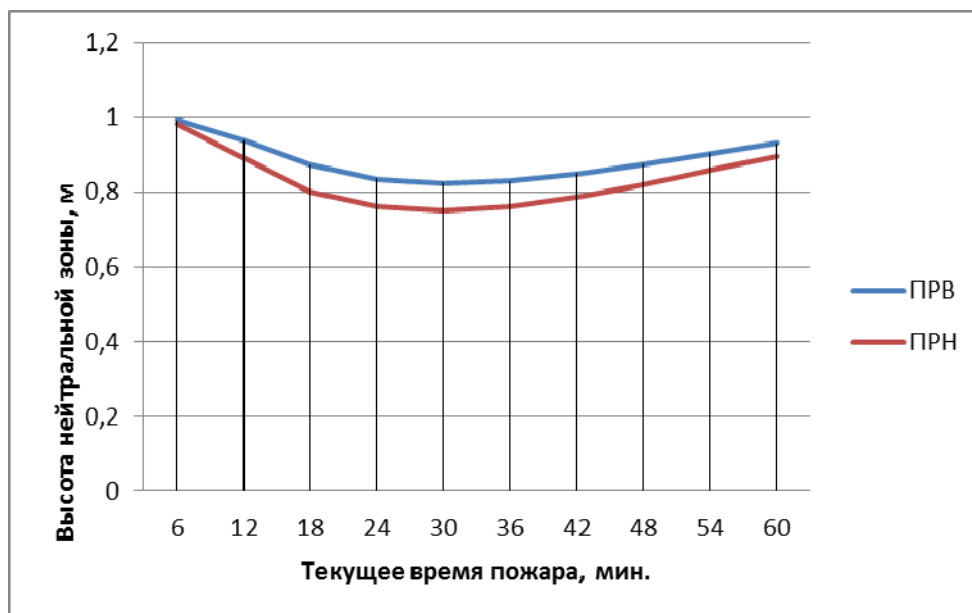


Рис. 3. Положение нейтральной зоны по мере развития пожара (помещение 10*6*4 м; проемность $\Pi=0,0682$; ПРВ – пожарная нагрузка 500 кг; ПРН – пожарная нагрузка 100 кг)

При отсутствии или ограничении вентиляции помещения дым, образующийся при пламенном горении, накапливается в припотолочной части. Толщина дыма со временем будет увеличиваться, создавая угрозу для людей. В работе [11] показано, что скорость перемещения края дымового облака вдоль потолка составляет примерно 1 м/с. Время τ_d , в течение которого слой дыма опустится до отметки H_d от пола, рассчитывается по формуле:

$$\tau_d = \frac{20S}{U\sqrt{g}} \left(\frac{1}{\sqrt{g}} - \frac{1}{\sqrt{H_d}} \right),$$

где U – периметр зоны горения, м; $g=9,81 \text{ м}^2/\text{с}$ – ускорение свободного падения.

Величины расхода воздуха через оконный или дверной проем могут изменяться по мере развития пожара и зависят от:

- площади проема;
- средней температуры продуктов горения внутри помещения и температуры воздуха вне его;
- положения нейтральной зоны в данный момент времени относительно верхней и нижней кромки оконного или дверного проема.

Поэтому, если положение нейтральной зоны h выше верхней кромки проема H_e , расход продуктов горения через проем G_f будет равным нулю, а расход воздуха G_e можно определить при помощи уравнения:

$$G_e = 0,67 \zeta F \sqrt{2g\rho_e (H_e - H_n)(\rho_e - \rho_f)}. \quad (4)$$

Если высота нейтральной зоны ниже верхней кромки проема H_e , но выше нижней кромки оконного или дверного проема H_n , то расход продуктов горения G_f через проем определяется при помощи уравнения (5), а расход воздуха G_e – уравнением (6):

$$G_f = 0,67 \zeta (F_{np} - F) \sqrt{2g\rho_f (\rho_e - \rho_f)(H_e - h)}; \quad (5)$$

$$G_e = 0,67 \zeta F \sqrt{2g\rho_e (\rho_e - \rho_f)(h - H_n)}. \quad (6)$$

Если положение нейтральной зоны ниже нижней кромки оконного или дверного проема H_n , то расход продуктов горения G_f через проем определяется при помощи уравнения (7), а расход воздуха G_e будет равным нулю.

$$G_f = 0,67 \zeta F \sqrt{2g\rho_f H_{np}(\rho_e - \rho_f)}. \quad (7)$$

В уравнениях (4–7) используются следующие обозначения:

ζ – коэффициент сопротивления при движении газового потока через проемы, в расчетах рекомендуется принимать равным 0,8 [12]; F – площадь оконного или дверного проема, м^2 ; F_{np} – площадь приточной части оконного или дверного проема, м^2 ; $H_{np}=H_e - H_n$ – высота оконного или дверного проема, м; ρ_e – плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_f – плотность продуктов горения внутри помещения, $\text{кг}/\text{м}^3$.

На рис. 4 представлены результаты применения интегрированной диалоговой системы в расчете величины расходов продуктов горения и наружного воздуха через проемы по мере развития пожара в ограждениях.

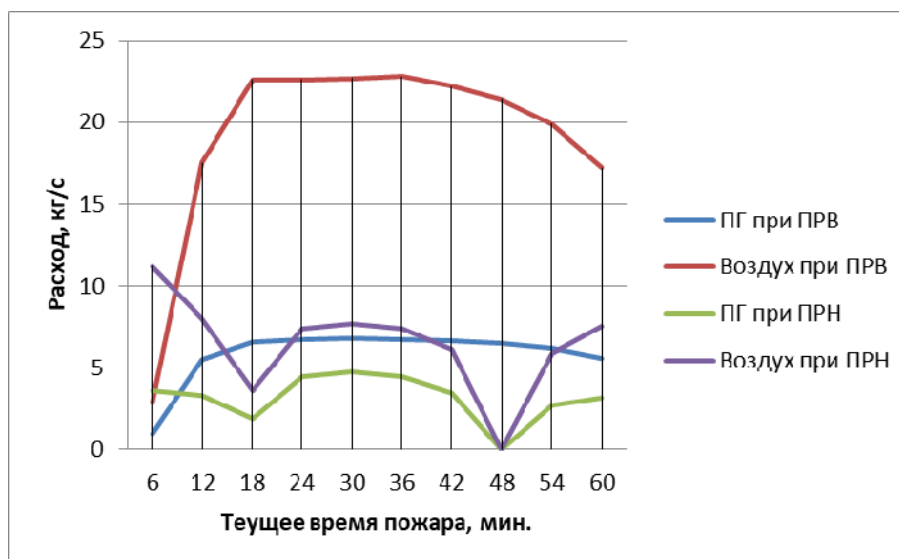


Рис. 4. Расходы продуктов горения и расходов воздуха через проемы по мере развития пожара в ограждениях (помещение 10*6*4 м; проемность П=0,0682; ПВ – пожарная нагрузка 500 кг; ПРН – пожарная нагрузка 100 кг)

В данном примере расчёта провалы в графике расходов воздуха и продуктов горения на 48 мин при ПРН могут быть объяснены уравниванием значений плотностей продуктов горения в помещении и воздуха вне его при данной температуре пожара, что приводит к бифуркации процесса газообмена в приточной части оконных и дверных проёмов.

Результаты расчёта, полученные в результате использования предлагаемого программного продукта и отображенные на рис. 4, достаточно удовлетворительно согласовываются с данными натурных испытаний, приведенными в работе [13].

Таким образом:

- реализованная концепция использования интерфейса электронной таблицы EXCEL в процессе ввода параметров объекта расширяет возможности использования практически работниками федеральной противопожарной службы предлагаемого программного продукта;
- применение метода последовательных приближений в случае нахождения текущего положения нейтральной зоны в пространстве оконных или дверных проёмов позволяет получить практически значимые результаты в оценке наличия угрозы персонала, находящегося в производственном помещении объекта нефтегазового комплекса в случае пожара.

Литература

1. РСН 68-87. Республиканские строительные нормы. Проектирование объектов промышленного и гражданского назначения Западно-Сибирского нефтегазового комплекса. Дата введения 1987-07-01 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 25.10.2017).
2. Рекомендации по расчёту параметров эвакуации людей. М.: ФГУ ВНИИПО МВД РФ, 1998.
3. Руководства по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. ГОСТ 12.1.004–91* «Пожарная безопасность. Общие требования» // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 20.10.2017).
4. Молчадский И.С. Приведение температурного режима реальных пожаров к стандартному // Огнестойкость строительных конструкций: сб. трудов. М.: ВНИИПО, 1979. Вып. 7. С. 3–7.

5. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: справочник / под науч. руководством акад. В.П. Глушко. М., 1971. 263 с.
6. Рекомендации. Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения. Принявший орган: МВД СССР. М.: Всесоюзный ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МВД СССР, 1986.
7. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров / под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова; пер. с англ. М.: Стройиздат, 1990. 424 с.
8. Excel – программа редактирования таблиц XLS | Microsoft. URL: <https://products.office.com/ru-ru/excel> (дата обращения: 26.06.2017).
9. Visual Basic | Microsoft Docs. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/visual-basic/> (дата обращения: 26.06.2017).
10. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учеб. пособие / С.С. Тимофеева Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. 178 с.
11. Однолько А.А., Ситников И.В. Проблемы применения математических моделей, определяющих время блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара при расчете пожарного риска // Инженерные системы и сооружения. 2010. № 1 (2). С. 185–191.
12. Абросимов Ю.Г., Кошмаров Ю.А. Исследование функций плоскости равных давлений на начальной стадии пожара // Организация, тактика и техника тушения пожаров на объектах народного хозяйства: сб. науч. трудов. М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1988. С. 108–111.
13. Предельные параметры состояния газовой среды в помещении при пожаре: сб. науч. трудов ВНИИПО МВД РФ / А.С. Измайлов [и др.]. М., 1997. 190 с.



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ОСОБЕННОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДОЗНАНИЯ ПО ПОЖАРАМ

О.В. Дорохова;

Г.И. Сметанкина, кандидат технических наук, доцент.

**Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной
академии ГПС МЧС России.**

О.В. Войтенко, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматриваются особенности и трудности, возникающие при производстве дознания по делам о пожарах, связанных с применением существующих норм, ответственностью за преступления, непосредственно связанных с пожарами, анализируются имеющиеся определения понятия «пожар», предлагается уголовно-правовое понятие «пожар», «специальный очаг», «преступления, связанные с пожарами».

Ключевые слова: пожар, горение, загорание, признаки преступлений, связанных с пожарами

FEATURES ARISING FROM THE MANUFACTURING OF FIRE SUPERVISORS

O.V. Dorohova; G.I. Smetankina.

Voronezh institute – a branch of the Ivanovo fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

O.V. Vojtenok. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The author examines the peculiarities and difficulties encountered in the production of inquiries on fires connected with the application of existing norms, responsibility for crimes directly related to fires, analyzes the existing definitions of the concept of «fire», suggests the criminal law concept «fire», «special focus», «Crimes related to fires».

Keywords: fire, burning, ignition, signs of crime related to fires

Из года в год на пожарах в Российской Федерации гибнут тысячи человек. В 2017 г. количество погибших составило 7 782 человека, что на 11 % меньше, чем в 2016 г. Хотя и отмечается снижение количества погибших, но все равно данные цифры огромны.

Данный показатель является наиболее объективным и достоверным показателем обстановки с пожарами. Возникновение загораний и пожаров связано с различными причинами, в частности:

- низким уровнем обеспечения пожарной безопасности (ПБ) в коммунальной сфере;
- недостаточным уровнем знаний в области ПБ, социальным положением различных слоев общества, состоянием физической подготовки и психическим здоровьем.

Необходимо обособленно выделить такую причину пожара, как «поджог». При поджоге на возникновение пожара не влияет ни соблюдение всех норм и требований, ни уровень ответственности и добросовестности ответственных лиц. Зачастую, поджоги используются для сокрытия более тяжких преступлений.

Альберт Вайнгарт в своем труде, посвященном расследованию поджогов, выделил три главные категории причин пожаров – силы природы, хозяйство и воля человека (поджог) [1]. Основные причины пожаров условно подразделяют на социальные, природные и техногенные. Поджоги, неосторожное обращение с тлеющим табачным изделием, неосторожное обращение с огнем, детская шалость с источниками огня, нарушение правил и требований пожарной безопасности (ПитБ) относятся к социальным причинам. Пожары, произошедшие в результате ударов молнии, самовозгорания относятся к природным причинам. Токовые перегрузки в электросетях, аварийные режимы работы электрооборудования, нарушение штатного режима систем отопления – данные нарушения при определенном стечении обстоятельств влекут возникновение пожара и относятся к техногенным причинам возникновения пожаров. Самый крупный в мире пожар, произошедший по вине человека, был в г. Чикаго в 1871 г., где от одной искры, запалившей сено, сгорел целый город. Общая площадь пожара составила девять квадратных километров, общий ущерб, нанесенный пожаром, составлял около 190 млн долл.

Социальный фактор составляет 65 % от общего количества пожаров, техногенный фактор – 34 %, природные факторы в распределении возникновения пожаров по факторам составляют всего 1 %. Основная доля пожаров происходит из-за человеческого фактора.

Основу исследования составляет изучение пожаров, которые произошли вследствие преступного нарушения требований законодательства в области ПБ в результате неосторожного обращения с огнем. Данные события влекут за собой криминальные последствия.

В отечественном уголовном законодательстве имеется ряд норм, которыми предусмотрена уголовная ответственность за преступления, связанные с пожарами. Особенностью пожара является посягательство на имущественные интересы и общественную безопасность, поскольку огнем повреждается и уничтожается имущество и возникает угроза жизни и здоровью личности.

Хочется отметить, что, несмотря на бланкетность норм, предусматривающих уголовную ответственность за пожары, необходимость уголовно-правового понятия «пожар» диктуется потребностями практики.

Дефиниция описывает существенные качественные признаки предмета или явления. Дефиниция должна соответствовать определенным логико-языковым требованиям, что позволит единообразно толковать и применять уголовные нормы. Определение «пожар» в уголовном законодательстве отсутствует. Понятие «пожар» в уголовно-правовом значении трактуется по-разному.

В словаре С.И. Ожегова дается определение пожару как пламени, широко охватившему и уничтожающему что-нибудь [2].

В юридической литературе определение понятию «пожар» пытались дать неоднократно ученые юристы: А.А. Жижиленко, С.И. Сирота, однако анализ определений пожара вышеуказанных авторов свидетельствует о том, что эти определения не представляется возможным использовать для уголовно-правовой оценки содеянного, так как они не раскрывают существа данного явления. Содержательная часть термина должна обеспечивать наполнение объема понятия. Содержательная часть понятия включает основные качественные признаки. В то же время для определения понятия не рекомендуется использовать термины, которые потребуют дополнительного разъяснения. Разделяем мнение В.О. Левит в том, что термин должен иметь ограниченную дефиницию, фиксированную, и данная дефиниция не должна зависеть от контекста; определение одного понятия ни в коей мере не может обозначаться несколькими терминами [3].

Слепцов И.В. в начале 90-х гг. прошлого столетия одним из первых юристов указал на необходимость считать пожаром с уголовно-правовой точки зрения горение, возникшее

в результате общественно опасного деяния лица и последствиями которого является травмирование или гибель людей, либо повреждение или уничтожение имущества, или иные тяжкие последствия [4]. Никольская С.А., продолжив основную мысль И.В. Слепцова, предлагает под пожаром понимать неконтролируемое горение вне специального очага, возникшее в результате противоправного, общественно, опасного, виновного деяния лица, последствиями которого являются наличие пострадавших и (или) жертв, порча и уничтожение имущества, нанесение убытка экономическим и экологическим интересам общества и государства или формирование реальной угрозы возникновения таких последствий [5].

Наиболее удачное определение пожару, на взгляд авторов, дано С.А. Лобовым, который считает, что под пожаром следует понимать неконтролируемое горение вне специального очага, причиной возникновения которого является общественно опасное противоправное, умышленное или неосторожное деяние лица, последствиями которого являются травмирование или гибель людей, причинение имущественного вреда, повреждение или уничтожение хозяйственных, природоохранных интересов общества и государства либо создавшее угрозу наступления таких последствий [6].

Во всех приведенных определениях пожара особо выделяется основное его свойство – общепасный характер (реальная возможность причинения вреда), который выражается возможностью распространения пожара на различные материальные объекты.

Совершенно верным и существенным является в перечисленных трактовках понятия пожар акцент на то, что пожаром считается неконтролируемое горение вне специального очага, вследствие которого причиняется материальный ущерб, вред здоровью людей либо наступает их гибель. Это полностью совпадает с законодательным определением понятия пожар.

В Федеральном законе Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (ФЗ РФ № 69-ФЗ) пожар определяется так: «неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства» [7, ст. 1].

Большой юридический словарь при определении данного понятия ссылается на определение, которое дано в ФЗ РФ № 69-ФЗ (ст. 1) [8].

В Приказе МЧС РФ от 21 января 2008 г. № 714 (в ред. от 17 января 2012 г.) «Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий» дано определение понятию «загорание», но в отличие от пожара, следуя из ст. 14 вышеуказанного приказа, к загоранию относятся «случаи неконтролируемого горения, не причинившие материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства» [9].

Возбуждение уголовных дел не осуществляется в случаях, если по факту пожара не причинен какой-либо материальный ущерб, вред жизни или здоровью людей либо не создана угроза причинения таких последствий.

В соответствии с требованиями нормативных документов МЧС России пожар, не причинивший материальный ущерб или вред жизни, здоровью (например, пожар в бесхозном здании) [10]. Соответствующие изменения вносятся в электронные базы данных учета пожаров (загораний) при выяснении обстоятельств, разрешающих переквалифицировать загорания в пожары [11].

Горение – это совокупность одновременно протекающих физических процессов (плавление, испарение, ионизация) и химических реакций окисления горючего вещества (материала), сопровождающихся, как правило, световым и тепловым излучением и выделением дыма [12]. Неконтролируемое горение перерастает в пожар, угрожающий жизни, здоровью, имуществу людей или экологии. Определение понятию «специальный очаг» ученые, изучавшие данную тематику, не предлагают. Думается, что под специальным очагом можно считать совокупность специального оборудования, установленного с учетом и соблюдением норм, требований и правил ПБ (ППБ), имеющего технологическое или иное назначение, предназначенного для разведения, поддержания и затухания огня (контролируемого процесса горения) под управлением человека.

Полагаем, что пожар в уголовно-правовом значении – это неконтролируемое горение вне специального очага и его распространение, возникающее в результате умышленного или неосторожного общественно опасного и противоправного деяния, сопряженное с повреждением (уничтожением) материальных ценностей, а также создающее угрозу жизни и здоровью людей либо повлекшее причинение вреда здоровью и гибель людей, либо причинения имущественного ущерба, нарушения общественной, экономической, экологической безопасности общества и государства.

Будем считать, что к преступлениям, связанным с пожарами, следует относить только те составы преступлений, которые произошли вследствие нарушения Правил по технике безопасности и ППБ в результате умышленного или неосторожного обращения с огнем и повлекшие криминальные последствия. Таким образом, к преступлениям, связанным с пожарами, предлагаем относить преступления, предусмотренные ст.ст. 168, 219, ч.ч. 1 и 2 ст. 261 Уголовного кодекса Российской Федерации (УК РФ) [13].

В свете сказанного предлагаем следующим образом определить признаки преступлений, связанных с пожарами:

1) противоправность деяния, приводящего к общественно-опасным последствиям, состоящая в том, что все исследуемые деяния должны быть закреплены в уголовном законе;

2) вина в форме умысла (прямого или косвенного) или неосторожности в виде небрежности или легкомыслия;

3) общественная опасность – проявляется в причинении или угрозе причинения вреда имуществу, здоровью личности, обществу или государству;

4) наказуемость – преступления, связанные с пожарами, относятся к категории небольшой тяжести (ст. 168 УК РФ) и средней тяжести (ст. 219 УК РФ, ч. 1, ч. 2 ст. 261 УК РФ), максимальное наказание, установленное законом за преступление, связанное с пожаром – лишение свободы на срок до семи лет (ч. 3 ст. 219 УК РФ).

Исходя из вышеизложенного, под преступлением, связанным с пожаром, понимается совершенное умышленно или по неосторожности общественно опасное деяние (действие, бездействие), связанное с нарушением требований норм и ППБ и причиняющее или способное причинить вред жизни и здоровью граждан, а также крупный имущественный ущерб обществу, государству, запрещенное УК РФ под угрозой наказания. Российское законодательство, в частности уголовное право, обеспечивает реализацию принципа «*nullum crimen sine lege*» (нет преступления, если об этом не указано в законе). Деяние должно иметь признаки существующего состава преступления, описание которых дано в Особенной части УК РФ. В описании приведены все деяния, которые в настоящее время признаются преступлениями. На сегодняшний день нет единства в применении уголовно-правовых норм, предусматривающих ответственность за преступления, связанные с пожарами, поскольку правильное и единообразное применение законодательства по данной категории уголовных дел вызывает в судебно-следственной практике затруднения, несмотря на разъяснения, которые даны в Постановлении Пленума Верховного Суда от 5 июня 2002 г. № 14.

Литература

1. Вайнгарт А.О. расследовании поджогов. Руководство для юристов и агентов страховых обществ: пер. с нем. В.Ю. Гартман. СПб.: Изд. Тип., 1906. 98 с.
2. Никольская С.А. Преступления, посягающие на пожарную безопасность: дис. ... канд. юрид. наук. Тамбов, 2005. 198 с.
3. Левит В.О. Дефиниции актов официального толкования норм права (доктрина, практика, техника): автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Владимир, 2012. 37 с.
4. Слепцов И.В. Уголовная ответственность за нарушение правил пожарной безопасности: дис. ... канд. юрид. наук. М., 1993. 247 с.
5. Лобов С.А. Уголовно-правовые и криминологические проблемы борьбы с поджогами: дис. ... канд. юрид. наук. М.: Акад. управления МВД России, 2000. 292 с.
6. Исследование и экспертиза пожаров: словарь общих и специальных терминов / под ред. И.Д. Чешко. М.: ВНИИПО, 2009. 520 с.

7. О пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 35. Ст. 3 649.
8. Большой юридический словарь / В.Н. Дронов [и др.]. М.: Инфра-М., 2001. 790 с.
9. Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий: Приказ МЧС РФ от 21 нояб. 2008 г. № 714 (в ред. от 17 янв. 2012 г.) // Рос. газ. 2008. 17 дек.
10. Султанов Ф.Ф., Фефелов В.В. Федеральный государственный пожарный надзор: учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 2014. 224 с.
11. Учет и анализ пожаров и их последствий в системе МЧС России: учеб. пособие / Г.И. Сметанкина [и др.]. Воронеж, 2012. 170 с.
12. Ожегов С.И. Словарь русского языка / под ред. Н.Ю. Шведовой. М., 1984. 797 с.
13. Уголовный кодекс Рос. Федерации: Федер. закон: принят Гос. Думой 24 мая 1996 г.: по состоянию на 10 янв. 2016 г. // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2 954.

РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ПРОЕМЫ В ОГРАЖДЕНИЯХ ПРИ ПОЖАРЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

**С.В. Шарапов, доктор технических наук, профессор;
А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;
Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Для объектов нефтегазового комплекса проведен анализ аналитических методов расчета параметров теплового излучения в условиях пожара. Описывается структура диалоговой системы, которая позволяет произвести расчет диаграммы направленности теплового излучения через проемы и прогары в ограждающих конструкциях производственных помещений объектов нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, пожар, горючая жидкость, легковоспламеняющаяся жидкость, безопасные расстояния, тепловое излучение, диаграмма направленности, угол взаимного облучения, коэффициент диафрагмирования

CALCULATION OF DIRECTION DIAGRAM OF THERMAL RADIATION THROUGH OPENINGS AT FIRES AT OIL AND GAS COMPLEX FACILITIES

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

We analyzed features of analytical calculating methods of thermal radiation parameters from a fire at oil and gas facilities. We described the structure of an integrated dialog system for Applications that allows to calculate the radiation pattern through openings and burnout in the enclosing of production areas at oil and gas facilities.

Keywords: oil and gas complex, fire, combustible liquid, highly flammable liquid, safe distances, thermal radiation, radiation pattern, angle of mutual exposure, coefficient of aperture

Действующие в Российской Федерации законодательные и нормативные акты [1–3] предполагают, что на объектах нефтегазового комплекса в обязательном порядке разрабатываются оперативные планы тушения пожара (ОПТП), которые должны:

- учитывать степень пожароопасности объекта и близлежащих, прилегающих к нему территорий;
- оценивать возможность существования пожароопасных участков и вариантов распространения огня;
- указывать на наиболее пожароопасные участки.

Решение этих задач затруднительно без учета характеристики теплового излучения пожара через проемы и прогары в ограждающих конструкциях зданий и сооружений.

На состояние человеческого организма существенно влияют излучения инфракрасной области спектра, которые слабо поглощаются кожным покровом и имеют значительную проникающую способность (длина волны не более полутора микрометров). Электромагнитные волны, длина волны которых в пределах трех микрометров, обуславливают существенное нагревание кожи. Установлено, что тепловое облучение продуктами горения и ограждающими поверхностями зданий, нагретых до температуры свечения, не должна превышать допустимых значений интенсивности облучения для человека, приведенных в работе [4].

Установлено, что время защитного действия боевой одежды пожарных и расстояние их безопасного расположения в условиях пожаров зависят от уровня тепловой нагрузки [5]. Эти зависимости руководитель тушения пожара (РТП) должен учитывать как при организации боевых участков, так и при определении мест установки пожарной аварийно-спасательной техники и позиций ствольщиков.

Интенсивность теплового излучения для открытых пожаров (применительно к объектам нефтегазового комплекса – это пожары на наружных установках) достаточно полно описана в действующих нормативных документах [6], однако применение предлагаемых методик предполагает следующие допущения:

- излучающую поверхность факела можно привести к прямоугольной форме;
- площадь излучающей поверхности остается постоянной безотносительно к углу экспонирования;
- нижние кромки излучающей поверхности и поглощающей поверхности совпадают.

При соблюдении этих условий величина плотности теплового потока q_{12} , $Вт/м^2$, падающего на соседний объект, определяется исходя из закона Стефана-Больцмана, уравнение:

$$Q = C_0 \varepsilon_{np} \left[\left(\frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{об}}{100} \right)^4 \right] H,$$

где $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(м^2 K^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; T_ϕ – абсолютная температура излучающей поверхности факела, K ; $T_{об}$ – абсолютная температура на поверхности объекта, K ; ε_{np} – приведенная степень черноты, определяемая уравнением:

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\varepsilon_\phi} - 1 \right) \varphi_{1,2} + \left(\frac{1}{\varepsilon_{об}} - 1 \right) \varphi_{2,1}},$$

где ε_ϕ , $\varepsilon_{об}$ – степень черноты поверхности факела и объекта соответственно; $H = \varphi_{12} F_\phi = \varphi_{21} F_{об}$ – площадь взаимного облучения; F_ϕ , $F_{об}$ – площади излучающей поверхности факела и теплопоглощающей поверхности объекта соответственно, $м^2$; φ_{12} , φ_{21} – углы взаимного облучения факела на объект и поверхности объекта на поверхности факела.

Если отношение половины ширины факела b , $м$ к расстоянию от излучающей поверхности факела до теплопоглощающей поверхности L , $м$ менее 0,1, то для вычисления

значения φ_{12} , угла взаимного облучения факела на объект, на практике обычно применяют специальную номограмму, например [7], в противном случае этой рутинной операции существенно возрастает, так как при этом необходимо использовать аналитические методики.

При определении безопасных дистанций размещения пожарной техники, когда можно пренебречь разницей между горизонтальной и вертикальной составляющих коэффициента облученности, целесообразно использовать уравнение:

$$\varphi' = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{a^2 + L^2}} \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + L^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{b^2 + L^2}} \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\sqrt{b^2 + L^2}} \right) \right],$$

где $\varphi' = \varphi_{12}/4$ – четверть угла взаимного облучения; L – расстояние до объекта, м; a и b – половина линейных размеров излучающей поверхности факела, м.

При определении предельного времени пребывания личного состава в зоне интенсивного теплового излучения горения разлившейся жидкости в круге диаметром d , м нормативные источники, например [6], предполагают использовать уравнение:

$$\Psi_q = \sqrt{\Psi_v^2 + \Psi_n^2},$$

где φ_v , φ_n – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, определяемые с помощью уравнений:

$$\varphi_v = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{S} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \cdot \left\{ \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \operatorname{arcc} \left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right\} \right];$$

$$\varphi_n = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(B+1) \cdot (S-1)}{(B-1) \cdot (S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right].$$

Для удобства вычисления значений горизонтального и вертикального факторов облученности можно воспользоваться промежуточными выражениями:

$$A = (h^2 + S^2 + 1)/(2 \cdot S); B = (1 + S^2)/(2 \cdot S); S = 2L/d; h = 2H/;$$

а диаграмма направленности теплового излучения будет носить круговой характер, так как в расчетные уравнения не входят в качестве аргументов углы экспонирования.

В случае горения жидкости, разлив которой произошел в производственном помещении объекта нефтегазового комплекса, интенсивность теплового излучения через оконные и дверные проемы требует ее учета в процессе разработки ОПТП, однако:

- плоскость оконного проема, совпадающей в первом приближении с плоскостью ограждающей конструкции, и тепловоспринимающей поверхности находятся под определенным углом, величина которого зависит от их взаимного расположения;

- нижняя кромка оконных проемов, как правило, не совпадает с нижней кромкой теплопоглощающей поверхности.

Указанные обстоятельства самым существенным образом влияют на форму диаграммы направленности теплового излучения через оконные и дверные проемы производственного помещения и не дают возможности использовать предлагаемые методики определения безопасных расстояний на пожаре без необходимых уточнений. Кроме того, эти

методики не предполагают учет ситуаций, когда одновременно действует несколько излучающих поверхностей, располагающихся на различных расстояниях и углах экспонирования от теплопоглощающей поверхности (например, несколько оконных проемов). Необходимо исследовать влияние эффекта диафрагмирования, когда очаг горения жидкости достаточно отстоит от ограждающей поверхности с одним или несколькими окон.

При наличии нескольких источников теплового излучения, имеющих сходное происхождение (например ряд оконных проемов при пожаре в ограждениях), для определения величины обобщающего углового коэффициента φ_j используется уравнение, предложенное в работе [8], в противном случае применяется принцип суперпозиции:

$$\varphi_j = (1 - \varepsilon_i) \varphi_{ik} + \sum_{j=1}^n (1 - \varepsilon_j) (1 - \varepsilon_i) \varphi_{ik} \varphi_{jk},$$

где φ_{ik} , φ_{ij} – средние угловые коэффициенты излучения i зоны на k и i зоны на j соответственно; ε_j – степень черноты j зоны.

Если теплопоглощающая поверхность расположена под углом Θ к поверхности теплового излучения, то вычисляются промежуточные величины $a=h/L$ и $b=w/L$, где h и w – высота и ширина оконного проема соответственно, а L – расстояние от поверхности оконного проема до теплопоглощающей поверхности (рис. 1).

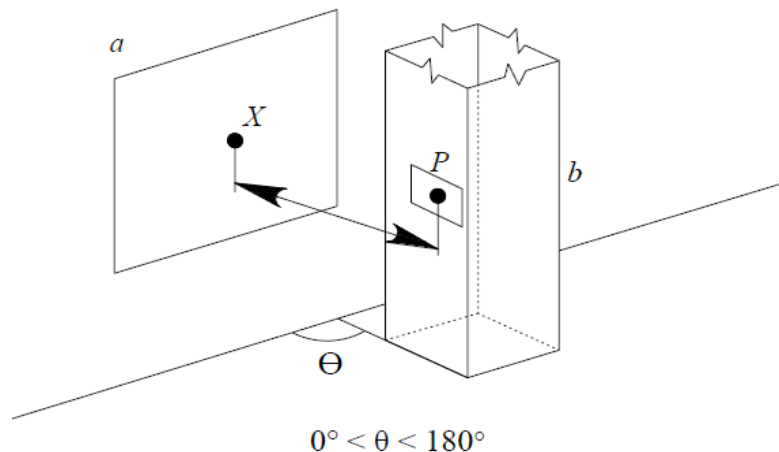


Рис. 1. Поверхность оконного проема и тепловоспринимающая поверхность находятся под углом Θ

В работе [9] приведено уравнение, позволяющее определить величину коэффициента облученности φ в случае непарallelности теплоизлучающей и теплопоглощающей поверхностей:

$$\begin{aligned} \varphi = \frac{1}{2\pi} & \left[\arctga - \frac{1 - b \cos \Theta}{\sqrt{1 + b^2 - 2b \cos \Theta}} \arctg \left(\frac{a}{\sqrt{1 + b^2 - 2b \cos \Theta}} \right) \right] + \\ & + \frac{a \cos \Theta}{\sqrt{a^2 + \sin^2 \Theta}} \left[\arctg \left(\frac{b - \cos \Theta}{\sqrt{a^2 + \sin^2 \Theta}} \right) + \arctg \left(\frac{\cos \Theta}{\sqrt{a^2 + \sin^2 \Theta}} \right) \right]. \end{aligned}$$

На объектах нефтехимического комплекса толщина ограждающей конструкции производственного помещения, содержащей оконные проемы, может достигать нескольких десятков сантиметров, в этом случае для получения наиболее точных результатов в оценке величины теплового излучения необходимо учесть возможное влияние эффекта диафрагмирования. Он предполагает, что некоторая часть лучистой энергии поглощается и отражается поверхностью ограждающей конструкции. Коэффициент диафрагмирования Φ показывает, какая часть лучистой энергии пожара, идущая через проем, выходит наружу. Для окна прямоугольной формы величина коэффициента диафрагмирования может быть найдена при помощи эмпирического уравнения:

$$\Phi = \frac{1 + \varphi}{2} - \left(\frac{1 - \varphi}{6} \right)^4.$$

Величина угла φ для оконных проемов прямоугольной формы зависит от геометрии оконного проема (высоты и ширины), а также от толщины ограждающей конструкции и обычно находится при помощи соответствующих номограмм [7].

Процесс построения диаграммы направленности лучистых тепловых потоков, которую можно использовать для технического обоснования решений при разработке ОПТП на объектах нефтехимического комплекса, можно формализовать в виде алгоритма, представленного на рис. 2.



Рис. 2. Алгоритм расчета диаграммы направленности через проемы в ограждениях при пожаре на объектах нефтехимического комплекса

Для расширения возможности применения практическими работниками федеральной противопожарной службы программного продукта для ввода параметров расчета и вывода результатов использован интерфейс электронной таблицы EXCEL [10], а расчетный блок был реализован в виде макроса Visual Basic [11]. Диаграмма направленности теплового излучения через два оконных проема при пожаре в помещении объекта нефтегазового комплекса представлена на рис. 3.

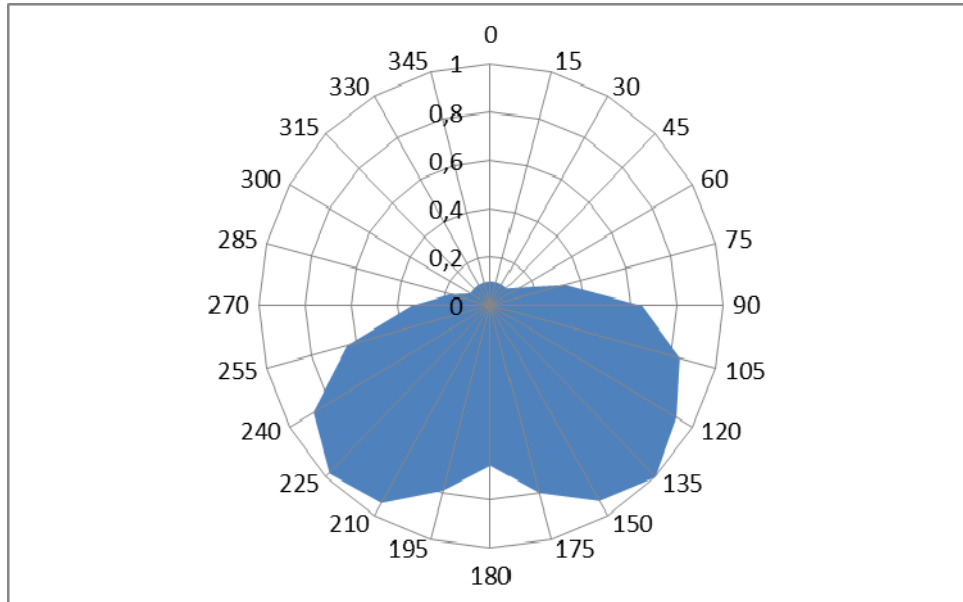


Рис. 3. Круговая диаграмма направленности теплового излучения через два проема в ограждениях при пожаре в производственном помещении

Зависимость величины плотности теплового потока от удаления к нормали может быть представлена в табличной и графической форме (рис. 4).

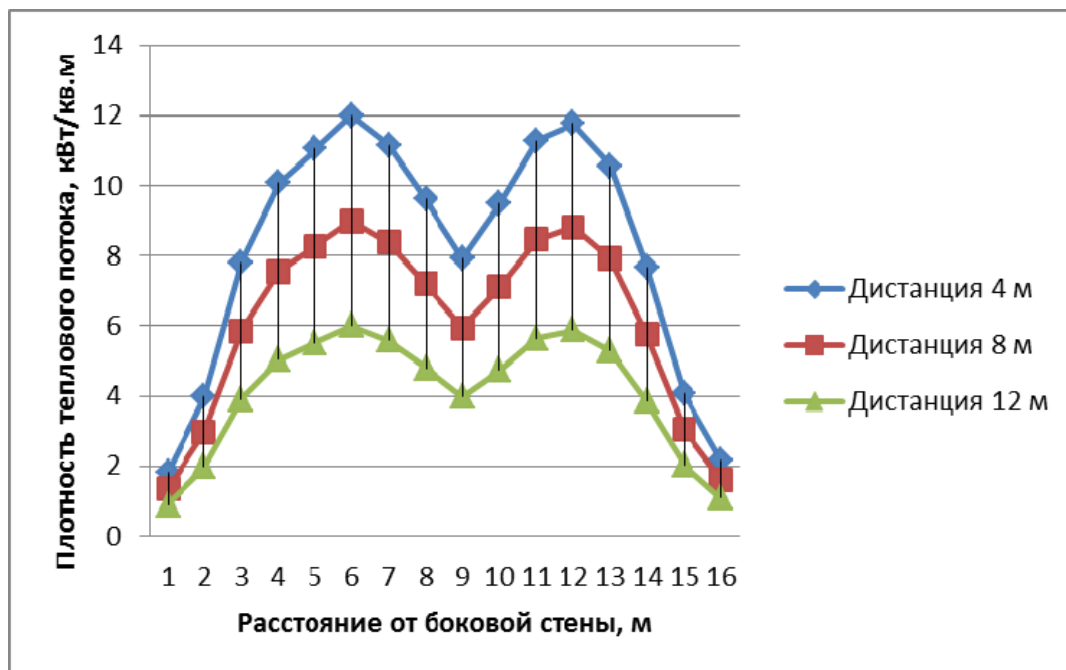


Рис. 4. Зависимость плотности теплового потока через два оконных проема на втором этаже производственного помещения

Литература

1. Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации ППБ 01-03: Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003 г. № 313 (зарег. в Минюсте 27 июня 2003 г. № 4 838). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности ВППБ 01-04-98 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.10.2017).
3. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ. Ст. 21. Разработка и реализация мер пожарной безопасности. Меры пожарной безопасности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. МУК 4.3.2755-10. Методы контроля. Физические факторы. Интегральная оценка нагревающего микроклимата. Методические указания. Введ. 2010-11-12. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Логинов В.И. Результаты исследований по разработке различных видов специальной защитной одежды пожарных // Пожарная безопасность. 2003. № 3. С. 116–122.
6. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
7. Романенко П.Н., Бубырь Н.Ф., Башкирцев М.П. Теплопередача в пожарном деле. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1969.
8. Макаров А.Н. Законы теплообмена электрической дуги и факела в металлургических печах и энергетических установках: монография. Тверь: ТвГТУ, 2012. 164 с.
9. Гоман П.Н., Соболевская Е.С. Разработка программы расчета интенсивности теплового излучения на пожаре // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2016. № 1 (65). URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 26.11.2017).
10. Excel – программа редактирования таблиц XLS | Microsoft. URL: <https://products.office.com/ru-ru/excel> (дата обращения: 26.06.2017).
11. Visual Basic | Microsoft Docs. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/visual-basic/> (дата обращения: 26.06.2017).



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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ В СЛУЧАЕ УГРОЗ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ

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

Рассматривается проблема обеспечения химической безопасности населения при перевозке аварийно химически опасных веществ железнодорожным транспортом в случае угроз террористических актов. Приведены рекомендации по снижению риска химической опасности.

Ключевые слова: аварийно химически опасное вещество, химическая безопасность

THE CHEMICAL SAFETY OF POPULATION IN TRANSPORTATION OF EMERGENCY CHEMICAL HAZARDOUS SUBSTANCES BY RAIL IN THE EVENT OF THREATS OF TERRORIST ACTS

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

Considers the problem of chemical safety of the population during the transportation of emergency chemical hazardous substances by rail in the event of threats of terrorist acts and provides recommendations for reducing the risk of chemical hazards.

Keywords: emergency chemically hazardous substances, chemical safety

Ежегодно в Российской Федерации различными видами транспорта перевозится более 3,5 млрд т грузов, в том числе железнодорожным – около 50 %. Только хлора ежегодно перевозится более 500 тыс. т [1]. Большое количество перевозимых аварийно химически опасных веществ (АХОВ) на значительные расстояния обуславливает повышение вероятности возникновения аварий на железнодорожном транспорте с риском химического заражения. Ежедневно на станциях обрабатывается до трех тысяч вагонов, перевозящих АХОВ. По безопасности движения железнодорожный транспорт занимает третье место после автомобильного и воздушного, интенсивность аварий при перевозке составляет $3,8 \cdot 10^{-7}$ на один вагон [2]. Статистика последних лет свидетельствует о незначительном уменьшении аварий на железнодорожном транспорте. В связи с ростом плотности населения вблизи

железнодорожных объектов и путей возрастает опасность массового поражения людей в случае разгерметизации железнодорожных цистерн с АХОВ.

Актуальность проблемы обеспечения химической безопасности обусловлена осложнением международной обстановки в связи с событиями на Украине, агрессивными действиями НАТО с учетом размещения большого количества контингента вооруженных сил НАТО вблизи границ, нарастанием террористических угроз.

Характер чрезвычайной ситуации (ЧС) при террористических актах на подвижных химически опасных объектах (ХОО) будет существенно отличаться от аварий на стационарных ХОО как по способам инициирования ЧС, так и по возможностям, связанным с одновременным развитием событий на разных объектах. Потери в результате террористических актов на подвижных ХОО могут значительно превосходить потери при авариях на стационарных ХОО. Как показывают исследования [3, 4], это может привести к большим масштабам загрязнения воздуха вблизи маршрутов перемещения транспорта.

Организация обеспечения химической безопасности перевозок АХОВ лежит на грузоотправителе. Способы, размещение и крепление тары с АХОВ в контейнерах разрабатываются и утверждаются грузоотправителем по согласованию с отделением железной дороги [5]. Материалы, используемые для крепления, должны быть инертными. Погрузочно-разгрузочные работы осуществляются согласно Правилам по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов (ПОТ РМ-007–98). При подаче под загрузку специализированных контейнеров-цистерн дежурный по станции силами работников вагонного хозяйства проводит их осмотр на предмет годности их в техническом отношении.

Сливочно-наливочные эстакады должны отвечать требованиям раздела 5 СНиП 2.11.03–93. Они с обеих сторон ограждаются тормозными башмаками, а железнодорожные стрелки устанавливаются в положение, исключающее попадание подвижного состава на путь погрузки (выгрузки). При сливе (наливе) должна быть обеспечена возможность орошения цистерн водой, подаваемая от стационарно установленных лафетных стволов. При заправке грузоотправитель проводит контроль налива цистерн, согласно техническим условиям проверяет их герметизацию и пломбирует заливные отверстия.

Специализированные контейнеры-цистерны с АХОВ сопровождают в пути специалисты грузоотправителя, которые обеспечиваются средствами индивидуальной защиты, комплектом инструментов, запасными материалами, заглушками. Они должны быть подготовлены к действиям в случаях аварий с проливом АХОВ согласно аварийной карточке на груз и располагаются в вагоне, следующим впереди цистерны (группы цистерн) с АХОВ. Грузоотправителем также готовятся выездные бригады на случай аварий с проливом АХОВ.

При составлении подвижного состава запрещается: цистерны с АХОВ спускать с горки и маневры с ними толчками. Скорость сцепления должна быть не более 5 км/ч, при маневрировании – не более 15 км/ч. В подвижной состав могут включать одиночную цистерну или группу цистерн с АХОВ. Стоящие на сортировочных путях цистерны с АХОВ ограждают со стороны горки двумя охранными тормозными башмаками, устанавливаемыми на оба рельса на расстояние не менее 25 м от них, а на путях временного хранения АХОВ и специальных путях, выделенных для проведения мероприятий по ликвидации аварии, кроме использования тормозных башмаков, устанавливают и запирают на навесные замки железнодорожные стрелки с целью недопущения проезда другого подвижного состава.

Специализированные контейнеры-цистерны с АХОВ при подаче их на подъездные пути, маневрировании и в пути следования должны иметькрытие из порожних вагонов или вагонов с неопасным грузом. Не допускается ставить порожние платформы первыми от вагонов с АХОВ.

На каждой станции прохождения подвижного состава с АХОВ разрабатывается инструкция по приему вагонов с АХОВ с учетом местных условий, утверждаемая начальником отделения дороги. В ней регламентирован: порядок оповещения рабочих станции и других объектов, подразделений военизированной охраны Министерства путей сообщения о предстоящем приеме и отправлении, маневре, сквозном пропуске; выделение

специальных путей, на которых будут проводиться мероприятия по ликвидации аварии, путей отстоя вагонов с АХОВ; порядок действия в аварийных ситуациях и экстремальных погодных условий.

Организация-грузоотправитель (грузополучатель) разрабатывает план действий в аварийной ситуации с вручением его сопровождающему на каждую перевозку, он должен иметь аварийную карточку системы информации об опасности на перевозимый груз. Планом действий в аварийной ситуации предусматривается порядок оповещения, вызова аварийной бригады по ликвидации последствий аварий, прибытия ее, перечень необходимого имущества и инструмента и технологии их использования в процессе ликвидации последствий аварий, порядок взаимодействия с аварийно-спасательными силами и средствами территориальных подсистем Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) и аварийно-спасательных сил РЖД России. Комиссия по чрезвычайным ситуациям и обеспечению пожарной безопасности (КЧС и ОПБ) территориальной подсистемы РСЧС совместно с железнодорожной транспортной системой предупреждения и ликвидации ЧС местного отделения железной дороги разрабатывает план взаимодействия сил и средств на соответствующей территории по осуществлению мероприятий по предупреждению аварий при перевозке опасных грузов и, в том числе АХОВ, и ликвидации их последствий. По прибытию на конечную точку маршрута ответственный за перевозку груза осуществляет сдачу груза.

Грузополучатель после разгрузки АХОВ обязан очистить специализированный контейнер-цистерну от остатков АХОВ и провести ее дегазацию.

Аварии (разрушения) в случаях террористических актов на железнодорожном транспорте, перевозящем АХОВ, могут произойти как в случаях заправки (разгрузки), так и в ходе перемещения на маршруте.

Как показали исследования, наиболее опасен вариант, когда происходит разгерметизация железнодорожной цистерны с АХОВ при перемещении в населенных пунктах, прохождении станций, маневрирования при составлении составов.

Расчеты показывают (рис. 1), что наибольшую опасность, например, для населения при разгерметизации резервуаров с хлором, перевозимых железнодорожным транспортом, будет представлять зона химического заражения при условии инверсии, скорости ветра 1 м/с, температуры окружающего воздуха +20 °С, образовавшаяся от пролива АХОВ на участке торможения при значительных величинах разгерметизации (более $S=0,01 \text{ м}^2$).

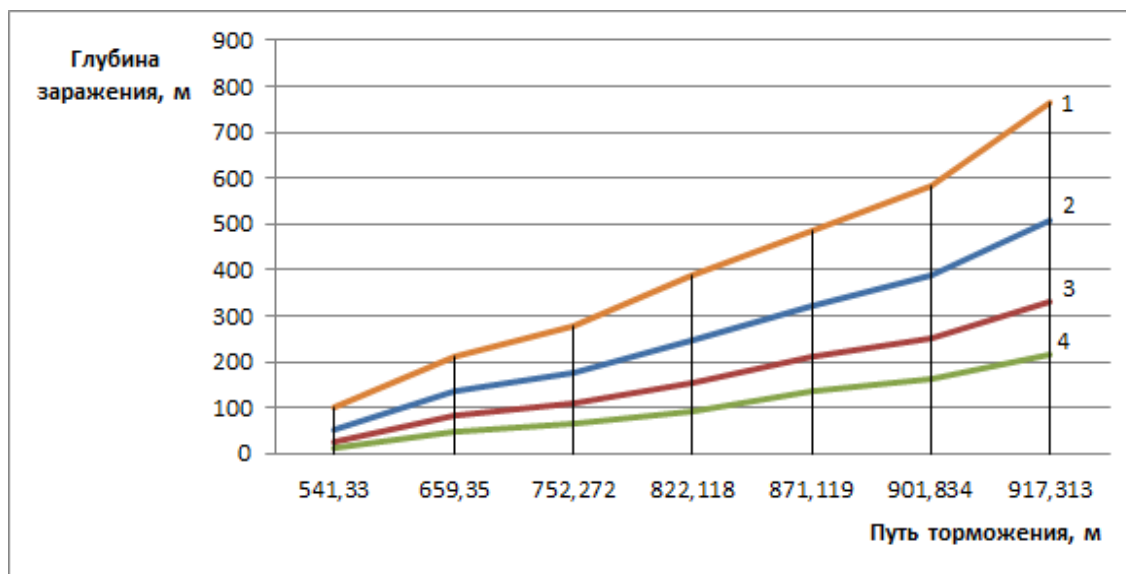


Рис. 1. Зависимость глубины химического заражения на пути торможения поезда от величины пробоины, время локализации 15 мин; инверсия $u=1 \text{ м/с}$; $t=+20 \text{ °С}$, при начальной скорости торможения 70 км/ч:
 1 – пробоина $S=0,04 \text{ м}^2$; 2 – пробоина $0,02 \text{ м}^2$;
 3 – пробоина $0,01 \text{ м}^2$; 4 – пробоина $0,005 \text{ м}^2$

Разрушения цистерн с АХОВ, перевозимых железнодорожным транспортом, в результате террористических актов представляют наибольшую опасность для населения, жилые районы которых расположены вблизи сортировочных станций, мест маневра грузовых составов с АХОВ. В этих случаях расчеты показывают (рис. 2) на увеличение рисков химической опасности населения на порядок и более [6].

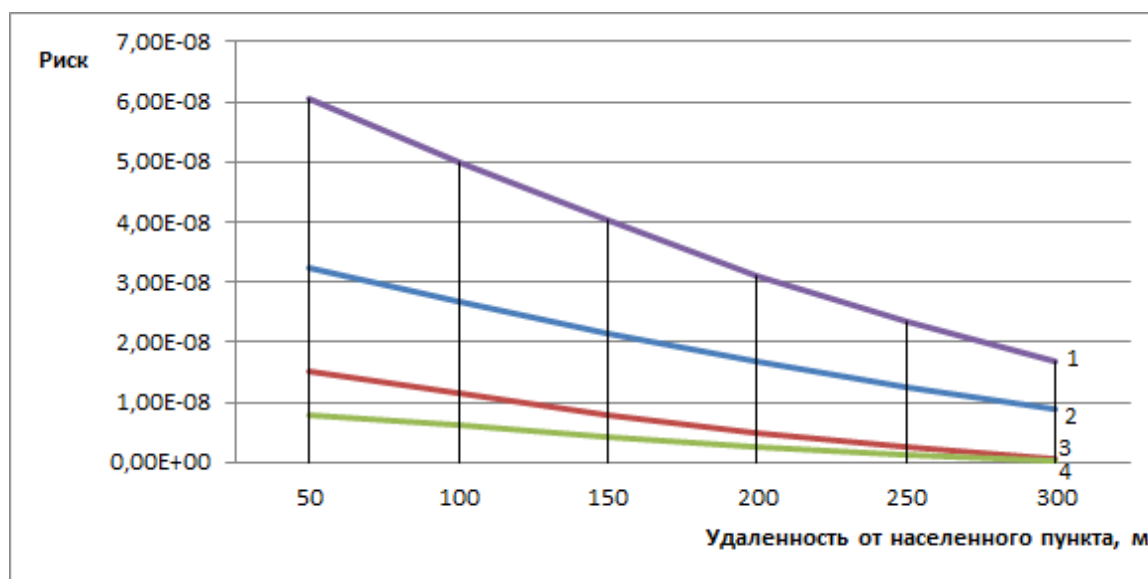


Рис. 2. Зависимость значения риска от удаленности места аварии до участка населенного пункта (размер 1 000 м на 500 м) в районе маневрирования подвижного состава, в условиях инверсии, $S_{отв}=0,04 \text{ м}^2$, пробойна в днище, $u=1 \text{ м/с}$, $t^0=+20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, время локализации 15 мин, при начальной скорости торможения 70 км/ч:

- 1 – пороговое, в случае возможного химического заражения;
- 2 – смертельное, в случае возможного химического заражения;
- 3 – пороговое, в случае фактического химического заражения;
- 4 – смертельное, в случае фактического химического заражения

Специфика и характер таких аварий (разрушений) железнодорожных цистерн с АХОВ при транспортировке определяют особенности в организации обеспечения химической безопасности населения по сравнению с авариями на стационарных ХОО вследствие террористических актов. Эти особенности заключаются в следующем:

- возможность проведения террористических актов на железнодорожном транспорте при перевозке АХОВ на большие расстояния от грузоотправителя (грузополучателя), что усложняет оперативное прибытие аварийных бригад;
- масштабность последствий таких аварий (разрушений); большой тормозной путь при остановке аварийного транспорта в связи с большой массой грузового подвижного состава (свыше 5 тыс. т) и высокой скорости движения поезда;
- наличие в составе поезда больших количеств перевозимого АХОВ; аварии (разрушения) могут происходить, как правило, внезапно, в пути следования при высокой скорости движения подвижного состава;
- отсутствие ограждения в пределах населенных пунктов и близость расположения объектов с людьми (станции, депо, жилые здания);
- невозможность изменения маршрута вдали от мест массового скопления людей (на станциях, в депо, жилых, промышленных зданий) в населенных пунктах;
- несвоевременное получение достоверной информации о случившемся, что ведет к запаздыванию оповещения населения и прибытия сил для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;

– трудности и специфика обеззараживания в местах аварии вследствие возможного скопления другого подвижного состава (на станциях, в местах формирования состава).

В целях повышения химической безопасности населения при прохождении железнодорожных составов с АХОВ целесообразно:

– совершенствование способов оповещения населения об угрозе химического заражения и оперативного информирования территориальной подсистемы РСЧС, аварийных служб отделения РЖД России (ОЖД России), обеспечения полной информацией о параметрах разгерметизации, количестве аварийных (разрушенных) цистерн с АХОВ Центра управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России;

– определение оптимальных безопасных для основной массы населения скоростей перемещения подвижного состава в населенных пунктах (городах);

– назначение времени перемещения с учетом интенсивности грузопотока на маршруте и метеорологических условий, которые способствовали бы наименьшему распространению зараженного облака при авариях с проливом АХОВ;

– оснащение лиц, сопровождающих груз АХОВ, средствами, позволяющими оперативно заделывать пробоины и локализовать распространение зараженного облака в случае аварии;

– совершенствование технических средств, привлекаемых к ликвидации последствий в целях повышения эффективности и быстрой ликвидации последствий таких аварий;

– совершенствование способов оперативной локализации аварии и обеззараживания участков местности (водоемов) при проливе АХОВ.

Так, например, в целях оперативного оповещения населения об аварии (разрушении) груза с АХОВ при прохождении железнодорожного состава целесообразно в первую очередь оборудовать системой экстренного оповещения ОКСИОН подъезды домов, расположенных вблизи маршрута перемещения составов с опасными грузами.

Для минимизации потерь вследствие теракта целесообразно чередовать цистерны в составе с АХОВ и безопасным веществом. Зависимость глубины заражения от количества поврежденных цистерн представлена на рис. 3.

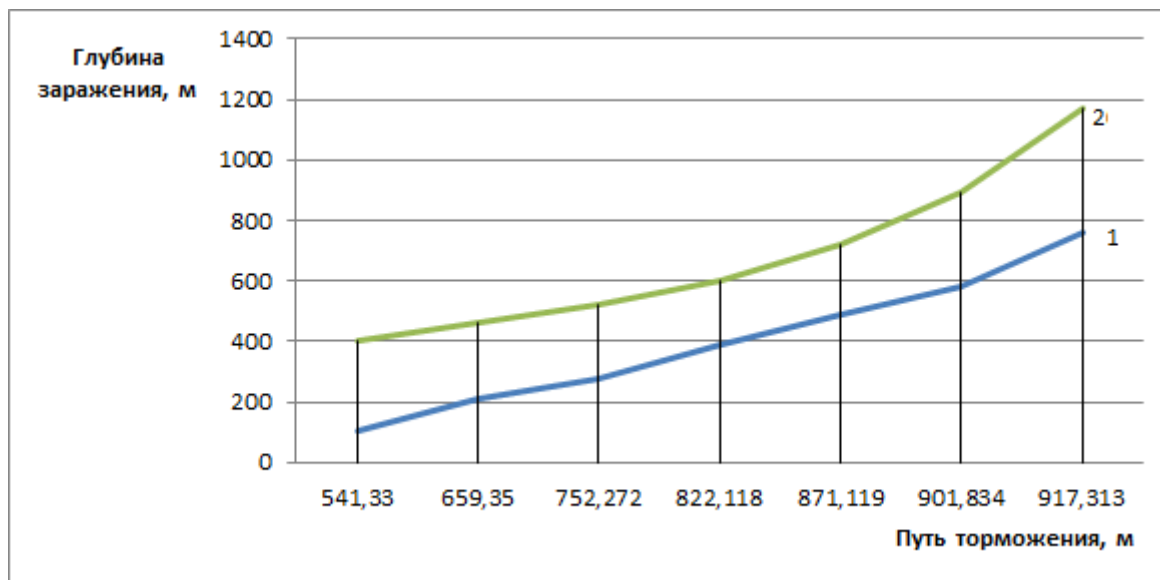


Рис. 3. Глубина химического заражения в зависимости от числа поврежденных цистерн при условии инверсии на участках торможения, время локализации 15 мин ($S=0,04 \text{ м}^2$):

1 – одна поврежденная цистерна; 2 – шесть поврежденных цистерн

Транспортировку АХОВ железнодорожным транспортом целесообразно осуществлять ночью летом, когда в большинстве районов населенного пункта наблюдается состояние стратификации близкое к инверсии или изотермии, при скорости ветра более 3 м/с. В населенных пунктах с малоэтажными зданиями целесообразно это делать днем, в условиях конвекции, при скорости ветра более 3 м/с. В зимнее время при низких температурах воздуха можно осуществлять перевозки в любое время суток.

При составлении подвижного состава предпочтительно выбирать вагоны, цистерны и платформы, в тормозных системах которых используются чугунные, а не композиционные колодки (рис. 4).

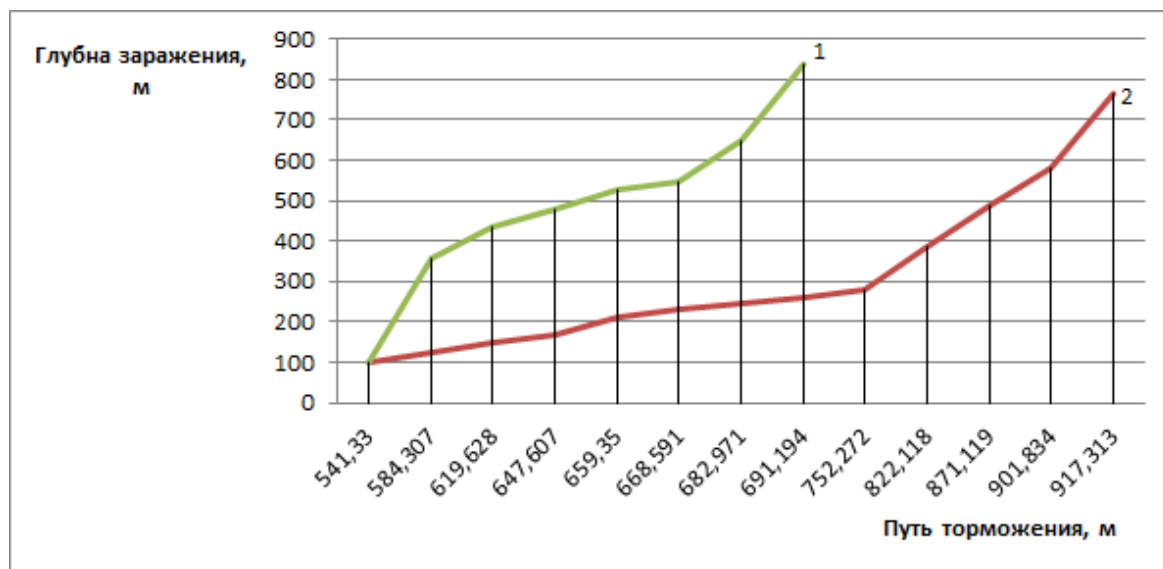


Рис. 4. Зависимость глубины химического заражения на участке торможения от использования различного вида тормозных колодок (1 – композиционные, 2 – чугунные) в условиях инверсии, $S_{отв}=0,04 \text{ м}^2$, пробойна в днище, $u=1 \text{ м/с}$, $t^0=+20 \text{ }^\circ\text{C}$, время локализации 30 мин, при начальной скорости торможения 70 км/ч

Исходя из изложенного, перевозку АХОВ железнодорожным транспортом в целях безопасности следует осуществлять в населенных пунктах на самых удаленных железнодорожных путях от вокзалов в условиях вертикальной устойчивости воздуха – конвекции.

В противном случае это может привести к вероятности большего поражения людей в местах массового скопления (вокзалы, жилые кварталы и промышленные объекты вблизи их), осложнению доставки техники для проведения аварийно-спасательных работ в зону аварийного разлива АХОВ и повышенным мерам обеспечения химической безопасности лиц, принимающих участие при проведении аварийно-спасательных работ, вследствие застоя паров АХОВ, вызванных расположением рядом стоящих железнодорожных составов на станции;

– прохождение такими составами станций в периоды отсутствия стоянки пассажирских поездов;

– перемещение в населенных пунктах в основном в ночное время с понижением скорости (рис. 5), желательно при скорости ветра более 3 м/с;

– непрерывную оперативную связь сопровождающему опасный груз как с машинистом, так и с территориальной подсистемой РСЧС и аварийной бригадой грузоотправителя;

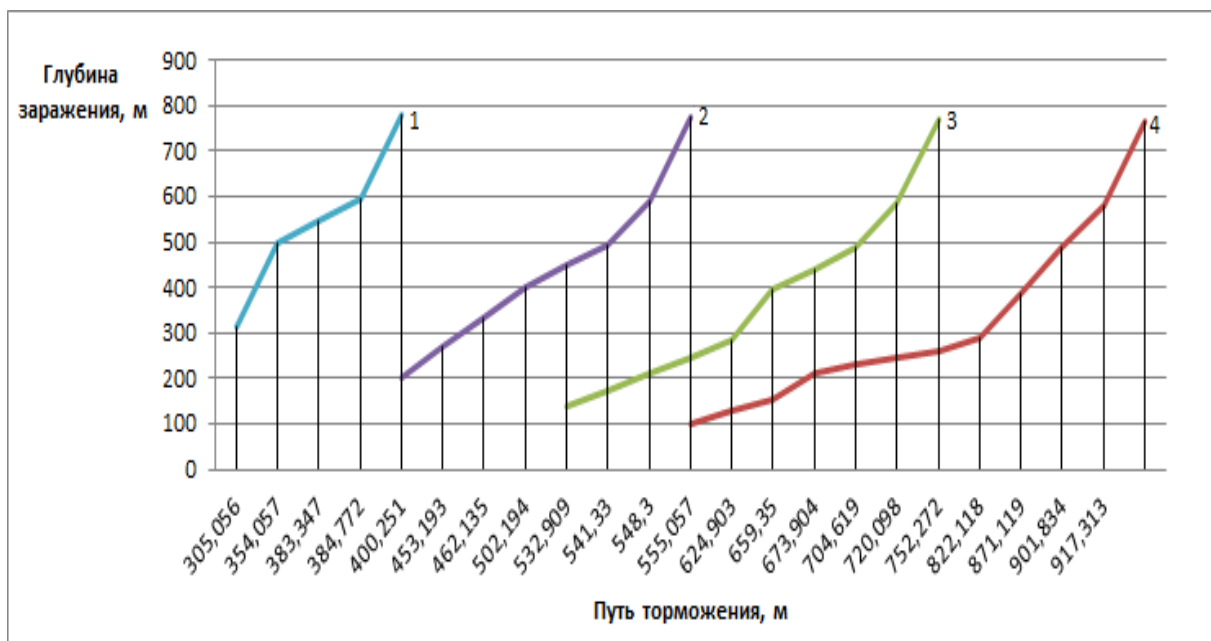


Рис. 5. Зависимость глубины химического заражения на участке торможения от начальной скорости торможения в условиях инверсии, время локализации 30 мин, $S_{отв}=0,04 \text{ м}^2$, пробойна в днище, $u=1 \text{ м/с}$, $t=+20 \text{ }^{\circ}\text{C}$:
1 – 40 км/ч; 2 – 50 км/ч; 3 – 60 км/ч; 4 – 70 км/ч

– предусмотреть оборудование кабины машиниста системой автоматической сигнализации от датчиков разгерметизации резервуаров с АХОВ;

– предусмотреть в случае аварии (разрушения) с проливом АХОВ подачу сигнала оповещения системой экстренной ОКСИОН населению ближайшего микрорайона на участке торможения и аварийной остановки, а машинисту подачу дублирующего звукового сигнала тревоги, что позволит людям своевременно осуществить герметизацию помещений и, таким образом, снизить поражающее действие АХОВ;

– в случаях аварий (разрушений) с проливом АХОВ в районах прохождения станций при больших площадях разгерметизации (более $0,01 \text{ м}^2$) предоставлять возможность машинисту ускоренно пройти пристанционный участок и вывести грузовой состав с аварийной цистерной (цистернами) с АХОВ в безопасное место, где будет осуществляться ликвидация последствий аварии;

– оперативное перебазирование подвижного состава с аварийным проливом АХОВ на спланированный запасной путь, удаленный на безопасное расстояние от селитебной части;

– при формировании состава с грузом АХОВ включать цистерны, оборудованные устройством оперативной дегазации участков пролива АХОВ при аварии на участках аварийного торможения [7].

Таким образом, с учетом реализации предлагаемых мер по обеспечению химической безопасности населения, расположенного вблизи маршрутов прохождения железнодорожных составов с АХОВ, возможно существенное снижение риска химической опасности.

Литература

1. Савчук О.Н., Антонов С.Ю., Егоров П.А. Химическая безопасность. Выявление и организация ликвидации последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015.

2. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М.: МЧС России, Деловой экспресс, 2004. 348 с.

3. Совершенствование методики оценки и прогнозирования возникновения чрезвычайного локального загрязнения воздуха оксидами азота вблизи автодорог / В.Н. Ложкин [и др.] // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 2 (49). С. 149–154.

4. Невмержицкий Н.В., Ложкина О.В., Ложкин В.Н. Расчетная методика и компьютерная программа для оценки и прогнозирования загрязнения воздуха на автомагистралях мелкодисперсными взвешенными частицами PM_{2.5} и PM₁₀ // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 206–209.

5. Правила перевозки опасных грузов по железным дорогам: Приказ МПС РФ от 27 дек. 1994 г. № ЦМ-309 (по состоянию на июль 2011 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Савчук О.Н., Иванов А.Ю. Особенности оценки рисков при разгерметизации железнодорожных цистерн с аварийно химически опасными веществами при транспортировке // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 2 (30). С. 6–12.

7. Устройство оперативной дегазации участков аварийного торможения железнодорожного транспорта при проливе жидких опасных химических веществ: пат. 2526384; патентообладатель О.Н. Савчук; заяв. 17.12.2012; опубли. 27.06.2014. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2526384> (дата обращения: 23.12.2018).

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

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

Обоснована конструкция электролитического заземлителя, обеспечивающего безопасность использования пожарно-технических средств при их электроснабжении от автономных источников электрической энергии в сельских населенных пунктах.

Ключевые слова: электроснабжение пожарно-технических средств, автономный источник электрической энергии, электробезопасность людей, заземлитель

TECHNICAL SOLUTIONS TO ENSURE ELECTRICAL SAFETY IF YOU ARE USING OFFLINE SOURCES ELECTRIC ENERGY FOR ELECTROSUPPLY FIRE-TECHNICAL MEANS

V.A. Sednev; N.V. Lopuhova.
Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

It justifies the design of electrolytic earthing switch, ensure the safety use of fire-technical means, when power supply from Autonomous sources of electricity in rural areas.

Keywords: electrosupply fire-technical means, independent source of electrical energy, electrical safety of people, grounding

Вновь проектируемые и реконструируемые системы водоснабжения, питающие отдельные территории или несколько территорий, должны базироваться не менее чем на двух независимых источниках воды, один из которых следует предусматривать подземным.

При невозможности обеспечения питания системы водоснабжения от двух независимых источников допускается снабжение водой из одного источника с устройством двух групп водозаборных сооружений, одна из которых должна располагаться вне зоны возможных разрушений.

При этом не менее половины скважин должны быть присоединены к автономным резервным источникам питания электроприемников и иметь устройства для подключения насосов к передвижным электростанциям [1].

Поэтому разработаны технические и организационные предложения по обеспечению электробезопасности людей при использовании ими автономных резервных источников электрической энергии (ИЭЭ) для электроснабжения пожарно-технических средств. Эти технические решения дополняют известные решения по обеспечению устойчивого противопожарного водоснабжения сельских населенных пунктов, предполагающие резервирование электроснабжения электроприемников водонапорных башен [2] и применение зимнего колодца водоема для забора воды [3].

Для защиты персонала от поражения электрическим током при повреждении изоляции в передвижных электроустановках (ЭУ) напряжением выше 42 В переменного тока и 110 В постоянного тока при отсутствии постоянного контроля изоляции и защитного отключающего устройства должны быть установлены заземляющие устройства [4, 5], представляющие совокупность заземлителей и заземляющих проводников.

Защитное заземление обеспечивает снижение до безопасных значений напряжения прикосновения, обусловленное замыканием на корпус и другими причинами. Для заземления ЭУ устраиваются заземляющие устройства. Сопrotивление заземляющего устройства для передвижных ЭУ с изолированной нейтралью должно быть не более 25 Ом и в них заземлению подлежат все металлические части, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции.

Заземлители могут быть искусственными и естественными.

В качестве заземлителей передвижных ЭУ используются трубчатые и стержневые электроды и буравы, входящие в комплект электростанций.

Отдельные заземлители должны находиться друг от друга на расстоянии не менее их длины и быть соединены между собой гибкими медными проводами сечением не менее 6 мм². Заземлители корпуса передвижной ЭУ устанавливаются на расстоянии не менее 0,8–1,2 м от прицепа.

В целях повышения эффективности и надежности защиты обслуживающего ЭУ персонала от поражения электрическим током, а также удобства эксплуатации заземлителей, могут использоваться электролитические, пенные, водные, переносные и другие заземляющие устройства [4–6].

Например, раздвижной заземлитель (рис. 1) состоит из стальных продольных планок 1 и поперечных стяжек 2, соединенных между собой через шарниры 3. К продольным планкам 1 прикреплены вертикальные электроды 4. Металлический провод 5 соединяет заземлитель с корпусом передвижной ЭУ. Для установки заземлитель укладывается на грунт и на него наезжает транспортное средство, под действием которого вертикальные электроды погружаются в грунт.

Переносной электролитический заземлитель (рис. 2) предназначен для использования в зимнее время. Состоит из резервуара 1 с несообщающимися между собой коаксиальными полостями, полость 2 для топлива, полость 3 для электролита (раствора поваренной соли), крышки с отверстием 4 для залива топлива, пористой прокладки 5, соединительного проводника 6. Заземлитель работает следующим образом. Резервуар 2 соединяется проводником 6 с электроустановкой. Через отверстие 4 в полость 2 заливается топливо, через одно из отверстий во внешней стенке резервуара, предназначенных для доступа воздуха, факелом поджигается топливо. В полость 3 заливается электролит, просачивающийся через пористую прокладку 5 и воздействующий на грунт, обеспечивая контакт заземлителя с грунтом. Выделяемое тепло при сгорании топлива идет на нагрев резервуара, под которым образуется талая зона и идет нагрев электролита, который быстрее проникает в мерзлый грунт.

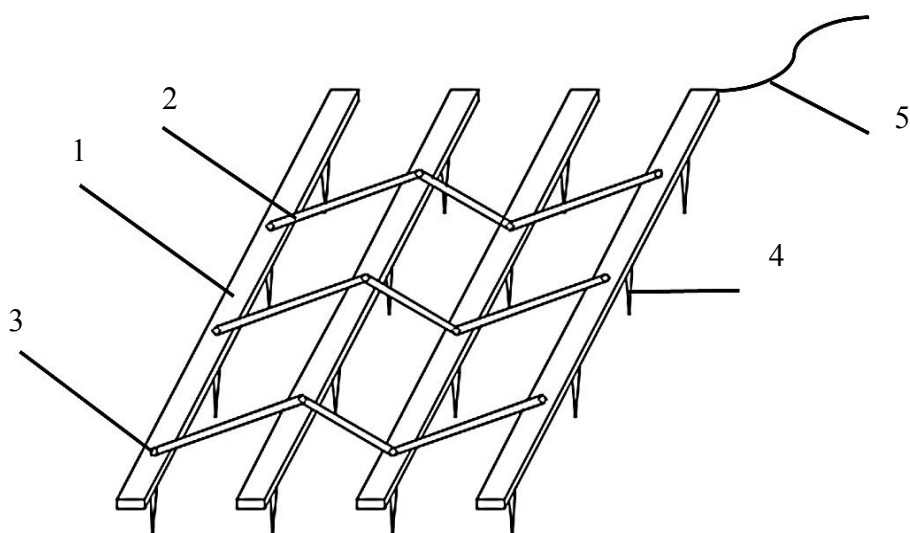


Рис. 1. Раздвижной заземлитель

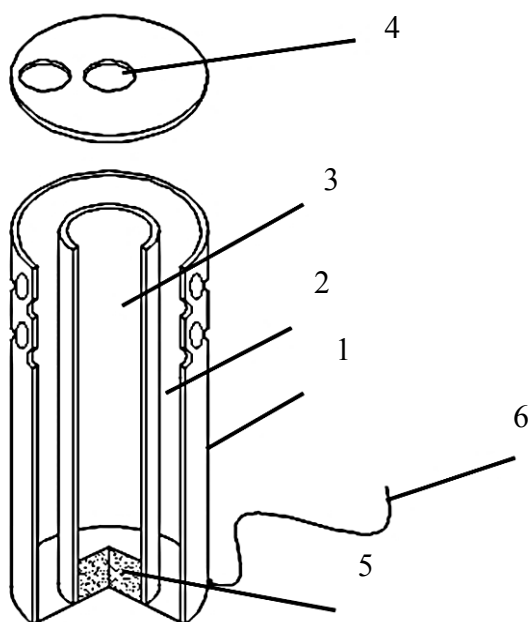


Рис. 2. Переносной электролитический заземлитель

Пенный заземлитель (рис. 3) содержит переносной пеногенератор 1, соединенный трубопроводами 2 с емкостью 3, содержащей электропроводный пенный раствор. Корпус электроустановки 4 соединен металлическим гибким проводником 5 с корпусом 6, выполненным из металлической сетки. При подготовке к работе осуществляется подключение пеногенератора 1 кабелем 7 к передвижной электроустановке 4. Пенный раствор поступает из емкости 3 по трубопроводу 2 в пеногенератор 1, который генерирует пену 8, размещающуюся плотным слоем на поверхности земли. Затем пена 8 накрывается сетчатым корпусом 6, который соединен с корпусом электроустановки. Так пенный заземлитель осуществляет контакт электроустановки с землей.

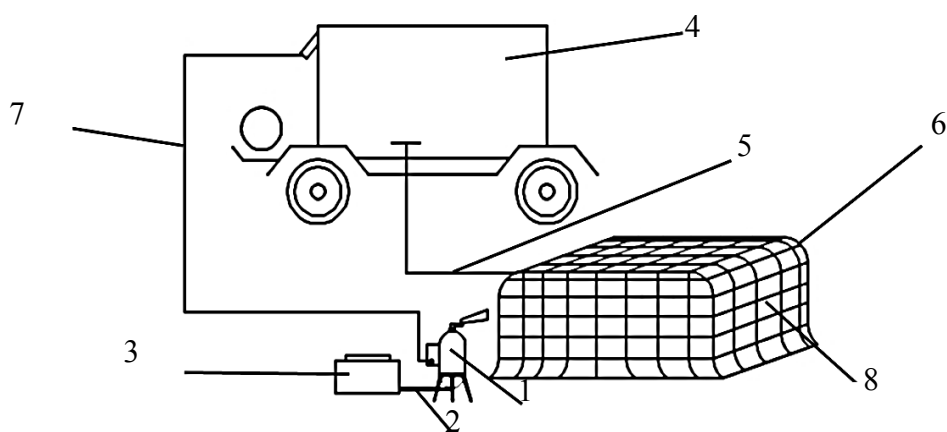


Рис. 3. Пенный заземлитель

Водный заземлитель (рис. 4) используется в условиях вечной мерзлоты или каменистых почв и содержит оболочку 1, изготовленную из гибкой металлической сетки, надувной элемент 2 соединяется гибким трубопроводом 3 через запорный клапан 4 с источником сжатого воздуха 5; проводник 6 соединяет заземлитель с передвижным источником электроэнергии (ИЭЭ) 7. Установка заземлителя осуществляется следующим образом. Заземлитель помещается в водоем, в летнее время года открывается запорный клапан 4 и сжатый воздух поступает во внутреннюю полость элемента 2, надувая его. В результате сетчатый заземлитель 1 разворачивается и облегчает наружную поверхность надувного элемента. За счет увеличения площади соприкосновения заземления с водой повышается надежность заземления. При установке заземления в зимнее время года трубопровод 3 и соединительный проводник 7 выводятся наружу через лунку 8, сделанную в поверхности льда 9.

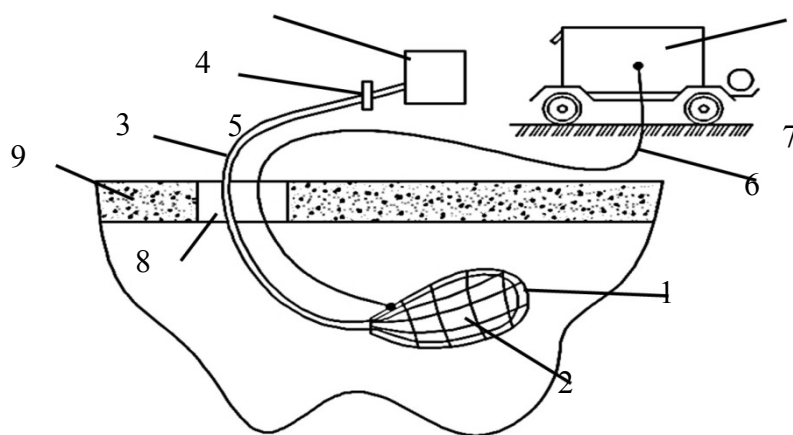


Рис. 4. Водный заземлитель

Сопротивление заземляющего устройства источника электрической энергии с изолированной нейтралью должно быть не более 25 Ом, однако оно зачастую применяется в зонах с почвенно-климатическими условиями, где электрическая структура грунтов имеет большое удельное сопротивление. Тогда для достижения допустимых норм сопротивления заземляющих устройств приходится значительно увеличивать их размеры, что приводит к росту трудозатрат и времени на их установку.

Сложностей можно избежать, если пользоваться предлагаемым электролитическим заземлителем (рис. 5), который содержит: резервуар 1, электролит 2, электроды со сферическим основанием 3, дросселирующее устройство 4, источник питания 5, выносной заземлитель 6.

Электроды со сферическим основанием (рис. 6) включают каналы 7 для протекания электролита и электромагнитный клапан 8 (рис. 7), состоящий из соленоида 9, якоря 10, корпуса 11, пружины 12, седла клапана 13, прикрепляемого к якорю. Второй конец якоря помещен внутри соленоида.

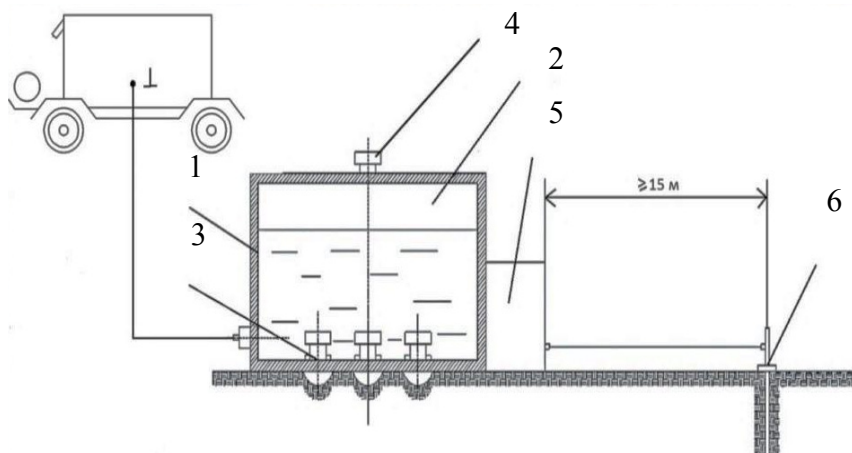


Рис. 5. Электролитический заземлитель

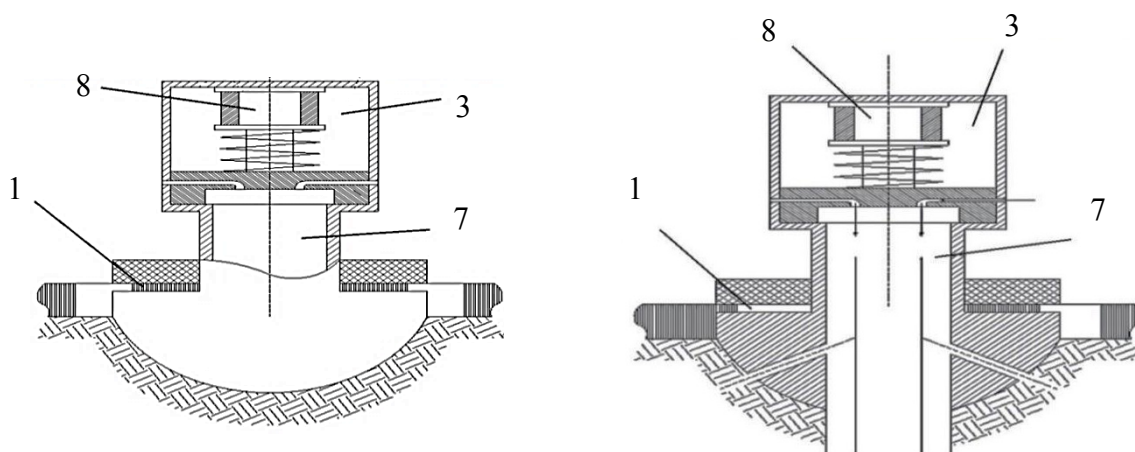


Рис. 6. Электроды со сферическим основанием

Принцип работы электролитического заземлителя: после установки на грунт, открытия дросселирующего устройства и включения источника питания электролит истекает через каналы электродов со сферическим основанием.

Открытое положение каналов электромагнитного клапана обеспечивается пружиной. Истечение электролита из резервуара продолжается до тех пор, пока сопротивление току растекания с электрического заземлителя в грунт не достигнет нормы. При этом электролитическое усилие, создаваемое соленоидом, станет больше силы пружины, воздействующей на седло клапана. Якорь с седлом клапана начнет втягиваться в соленоид, и истечение электролита прекратится. Ток, протекающий по обмотке соленоида, зависит от сопротивления растекания тока с электролитического заземлителя в грунт. Сила пружины станет больше усилия соленоида, и седло клапана опустится под ее воздействием, каналы откроются и вновь начнется протекание электролита на землю. Так обеспечивается автоматический расход электролита в зависимости от сопротивления растекания тока с электролитического заземлителя в грунт, чем достигается независимость от почвенных условий и сезонных колебаний.

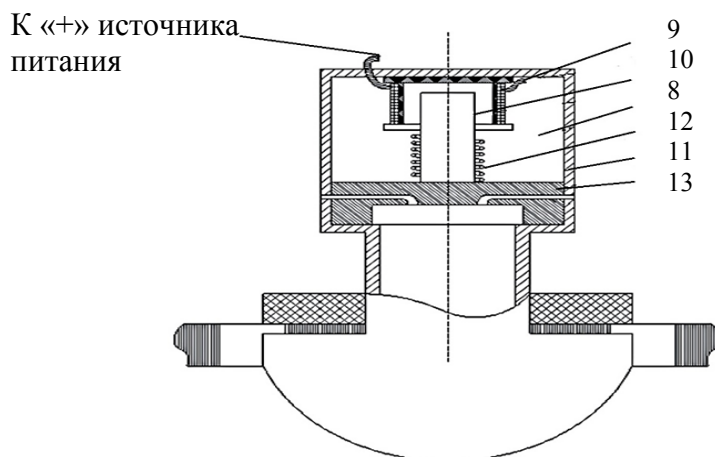


Рис. 7. Электромагнитный клапан

Доступность материалов (отработанный электролит, соляные растворы, морская вода), быстрота установки и свертывания, простота конструкции и обслуживания обеспечивают возможность промышленного производства и включения заземлителя в комплект передвижных ИЭЭ для автономного питания электроприемников скважин [2] и погружных насосов водозаборных сооружений, сблокированных с электродвигателями.

Литература

1. СП 165.1325800.2014. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.11.2017).
2. Седнев В.А., Тетерина Н.В., Смуров А.В. Организационно-техническое обеспечение противопожарного водоснабжения сельских населенных пунктов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2016. Вып. 2 (66). 7 с.
3. Седнев В.А., Тетерина Н.В. Комплекс технических решений по повышению эффективности защиты населенных пунктов от пожаров зимой и обеспечению пожарной безопасности граждан // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2016. № 4. С. 64–78.
4. Седнев В.А., Можаяев Н.С., Удинцев Д.Н. Есть «Земля»! // Армейский сборник. 1996. № 5. С. 57–58.
5. Дулицкий Г.А., Комаревцев А.П. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1 000 В: справ. М.: Воениздат, 1988. 128 с.
6. Основы электротехники, электроники и электрооборудование: учеб. пособие / А.Г. Растеряев [и др.]. Калининград: КВИУИВ, 1993. 100 с.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

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

Ю.В. Рева, кандидат военных наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.И. Комашинский, доктор технических наук, доцент.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук

Рассмотрены вопросы, связанные с системой управления рисками в условиях чрезвычайных ситуаций. Показано, что за определенный промежуток времени в рамках технократической концепции природный и техногенный риски измеряются вероятной

величиной потерь. Изложен на основе вероятностного метода методический аппарат анализа риска и также построены различные методики оценки риска для населения и территорий в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: риск природного и техногенного характера, управление риском, методический аппарат при анализе риска в чрезвычайных ситуациях, процедуры анализа риска, методы прогнозирования чрезвычайных ситуаций

MANAGEMENT OF EMERGENCY SITUATIONS RISKS

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

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

V.I. Komashinsky.

Institute of transport named after N.S. Solomenko of the Russian academy of sciences

Devoted to the consideration of issues related to risk management system in emergency situations. It is shown that for a certain period of time within the technocratic concept of natural and technogenic risks are measured by the likely amount of losses. Set out on the basis of probabilistic method the methodology underlying the risk analysis and also constructed various methods of risk assessment of the population and territories in emergency situations.

Keywords: natural and technogenic risk, management of risk, methodical apparatus of risk analysis in emergency situations, concept of risk analysis, methods for forecasting emergency situations

С каждым годом в нашей стране и за ее пределами увеличивается количество чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного, социального и техногенного характера. Такая ситуация требует принятия грамотных и правильных решений по совершенствованию вопросов управления безопасностью. В качестве таких мероприятий необходимо осуществить переход к способам управления, которые будут основываться на анализе и оценке риска как вероятностной количественно-качественной характеристики опасности для проживающего на данной территории населения и окружающей среды, от объекта опасности, к практической деятельности по управлению рисками в ЧС. Во многих случаях риск должен оцениваться при реализации поломок, аварий и катастроф с разрушением систем сооружений и их защитных оболочек, выбросом опасных веществ в окружающую среду, затоплением огромных площадей территорий не только в условиях нормальной эксплуатации.

В настоящее время под природным риском понимается вероятность негативных последствий от крайне опасных природных явлений и событий, а под техногенным риском – от опасных техногенных процессов и явлений, связанных с деятельностью человека при эксплуатации оборудования, а также ухудшения среды обитания из-за выбросов производств в процессе административно-хозяйственной деятельности человека по преобразованию ее в своих потребительских целях. Ну и, наконец, под социальным риском будем понимать вероятность пагубных последствий от социальных процессов, таких как ухудшение социально-экономического состояния страны, различия населения регионов по доходам, появление больших групп населения, которые живут ниже прожиточного минимума, и негативных социальных явлений, к которым относятся терроризм, коррупция, преступность, алкоголизм, наркомания и др. Время и ущерб, по которым оценивается тот или иной риск, являются независимыми переменными, а для прогноза риска необходимо определить частоту опасного события и, соответственно, показать материальный ущерб от них. За последние годы оценки частот отдельных опасных событий на территории нашей страны приведены в таблице.

Особенно важен анализ риска на уровне территорий и регионов, в которых сосредоточены потенциалы опасных производств и объектов в сочетании с недостаточным финансированием и напряженной социальной обстановкой.

Следует отметить, что за определенный промежуток времени в рамках технократической концепции природный и техногенный риски измеряются вероятной величиной потерь. Заблаговременное предвидение риска, принятие соответствующих необходимых мер по его уменьшению путем изменения факторов с учетом эффективности принимаемых мер, выявление влияющих негативных факторов и составляет сущность управления риском.

Таблица. Частоты опасных событий в Российской Федерации

Опасное событие	Частота, год ⁻¹
Техногенные чрезвычайные ситуации, в том числе:	$(0,9 \dots 1,2) \cdot 10^3$
пожары и взрывы	350...450
аварии на трубопроводах	60...80
авиационные катастрофы	20...40
крупные автомобильные катастрофы	120...150
крупные крушения на железных дорогах	15...20
гидродинамические аварии	4...8
Природные чрезвычайные ситуации, в том числе:	200...500
лесные пожары (площадь более 100 га)	100...200
бури, ураганы смерчи, шквалы	80...120
Биолого-социальные чрезвычайные ситуации	100...150

Под управлением риском в общем случае понимается разработка и практическое обоснование оптимальных программ деятельности, которые призваны наиболее эффективно использовать управленческие решения в сфере обеспечения безопасности. При этом сам этот процесс является главным элементом такой деятельности. Главный элемент этой деятельности – процесс рационального и эффективного распределения различных видов ресурсов на уменьшение соответствующих рисков с целью достижения такого уровня безопасности природной среды и населения, какой только в определенной ситуации возможен с точки зрения факторов как социальных, так и экономических. Этот ход явления в пространстве и времени основан на наблюдении за природной средой и анализе риска.

Согласно другому базовому категорийному аппарату под управлением риском понимается целенаправленная деятельность, которая основана на уменьшении риска до уровня, которого государство считает для себя приемлемым, исходя из ограничений на время и виды ресурсов.

Обычно для управления возникающим видом риска используется своеобразный подход, который основан на отдельных субъективных суждениях индивидов и который игнорирует социально-экономические аспекты. Эти аспекты определяют уровень безопасности как общества, так и личности.

В целях устойчивого развития общества, то есть обеспечения безопасности окружающей природной среды и человека в условиях улучшения и повышения качества жизни каждого индивидуума, научный и системный подход к принятию управленческих решений требует взвешенного мышления. Это мышление должно быть основано на количественно-качественном анализе риска и последствий, которые могут произойти от принимаемых субъектом управления решений. Эти управленческие решения принимаются в пределах системы управления риском.

Система управления рисками ЧС является главной составной частью такого управления. Для управления этими рисками необходимо обязательно развивать:

- систему наблюдения, всестороннего анализа риска и прогнозирования ЧС как основной базы профессиональной деятельности по уменьшению рисков ЧС;
- механизмы по предупреждению ЧС;
- государственную систему по ликвидации ЧС, в которую должны входить технические средства и технологии проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР);
- быстрое реагирование на ЧС;
- первоочередное материальное обеспечение и реабилитацию пострадавшего контингента;
- систему переподготовки и повышения квалификации кадров и персонала в области уменьшения рисков и масштабов ЧС.

Типовая структура системы управления рисками природного и техногенного характера показана на рис. 1.

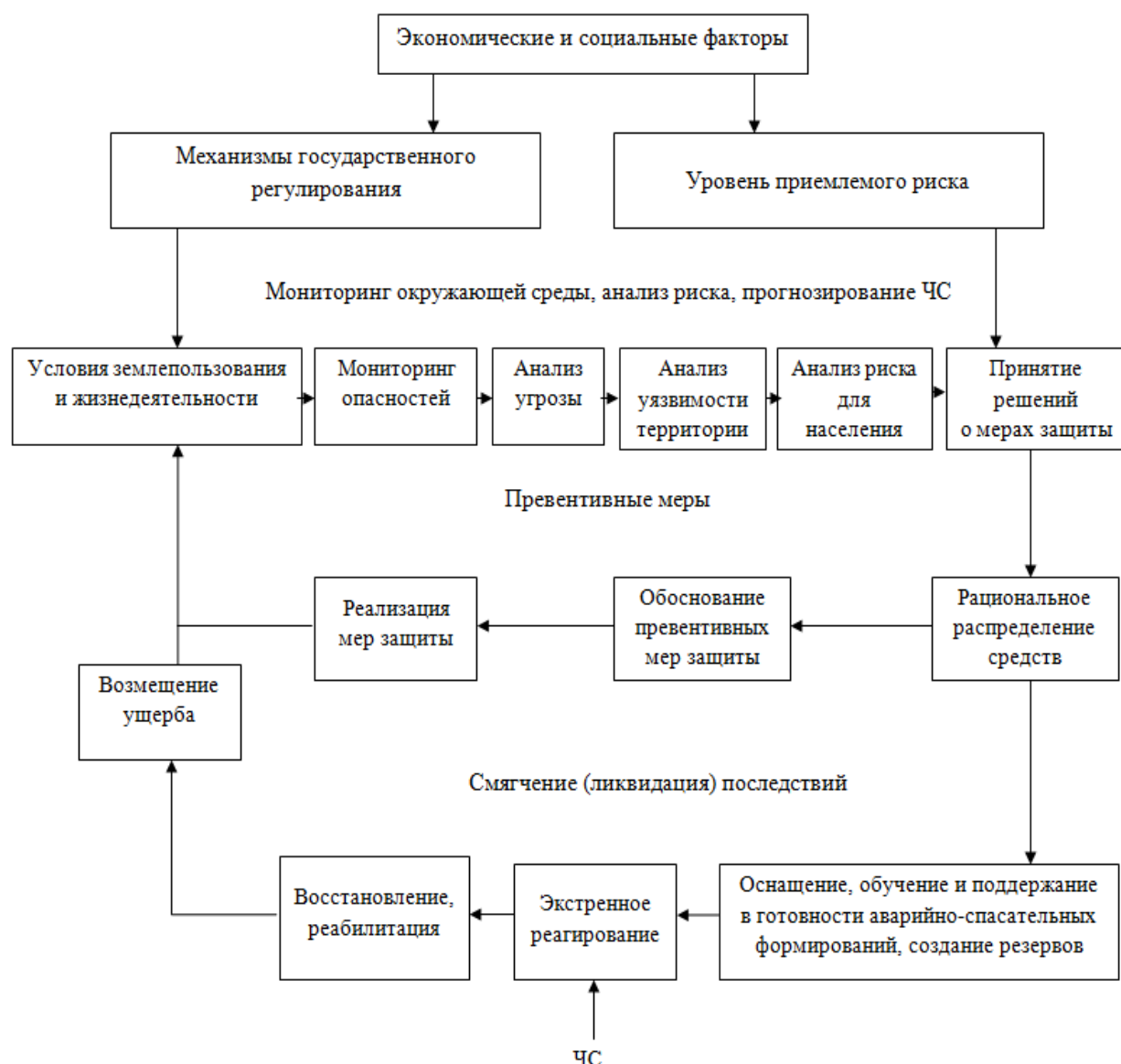


Рис. 1. Типовая структура системы управления рисками природного и техногенного характера

Структура системы управления рисками природного и техногенного характера включает следующие основные элементы:

- мониторинг и всестороннее наблюдение за окружающей природной средой;
- систематический системный анализ уже существующего риска для жизнедеятельности человека, объектов экономики и дальнейшее прогнозирование ЧС;
- принятие грамотных управленческих решений о необходимости и целесообразности проведения мероприятий защиты со стороны субъекта управления;
- эффективное и рациональное распределение сил и материально-технических средств на заблаговременные меры по уменьшению риска ЧС;
- осуществление мероприятий по уменьшению пагубных последствий ЧС;
- проведение АСДНР при ЧС.

Процедура анализа риска осуществляется по следующей схеме:

- наблюдение за окружающей средой;
- идентификация опасностей;
- оценка и анализ возникшей угрозы;
- анализ и оценка уязвимости территории;
- анализ и оценка на определенной территории риска ЧС;
- анализ и оценка индивидуального риска для жизнедеятельности населения.

При сравнении индивидуального риска с приемлемым принятие решения о целесообразности проведения мероприятий защиты включает в себя:

- обоснование рациональных и эффективных мер защиты;
- подготовка соответствующих сил и материально-технических средств для проведения АСДНР;
- создание дополнительных резервов для уменьшения ЧС.

Анализ риска для населения и территорий от ЧС показан на рис. 2. Он основан на использовании разных концепций, методов и методик.

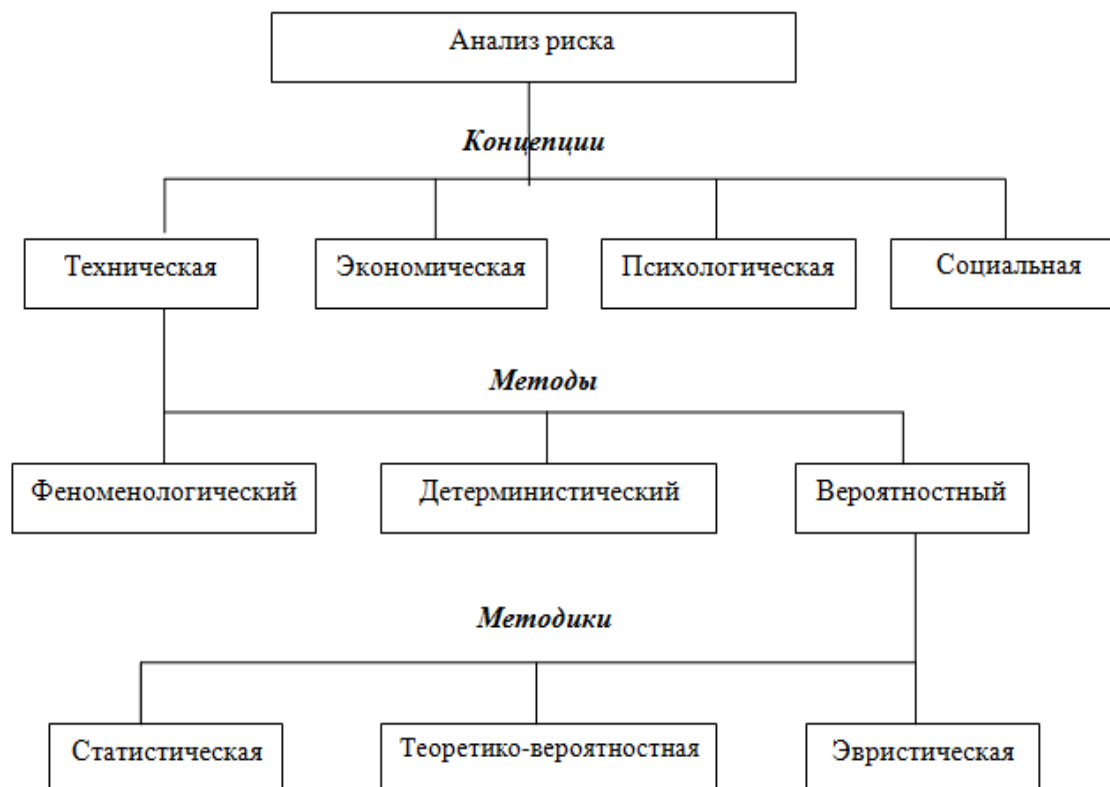


Рис. 2. Методический аппарат анализа риска ЧС

В настоящее время используются следующие основные концепции анализа риска:

- технократическая или техническая концепция. Суть ее заключается в том, что она основана на анализе частот возникновения ЧС. В результате ее применения статистические данные усредняются по времени, масштабу и группам населения;

- психологическая концепция. Сущность этой концепции в том, что она сосредоточена вокруг научных исследований межиндивидуальных взглядов и предпочтений. Идея состоит в том, что, почему люди реагируют согласно их восприятию риска, а не объективному уровню рисков или научной оценке;

- экономическая концепция. При этой концепции анализ риска рассматривается как часть финансово-затратного исследования. Конечной целью этой концепции является распределение имеющихся ресурсов таким образом, чтобы максимизировать их полезность для государства;

- культурологическая, или так называемая социальная концепция, основана на социальной выраженности нежелательных последствий, при этом учитываются групповые интересы и ценности [1].

Социологический анализ риска основан на связи суждения относительно риска в обществе с общественными или личными интересами и ценностями.

Культурологический подход предопределяет образ мышления отдельных индивидов и общественных организаций, в результате чего заставляет их принимать одни ценности и отвергать другие.

В условиях технократической концепции, а особенно после идентификации опасностей, как правило, оцениваются их последствия, то есть вероятность возникновения определенных событий и, как следствие, связанный с ними потенциальный ущерб. Используют при этом соответствующие методы оценки риска. Эти методы подразделяются, в свою очередь, на методы феноменологии, детерминистские и вероятностные методы.

Метод феноменологии основывается на определении возможности протекания аварийных процессов, исходя из результатов оценки условий, связанных с реализацией тех или иных законов природы.

Сущность детерминистского метода состоит в оценке и анализе последовательности этапов развития аварийной ситуации, начиная от исходного события через цепочку предполагаемых периодов отказов, деформаций и разрушений компонентов до установившегося конечного состояния системы.

Метод вероятностного анализа риска основывается как на расчете относительных вероятностей пути развития процессов, так и на экспертной оценке вероятности возникновения аварии, так называемом методе экспертных оценок. В настоящее время этот метод считается одним из наиболее перспективных для применения, так как его легко использовать для слабоструктурированных систем.

На основе этого метода исследование риска для населения и территорий от ЧС позволяет построить разные методики оценки риска. От имеющейся исходной информации это могут быть методики следующих видов:

- вероятностная, которая используется, когда отсутствуют статистические и стохастические данные для оценки рисков от незначительных событий;

- эвристическая, которая основывается с помощью экспертного оценивания;

- статистическая, когда определяются вероятности по имеющимся статистическим данным и которая может быть описана методами математической статистики [2].

Методический аппарат прогноза риска ЧС представлен на рис. 3.

Методы прогнозирования возникновения ЧС наиболее развиты применительно к ЧС природного характера.

Для обнаружения и своевременного прогнозирования природного явления на стадии его возникновения необходима соответствующая государственная система мониторинга за предвестниками стихийных бедствий, аварий и катастроф.

По времени проведения методы прогнозирования масштабов ЧС делятся на две основные группы:

- методы, которые основаны на оценках масштабов уже произошедшей ЧС;

– методы, которые основаны на предполагаемых оценках, и которые могут быть получены с помощью теоретических моделей.



Рис. 3. Методический аппарат прогноза риска ЧС

Система оперативного прогноза, которая использует ГИС-технологии последствий сильных землетрясений, содержит информацию о характеристиках построек на территории нашей страны и ее населении. В настоящее время эта система успешно функционирует. По получаемой через интернет информации о координатах и магнитуде землетрясения система в реальном времени выдает прогноз о последствиях ЧС, а также необходимости сил и средств материально-технического обеспечения для проведения АСДНР [3].

Учитывая влияние на индивидуальный риск различных негативных факторов, необходимо отметить, что эффективные меры, которые позволяют снизить техногенный и природный риски до минимального уровня, обосновываются видами негативных событий, их силой, частотой, взаимным расположением объектов экономики и источниками воздействия, а также защищенностью и уязвимостью этих объектов по отношению к поражающим факторам источников опасности.

Также учитываются экономические, материальные и финансовые затраты на реализацию систем мер по уменьшению негативного влияния отдельных факторов. По количественной величине индивидуального риска опасные явления и опасные объекты сравниваются между собой, в результате выявляются так называемые критические риски. Из геополитического и экономического положения страны осуществляется эффективный объем мер защиты, которые находятся в пределах ограничений в соответствующих ресурсах.

Процедуру оценки риска техногенного характера для конкретного субъекта Российской Федерации можно представить основными направлениями:

– построение соответствующей базы данных для этого субъекта, в которую входит информация о его географии, топологических характеристиках, метеорологических данных, инфраструктуре в целом, демографическом состоянии и плотности распределения населения,

нахождении промышленных и иных потенциально опасных объектов и производств, хранилищах химически опасных веществ, бытовых и промышленных отходах, основных транспортных потоках и т.п.

– идентификация и инвентаризация опасных видов хозяйственной деятельности, а также выделение основных объектов для проведения системного анализа. На этом направлении происходит выявление и ранжирование видов производственной и хозяйственной деятельности в субъекте по степени ее опасности.

Количественно-качественная оценка риска для здоровья населения и природной среды, включает количественный анализ и оценку воздействия опасностей в течение определенного срока эксплуатации предприятия или организации. При этом учитывается риск возникновения выбросов аварийно химически опасных веществ, а также анализ воздействия опасных видов отходов, в том числе и радиационных при транспортировке.

Анализ организации и инфраструктуры комплексных систем обеспечения безопасности включает в себя анализ и план действий совместно с органами государственного и местного управления, контроля в случае ЧС с учетом взаимодействия различных ведомств и служб, а также с населением и представителями общественных организаций. В данном случае должны учитываться пожаровзрывоопасность предприятий, объекты повышенной опасности, системы транспортировки энергоносителей. Комплексная система управления риском должна включать в себя организационные, технические, оперативные и топографические элементы [4].

Для экстренного принятия решения и реагирования в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций создаются, оснащаются, обучаются и поддерживаются в высокой степени готовности спасательные формирования, действия которых направлены на ликвидацию ЧС, спасение людей, а также разрабатываются планы комплексов мероприятий по эвакуации населения с пострадавших территорий.

В связи с этим создаются соответствующие запасы финансовых ресурсов и материальных средств, страховые фонды и т.п.

Литература

1. Авдошин С.М., Песоцкая Е.Ю. Информатизация бизнеса. Управление рисками. М.: ДМК Пресс, 2016. 176 с.
2. Ефремов С.В., Цаплин В.В. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие. СПб.: СПб ГАСУ, 2011. 296 с.
3. Голубин А.Ю. Математические вопросы управления риском в базовых моделях страхования. М.: Анкил, 2013. 510 с.
4. Мамаева Л.Н. Управление рисками. М.: Дашков и Ко, 2013. 256 с.

К ВОПРОСУ ОПАСНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ЗАРЯДНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

А.И. Дмитриев.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет.

В.Н. Виноградов, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Отражены вопросы устройства и эксплуатации зарядных систем для электромобилей. Описано устройство зарядных устройств, их принцип действия, опасность и преимущества. Показаны перспективы развития разных систем зарядных устройств, даны рекомендации по применению наиболее безопасных и экономически выгодных технологий зарядки.

Ключевые слова: электромобили, аккумуляторы, зарядное устройство, опасность, пожар, взрывобезопасность, электромагнитная индукция, электрический ток, катушка

TO THE QUESTION OF THE HAZARDS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF CHARGING SYSTEMS FOR ELECTRIC MILLS

A.I. Dmitriev. Saint-Petersburg state economic university.

V.N. Vinogradov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The questions of the device and operation of charging systems for electric vehicles are reflected. The device of chargers, their principle of operation, danger and advantages are described. The prospects of development of different systems of charging devices are shown, recommendations are given on the application of the safest and most cost-effective charging technologies.

Keywords: electric cars, batteries, charger, danger, fire, explosion safety, electromagnetic induction, electric current, coil

Лозунги «электромобили – главный тренд последних лет», «электромобили – светлое будущее автопрома» и другие уже превратились в «стандартное» начало выступлений и статей о будущем транспорта на электротяге. В нашей стране, как и во многих странах, этот вид транспорта развивается. Однако есть много причин, которые сдерживают развитие такого экологически чистого средства передвижения. Одна из причин это то, что переход на электромобили требует развития сети зарядных станций, а для этого нужны немалые средства [1].

Проведенный анализ современных зарядных систем для электромобилей показывает, что развитию электрического транспорта в России мешает отсутствие зарядной инфраструктуры, а также экономичных и безопасных зарядных устройств.

Все существующие на сегодняшний день станции для зарядки электромобилей делятся на два вида:

1. AC – оборудование, подключенное к источнику питания переменного тока.
2. DC – оборудование, подключенное к источнику питания постоянного тока.

Тип AC – самый базовый. Это зарядка переменным током от бытовой сети, когда в обычную розетку включается кабель без дополнительных защитных устройств. Он не гарантирует безопасности в случае перегрева кабеля (розетки) или короткого замыкания, поэтому не используется в современных электромобилях.

Тип AC-2 – то же самое, что и первый вариант, но с применением фирменного кабеля с защитой. Это тоже не гарантирует защиту от короткого замыкания или перегрева кабеля.

В отличие от зарядных устройств, скажем, ноутбуков, способных работать в диапазоне напряжений 100–240 В, автомобильные зарядки рассчитаны или на Европу (220/230 В), или на США (120 В).

Тип AC-3 – зарядка переменным током повышенной мощности с использованием отдельной розетки, которая является специальной зарядной станцией. Она имеет необходимую защиту, следит за процессом заряда, а подключение машины осуществляется через встроенный в нее кабель с соответствующим конкретному электромобилю разъемом. Устройство Типа AC-3 может быть установлено в доме, офисе или на улице. Конечно же, монтаж должен делать профессиональный электрик. Эта установка тоже может перейти в аварийный, опасный режим, характерный для всех электрических сетей и устройств.

Тип DC – самый быстрый на данное время способ зарядки электромобиля. В отличие от предыдущих вариантов, здесь используется постоянный ток. Популярный японский стандарт зарядной станции CHAdeMO выдает до 62,5 кВт энергии, что позволяет зарядить аккумулятор стандартного электрокара за 20–30 мин. Зарядное устройство для

электромобиль на основе типа DC имеет свою особенность: по факту аккумулятор быстро наполняется лишь на 80 %, остальные 20 % емкости «заливаются» очень медленно. Разумеется, при нарушении правил устройства электроустановок (ПУЭ) и правил технической эксплуатации возможны аварийные ситуации при зарядке [1, 2].

Особенно опасна подзарядка автомобильного аккумулятора в помещении.

Когда подключают аккумулятор к зарядному устройству, в аккумуляторе начинается химическая реакция с выделением в окружающую среду определенных газообразных химических компонентов. Так в помещение попадают такие вещества, как водород, мышьяк, сернистый газ, хлор и многие другие. И это сказывается на самочувствии находящихся в нем людей. Концентрация в воздухе этих веществ вызывает у людей головную боль, тошноту, головокружения, упадок сил, происходит медленное отравление организма. Помимо активного воздействия на находящихся в помещении (квартире) людей, эти вещества осаждаются на стенах, мебели, предметах обихода и продолжают свое отравляющее воздействие на протяжении еще длительного времени и серьезно могут повлиять на здоровье окружающих.

Помимо вреда здоровью, существует и опасность возгорания выделяющегося при реакции водорода. Сам водород не опасен, но при реакции с кислородом, находящимся в квартире, он может воспламениться в любую минуту при возникновении рядом с аккумулятором открытого огня либо образовать с кислородом воздуха взрывоопасную смесь с последующим взрывом при наличии искры или огня. Такие помещения классифицируются по ПУЭ как помещения с взрывоопасными зонами класса В1-б.

Также необходимо помнить и о серной кислоте, присутствующей в аккумуляторе. При ее попадании на предметы окружающей обстановки или выплескивании ее на пол, что весьма вероятно при большом зарядном токе, произойдет в лучшем случае повреждение пола или интерьера, а в худшем – возможно самовозгорание горючих материалов под воздействием кислоты.

Как видим, доводов достаточно для того, чтобы подзарядать автомобильный аккумулятор в более подходящем помещении, хотя там возможны те же ситуации.

Зарядка аккумуляторной батареи осложнена следующими факторами:

- зарядка от обычной розетки требует надежного заземления и длится больше суток;
- для нормальной эксплуатации нужна трехфазная розетка в гараже или на стоянке, которая позволит зарядиться полностью за ночь (8 ч);
- без постоянного места с электророзеткой пользоваться электромобилем очень неудобно;
- без быстрых электрозаправок мощностью от 50 кВт и выше на трассах далекие поездки проблематичны.

Возникает опасность и при аварии электромобиля.

При этом особо опасен быстрый разряд батареи в результате аварии, что может привести к пожару.

Аварийная опасность характеризуется следующими факторами:

- аккумулятор высокого напряжения и связанные с ним компоненты находятся всегда под напряжением;
- отходящие газы и пары аккумуляторной батареи потенциально токсичны и легко воспламеняются;
- повреждения автомобиля или аккумуляторной батареи могут привести к возникновению пожара и выделению токсичных и легковоспламеняющихся газов;
- в случае проникновения воды в электромобиль, может произойти короткое замыкание с последующим пожаром.

Таким образом, эксплуатация электромобиля связана со значительной опасностью, возникающей по причине несовершенства конструкции зарядных устройств [3, 4].

В настоящее время ведутся исследования в области беспроводной, более безопасной зарядки аккумуляторов по методу электромагнитной индукции.

Электромагнитная индукция – явление возникновения электрического тока в проводнике при изменении магнитного потока, проходящего через него. Электромагнитная индукция была открыта Майклом Фарадеем 29 августа 1831 г.

Исследования в этой области проводятся в США (Массачусетский технологический институт, Университет штата Юта, Университет Центральной Флориды и др.), Японии и в некоторых странах Европы. В России так же проводятся исследования в этом направлении, однако недостаточно для этого вида зарядки аккумуляторов.

Концепция беспроводной зарядки очень проста и известна также как индуктивная подзарядка. На земле (или в земле) устанавливаются электрические катушки, которые создают магнитное поле, как только подвергаются воздействию специального приемника, установленного в нижней части электромобиля. А магнитное поле, в свою очередь, создает электрический ток, заряжающий аккумулятор (рис. 1).

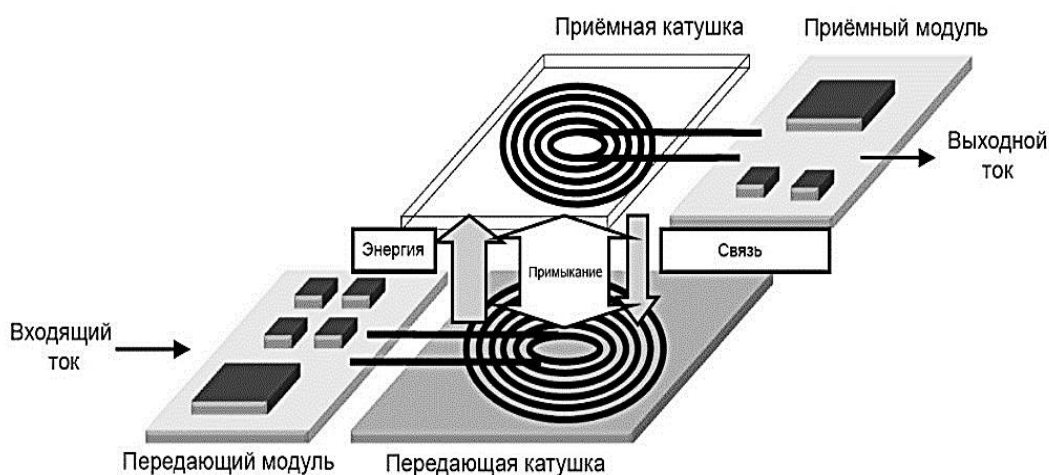


Рис. 1

Стационарную беспроводную зарядку обычно проводят в гараже или на парковочном месте. Наземная часть зарядного устройства может быть установлена под полом гаража, что защитит ее от воздействия окружающей среды. Расстояние между зарядным устройством и приемником должно быть около шести дюймов (152,4 мм), а расход электроэнергии составляет 240 В (рис. 2).

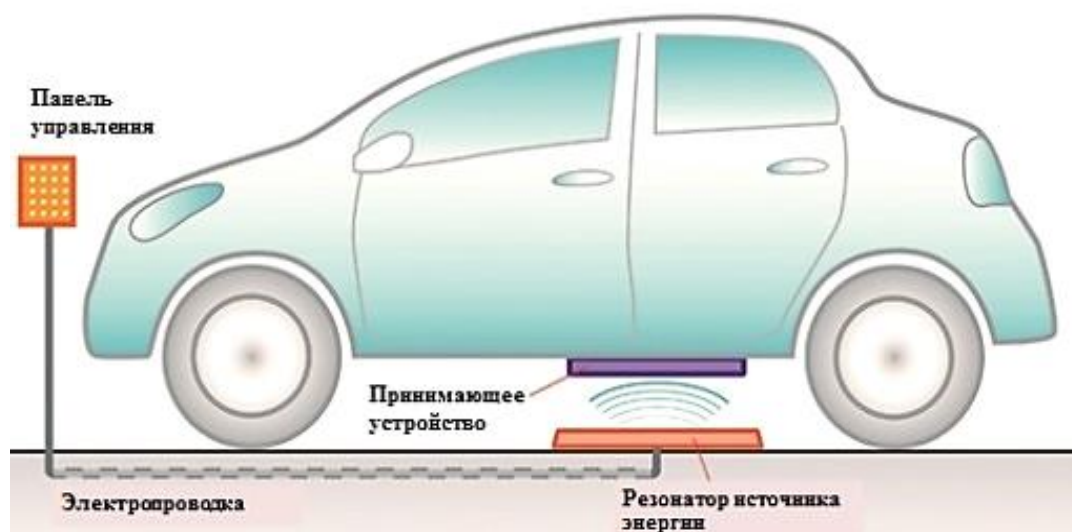


Рис. 2

Наиболее перспективной является технология зарядки во время движения электромобиля. Над этим вопросом активно работают в Англии.

Британцы работают над новой технологией, которая позволила бы батарее на электромобиле заряжаться во время езды. Это поможет преодолеть одно из самых больших препятствий на пути к массовому использованию таких транспортных средств.

Возможность встроить беспроводное заряжающее устройство в проезжую часть для постоянной подзарядки транспортного средства во время движения позволила бы значительно уменьшить размер батареи и расширить диапазон движения. Непрерывная беспроводная зарядка увеличивала бы и время жизни аккумуляторов личного автотранспорта, что является очередным шагом на пути создания дешевых электромобилей (рис. 3).

Размещение индукционных катушек под существующей городской сетью позволило бы электробусам заряжать свои аккумуляторы беспроводным способом на ходу, двигаясь по маршруту, без необходимости остановки для перезарядки, что существенно улучшит экологическую обстановку в городах.

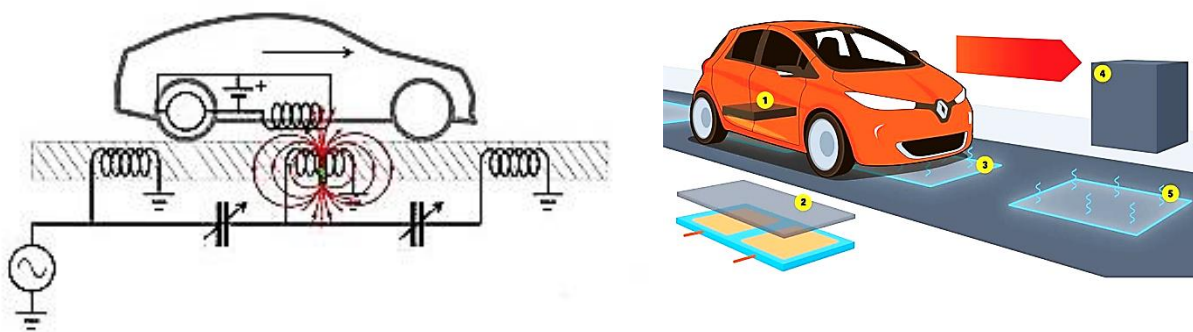


Рис. 3. Зарядка аккумулятора электромобиля в движении

Для успешного внедрения новой технологии зарядки аккумуляторов с целью массового спроса электромобилей, новые заряжающие устройства должны иметь более привлекательные потребительские качества и быть более безопасны:

- устройства должны быть более удобными в эксплуатации хотя бы за счет отказа от «паутины» проводов питания или устранения необходимости замены батарей, что снижает нарушение ПУЭ;

- устройства должны быть более надежными, что обеспечивается исключением отказов электрических систем, вызванных использованием разъемных соединителей и проводов питания;

- устройства должны быть экологически чистыми благодаря отказу от применения одноразовых батарей. Использование сетевой беспроводной структуры для передачи энергии намного дешевле и, кроме того, не приведет к загрязнению окружающей среды, как это происходит при производстве и использовании батарей, основанных на традиционных химических источниках электроэнергии;

- повышается безопасность пользования устройствами, что достигается исключением проводов и разъемов, которые могут стать источниками искрообразования (источниками зажигания). Кроме того, отсутствие разъемов позволяет реализовать устройства в водонепроницаемом и взрывозащищенном исполнении;

- устройства являются недорогими, по сравнению с проводными. Предполагается возможность зарядки нескольких приборов от одного устройства;

- снижается (или исключается вообще) возможность образования взрывоопасных смесей и возникновения пожара.

Одним из важнейших показателей, определяющих вредное воздействие на человека электромагнитного облучения, является уровень SAR (Specific Absorption Rate – удельный коэффициент поглощения электромагнитной энергии). Им определяется энергия электромагнитного поля, поглощаемая в тканях тела человека за одну секунду и вызывающая нагрев тканей. Допустимые значения удельного коэффициента поглощения, рекомендованные Федеральной комиссией связи (Federal Communication Commission, FCC) и комиссией ICNIRP, представлены в таблице. Рекомендованные нормы определяют допустимые значения SAR, гарантирующие отсутствие неблагоприятных последствий для человека, независимо от возраста и состояния здоровья, при воздействии электромагнитного облучения на разные участки тела.

Таблица. Допустимые значения удельного коэффициента поглощения, рекомендованные FCC и комиссией ICNIRP

Организация	Удельный коэффициент поглощения (SAR), Вт/кг		
	все тело	голова, туловище	конечности
FCC	0,08	1,6 (1 г)	4,0 (10 г)
ICNIRP	0,08	2,0 (10 г)	4,0 (10 г)

В результате многочисленных исследований (IEEE, ICNIRP) было определено, что при воздействии излучения даже на самые чувствительные участки тела при среднем уровне SAR менее 4 Вт/кг негативные последствия не проявляются. Однако это может приводить к повышению температуры тела максимум на один градус при нормальных условиях окружающей среды. Тем не менее, чтобы обеспечить «запас прочности», который компенсировал бы еще неполные имеющиеся на сегодня научные данные, а также, чтобы успокоить общественное мнение, IEEE и ICNIRP рекомендовали установить значение SAR на уровне менее 0,4 Вт/кг, для работников в сфере производства, и 0,08 Вт/кг – для массового потребителя [5].

Конструкция и принцип работы беспроводных зарядных устройств обеспечивают высокий уровень безопасности. Эффективный радиус действия выпускаемых сегодня систем не превышает нескольких десятков миллиметров, а мощность электромагнитного излучения быстро затухает при удалении от источника. Поэтому беспроводные зарядные устройства не опаснее, чем ставшие привычными микроволновые печи и мобильные телефоны.

Наиболее безопасными и перспективными устройствами для зарядки аккумуляторов электромобилей являются технологии динамической зарядки. Создание таких систем позволит последовательно перейти от автотранспорта на жидком топливе, загрязняющего окружающую среду, к экологически чистому транспорту – электромобилю.

Литература

1. Что мешает развитию электромобилей в России. URL: <http://avtonov.info/elektromobili-budushego> (дата обращения: 21.02.2018).
2. Способы зарядки электромобилей – как это все работает. URL: <https://ecotechnica.com.ua/stati/786-sposoby-zaryadki-elektromobilej-kak-eto-vse-rabotaet.html> (дата обращения: 21.02.2018).
3. Опасно ли заряжать АКБ в жилом помещении?! URL: <https://www.drive2.ru/b/2456548/> (дата обращения: 21.02.2018).

4. Зарядка электромобиля: так ли все просто, как кажется? URL: <http://autogeek.com.ua/zaryadka-elektromobilya-tak-li-vse-prosto-kak-kazhetsya/> (дата обращения: 21.02.2018).

5. Технология беспроводной зарядки. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/doc/68749/> (дата обращения: 21.02.2018).

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕЛИЧИНЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА НА РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

А.П. Бызов, кандидат технических наук;

А.В. Фомин.

**Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Петра Великого**

Статья посвящена вопросам развития применяемого в области промышленной безопасности подхода к определению величины индивидуального риска и особой важности вопроса комплексного анализа риска на реконструируемых опасных производственных объектах. В ходе реконструкции действующего опасного производственного объекта на персонал действуют помимо опасных и вредных производственных факторов, собственно связанных с процессом строительства (реконструкции), факторы действующего опасного производственного объекта в первую очередь высокого риска возникновения аварий на нем. В связи с этим, вопрос определения комплексного показателя индивидуального риска стоит для этих объектов очень остро. В статье представлен подход, который в перспективе позволит осуществлять определения комплексного показателя индивидуального риска.

Ключевые слова: риск, риск-ориентированный подход, индивидуальный риск, профессиональный риск

ABOUT DETERMINATION OF INDIVIDUAL RISK LEVEL ON THE RECONSTRUCTED HAZARDOUS FACILITIES

A.P. Byzov; A.V. Fomin. Peter the Great Saint-Petersburg State polytechnic university

Article is devoted to questions of development of the approach to determination of size of individual risk and special importance of a question of the complex analysis of risk applied in the field of industrial safety on the reconstructed hazardous production facilities. During reconstruction of the operating hazardous production facility on personnel operate besides the dangerous and harmful production factors which are actually connected with process of construction (reconstruction) and factors of the operating hazardous production facility, first of all, of high risk of emergence of accidents on him. In this regard, the question of definition of a complex indicator of individual risk is particularly acute for these objects very much. Approach which in the long term, will allow to carry out definitions of a complex indicator of individual risk is presented in article.

Keywords: risk, risk-oriented approach, individual risk, professional risk

Осознание в 80-х гг. XX в. факта, что ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности [1], привело к окончательному установлению риск-ориентированного подхода в качестве основного в промышленной безопасности. Данный подход основывается на построении прогностических моделей будущих негативных явлений с учетом вероятностей их возникновения.

Согласно действующим методикам основным показателем риска в промышленной безопасности является индивидуальный риск, характеризующий вероятность поражения человека на конкретном объекте [2]. Для определения этого показателя опасный производственный объект комплексно оценивается на предмет имеющихся опасностей, вероятности их возникновения, вероятности негативного воздействия на человека и его гибели или травмирования. Таким образом, получаем комплексную оценку состояния системы обеспечения промышленной безопасности на данном объекте в целом.

Но, очевидно, что уровень защищенности, безопасности опасного производственного объекта для работающего персонала определяется не только состоянием дел в области промышленной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Очевидно, что уровень защищенности персонала так же зависит и от многих других факторов.

Как известно, окружающая обстановка, внутри которой работник ведет свою профессиональную деятельность, называется производственной средой.

Концепция производственной среды предполагает, что на трудящегося действует сочетание двух групп внешних факторов. Первая из них не зависит от особенностей производственного процесса. К ним относятся следующие факторы:

- географические;
- климатические;
- социальные;
- экономические факторы.

Вторая группа содержит обстоятельства, сопряженные с профессиональной деятельностью, и определяет благоприятность трудовых условий на рабочем месте. Все они оказывают то или иное влияние на физическое состояние и здоровье трудящегося.

Ко второй группе относятся такие составляющие производственной среды, как вредные и опасные производственные факторы.

Вредные производственные факторы – факторы, которые, действуя на работника, снижают его работоспособность или приводят к различным заболеваниям, их часто еще называют профессиональными болезнями.

Опасные производственные факторы – которые в результате своего длительного или кратковременного воздействия на человека приводят к ухудшению состояния его здоровья или к травме.

Рассматриваемые в промышленной безопасности ситуации могут приводить к травмам или смертям персонала. Таким образом, промышленная безопасность (как и защита в ЧС) рассматривает вопросы опасных производственных факторов и показатель индивидуального риска характеризует (но не полностью) вероятность утраты здоровья работника от опасных производственных факторов. Но получается, что результат подобной оценки не полон и не отражает реального состояния дел на объекте.

Очевидно, что плохие условия труда могут напрямую влиять на противоаварийную защищенность объекта и, наоборот, плохое состояние дел в области промышленной (пожарной) безопасности на объекте влияет и на формирование комплекса опасных и вредных производственных факторов. Поэтому, следует разработать подход к определению комплексного показателя степени опасности объекта как вероятности получения вреда здоровью работника от причин, связанных как с вредными, так и опасными производственными факторами.

Одной из отраслей, в которой комплексность воздействия вредных и опасных производственных факторов наиболее заметна, является строительная отрасль, а в первую очередь – строительство (реконструкция) опасных производственных объектов.

Сфера строительства характеризуется высокой степенью опасности как в России, так и во всем мире. Это связано с применением в первую очередь большого количества сложного технологического оборудования, а, как известно, с увеличением применяемых технических устройств увеличивается риск аварий. Так же значительный вклад в высокий уровень опасности процесса строительства делает большое количество специфических видов работ, выполняемых человеком, прежде всего – работы на высоте.

Особенностью процесса реконструкции опасного производственного объекта (ОПО) является тот факт, что работы могут производиться только на части составляющих ОПО, без остановки остального производства.

Это выражается в том, что на персонал, занятый в процессе реконструкции, действуют не только опасные и вредные производственные факторы непосредственно стройки, но и действующего ОПО. К ним можно отнести, к примеру:

Вредные:

- шум;
- вибрация;
- сварочные работы;
- измененный состав атмосферного воздуха в зоне работ (наличие паров нефтепродуктов);

Опасные:

- работа на высоте;
- применение автотранспортных средств;
- возможность падения предметов с высоты;
- наличие большого количества легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) в зоне работ.

Индивидуальный риск определяется как частота поражения определенного человека в течение года. Частота поражения напрямую зависит как и от набора действующих опасных и вредных производственных факторов, так и от особенностей пребывания индивидуума в различных точках пространства.

По действующим в промышленной безопасности методикам [3] индивидуальный риск, определяется по следующему уравнению:

$$R_{\text{инд}} = \sum_i R_{\text{П.Т.}i} \cdot P_{H_i}, \quad (1)$$

где $R_{\text{П.Т.}i}$ – потенциальный территориальный риск в конкретной точке пространства, то есть вероятность поражения человека в этой точке; P_{H_i} – вероятность нахождения человека в этой точке.

Исходя из уравнения (1), для определения величины индивидуального риска в первую очередь необходимо определить потенциальный территориальный риск на реконструируемом объекте.

Потенциальный риск характеризует распределение риска от аварий на объекте и территории, прилегающей к нему [4]. Потенциальный территориальный риск не зависит от факта нахождения человека в конкретной точке пространства. Предполагается, что условная вероятность нахождения объекта воздействия равна 1 (то есть человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени), таким образом, потенциальный территориальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте, и может меняться в широком интервале.

Потенциальный риск выражает собой потенциал возможной опасности для конкретных объектов воздействия. Исходя из этого, можно сказать, потенциальный территориальный риск зависит от следующих показателей:

$$R_{\text{п.т.}}(x, y) = f(X, \{tip_i\}, \{m_i\}, \{P_i\} \cdot \{(x_i, y_i)\}, F_{3д}(x, y), x, y),$$

где X – характеристики внешней среды; $\{tip_i\}$ – тип поражающего воздействия при реализации i сценария негативного воздействия на человека; $\{m_i\}$ – характеристика опасного воздействия (количество опасного вещества, уровень шума, вибрации и т.д.) при реализации i сценария аварии; $\{P_i\}$ – вероятность реализации i сценария аварии; $\{x_i, y_i\}$ – координаты источника опасности при реализации i сценария аварии; x, y – координаты точек на плоскости; $F_{3д}(x, y)$ – функция, отражающая наличие и характеристики зданий, сооружений и строений на территории предприятия.

Важность определения потенциального территориального риска, кроме того, заключается в том, что это позволяет выявлять зоны, в которых наблюдается повышенная опасность для людей. Анализ распределения потенциального риска может быть полезен при проектировании объекта с целью обоснования рационального размещения постоянных рабочих мест персонала.

Итак, для определения потенциального территориального риска необходимо определить вероятности поражения человека от действующих на него вредных и опасных производственных факторов.

В таблице представлены существующие методики к определению величин поражения человека от вредных и опасных производственных факторов, перечисленных выше.

Таблица. Методики определения вероятности поражения

Фактор	Сценарий воздействия	Метод определения вероятности поражения	Величина вероятности
Шум	Воздействие повышенного уровня шума	Пробит-анализ	$L_{gm}(T) = L_{эkv.} + \frac{10 \lg T}{T_0},$ $Pr = -8,25 + 0,07 L_{gm}(T),$ $\rho = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} e^{-0,5t^2} dt,$ где $L_{gm}(T)$ – стажевая доза для стажа, соответствующего T лет; $L_{эkv.}$ – средний эквивалентный уровень шума; T_0 – 1 год
Вибрация	Воздействие локальной вибрации	Вероятностный	$R = 10^{(0,05 \cdot L_w - 8,9)} \cdot \sqrt{Q(t)},$ где L_w – уровень виброускорения; $Q(t)$ – вероятность заболевания; t – время воздействия вибрации, по истечении которого появляются признаки вибрационной болезни, лет – 100 % за год

Фактор	Сценарий воздействия	Метод определения вероятности поражения	Величина вероятности
Сварочные работы	Поражение электрическим током	Детерминированный	100 %
	Поражение глаз и открытой поверхности кожи излучением электрической дуги	Детерминированный	100 %
	Ожог от капель металла и шлака	Детерминированный	100 %
	Отравление организма вредными газами, пылью и испарениями, выделяющимися при сварке	Вероятностный	$R = 1 - \exp \left[\left(\frac{-0,174}{ПДК_{cc} \cdot K_3} \right) \cdot c \cdot T \right]^n$ где $ПДК_{cc}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества, мг/м³; K_3 – коэффициент запаса, зависит от класса опасности вещества (табл. 1 по данным [2, 3, 4]); n – коэффициент класса опасности вещества (табл. 1); c – фактическая концентрация вещества в воздухе, мг/м³; T – отношение времени воздействия химического вещества на человека (задается исследователем в годах) к среднему времени жизни (принимается 70 лет)
	Ушибы, ранения и поражения от взрывов баллонов сжатого газа и при сварке сосудов из-под горючих веществ	Вероятностный	$P_r = 5 - 0,26 \ln D,$ $D = \left(\frac{17500}{\Delta P_\phi} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I} \right)^{9,3}$
Измененный состав атмосферного воздуха в зоне работ	Токсическое поражение	Вероятностный	$P_r = a + b \cdot \ln(C^n \cdot t),$ где C – концентрация; t – время; a, b, n – коэффициенты
Высотные работы	Падение человека с высоты	Вероятностный	$P(H) = P_0 \exp \left(\frac{2xH}{RH_0} \right),$ где $P(H)$ – вероятность гибели человека; $P_0=0,0469$ %; $H_0=1,275$ м – высота падения; Травмирование – 100 %

	Падение предметов с высоты	Детерминированный	Травмирование – 100 %
Применение автотранспортных средств	Наезд на рабочего, иное ДТП	Детерминированный	Травмирование – 100 %
Наличие большого количества опасных веществ в зоне работ	Взрыв, пожар пролива, пожар-вспышка, огненный шар, факельное горение, токсическое поражение и т.д.	Детерминированный	По методикам промышленной безопасности

Используя представленные в таблице формулы, можно определить вероятности поражения человека в каждой конкретной точке пространства на реконструируемом объекте. Для этого необходимо определить источники и места воздействия опасных и вредных производственных факторов, а также вероятности реализации данных факторов.

После определения потенциального территориального риска и построения карты рисков, проанализировав распорядок рабочего дня рабочих, можно определить вероятность нахождения человека в различных точках пространства и рассчитать таким образом величину индивидуального риска. И хотя в настоящее время в области охраны труда ряд ученых подвергает критике риск-ориентированный подход в безопасности жизнедеятельности, считая его компромиссным, негуманным и нередко спекулятивным, и реанимирует концепцию абсолютной безопасности [5], даже придерживаясь концепции абсолютной безопасности, проведение мероприятий по анализу риска необходимо для выявления наиболее опасных зон на рабочих местах и разработки мер по обеспечению безопасности именно в тех точках пространства, где это требуется в первую очередь.

Литература

1. Русак О.Н. Введение в охрану труда. Лекции. Л.: ЛТА, 1982. 56 с.
2. Колесников Е.Ю. О неопределенности параметров, характеризующих безопасность // Безопасность в техносфере. 2012. № 3. С. 73–78.
3. Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»: Приказ от 11 апреля 2016 г. № 144. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Бызов А.П. Методический аппарат оценки техногенного риска при взрывах и пожарах на объектах топливно-энергетического комплекса: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: С.-Петербург. гос. политехн. ун-т, 2011.
5. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности / под ред. О.Н. Русака. СПб.: Изд-во «Лань», 2010. 672 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН ПОЖАРНОГО РИСКА В ДВУХЭТАЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНАХ

И.Б. Елисеев;

В.В. Сай, кандидат технических наук, доцент;

С.А. Турсенев, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены проблемы пожарной опасности двухэтажных пассажирских вагонов, получены статистические данные по пожарам на железнодорожном подвижном составе

и численные значения по расчету индивидуального пожарного риска в двухэтажных пассажирских вагонах, выведена численная величина частоты возникновения пожаров в пассажирских вагонах железнодорожного подвижного состава.

Ключевые слова: пожарный риск, индивидуальный пожарный риск, частота возникновения пожаров, алгоритм расчета индивидуального пожарного риска

DETERMINATION OF CALCULATING VALUES OF FIRE RISK IN TWO-STORAGE PASSENGER WAGONS

I.B. Eliseev; V.V. Say; S.A. Tursenev.

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

The problems of fire danger of two-story wagons are considered, the tragic events of the consequences of fires in railway transport are described, numerical values are calculated for the calculation of individual fire risk in two-story cars, the numerical value of the frequency of fires in passenger cars of railway rolling stock was obtained for the first time.

Keywords: fire risk, individual fire risk, frequency of fires, algorithm for calculating individual fire risk

Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации определяет программу развития скоростного и высокоскоростного движения по железнодорожной сети Открытого акционерного общества «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). Ожидается, что в долгосрочной перспективе до 2030 г. будут наблюдаться высокие темпы роста пассажиропотока [1–2], в основном на подходах к железнодорожным узлам Москвы и Санкт-Петербурга. Ожидается, что интенсивность движения пассажирских поездов на подходе к Октябрьской и Горьковской железной дороге увеличится в 1,3–1,4 раза, в основном за счет введения новых двухэтажных поездов дальнего следования. Строительство скоростной автомагистрали Санкт-Петербург – Москва – Казань и дополнительного высокоскоростного узла Москва – Нижний Новгород и Москва – Смоленск – Красное (в рамках международного транспортного коридора № 2) – одна из первоочередных задач ОАО «РЖД».

Высокие темпы роста пассажиропотока на подходе к Санкт-Петербургу (в 1,5–1,6 раза) будут обеспечиваться в основном за счет организации скоростного движения в сообщении Санкт-Петербург – Москва и Санкт-Петербург – Хельсинки.

На подходах к побережью Черного моря также прогнозируются высокие темпы роста пассажирских перевозок в дальнем следовании – в 1,1–1,8 раза (к уровню 2017 г.). В этом направлении будет по-прежнему курсировать большое количество летних и дополнительных поездов, а также сократится время поездок из-за их ускорения движения, сокращения количества технических станций и повышения качества обслуживания, что привлечет дополнительные пассажиропотоки, в том числе с других видов транспорта.

Увеличение интенсивности движения на подходах к Уралу в 1,3 раза будет реализовано в связи с назначением ряда транзитных поездов в сообщении Центральная часть России – Сибирь – Дальний Восток, а также с вводом новых сообщений Центральная часть России – курорты Черного моря – крупные города Уральского федерального округа.

Прогнозируется назначение ряда поездов в сообщении центр России – Дальний Восток, но основную долю в темпах прироста интенсивности движения пассажирских поездов в 1,4 раза на подходах к Дальнему Востоку и Приморскому краю будут занимать новые сообщения с Западной и Восточной Сибирью и назначение пассажирских поездов в местном сообщении.

В связи с развитием новых высокоскоростных перевозок пассажиров появились новые виды опасностей, такие как пожарная опасность, вызванная недостаточным знанием возникновения и развития пожара в вагонах и нередко обусловленная неосторожным

обращением с огнем, неисправностью электрооборудования и нарушением правил эксплуатации приборов отопления [3]. В случае возникновения пожара в вагоне подвижного состава потребуется несколько минут до полной остановки поезда и началом времени эвакуации.

Согласно некоторым исследованиям по пожарам в пассажирских вагонах [4] большинство людей погибло из-за высокой токсичности дыма на ранней стадии пожара. Например, с 2000 по 2017 гг. количество всех погибших при вдыхании дыма составляет около 75 %.

Пожары являются наиболее распространенной причиной чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. Поэтому снижение пожарного риска до уровня, утвержденного на законном основании, следует рассматривать как наиболее важный показатель и характеристику эффективности решений, принятых для обеспечения пожарной безопасности [5–6]. Постепенно многие виды опасностей становятся все более значительными, становясь глобальными, затрагивая интересы большого количества людей. В последние десятилетия крупные пожары на всем континенте поставили перед человечеством задачу оценки и предотвращения таких катастрофических событий. Чтобы разработать стратегию снижения пожарного риска в вагонах, необходимо провести анализ пожаров, определить показатель частоты возникновения пожаров для расчета индивидуального пожарного риска в двухэтажных пассажирских вагонах модели 61-4465.

Статистика пожаров на железнодорожном подвижном составе ОАО «РЖД» представлены на рис. 1.

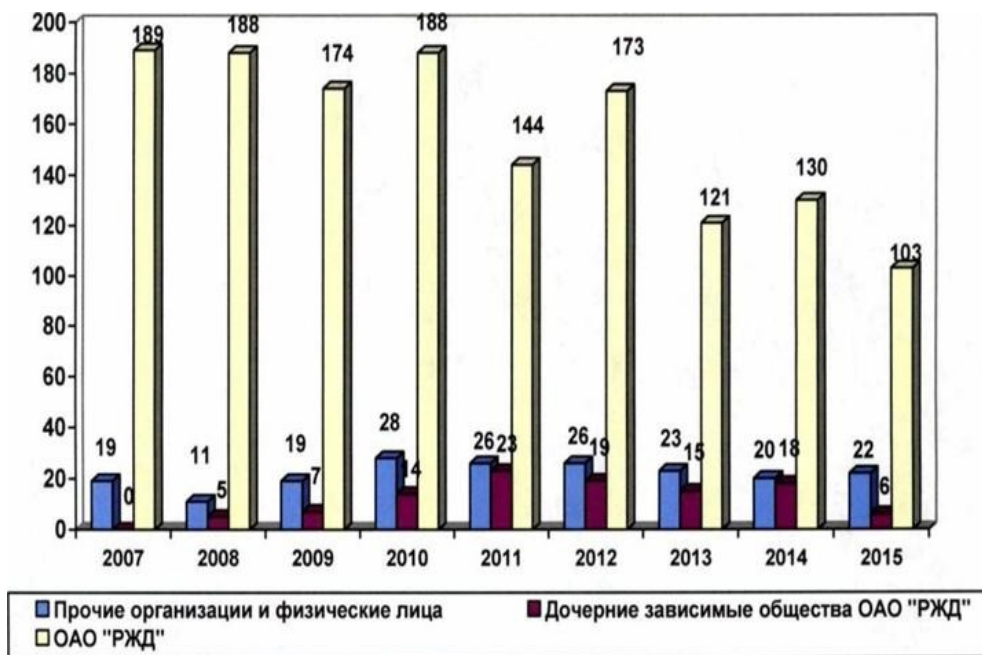


Рис. 1. Статистика пожаров на железнодорожном подвижном составе ОАО «РЖД»

Анализ пожаров на железнодорожном подвижном составе позволил сделать вывод о том, что основными причинами пожаров были:

- короткое замыкание (КЗ) в силовых и вспомогательных сетях;
- неисправность дизеля.

Основные причины пожаров и аварий на железнодорожном транспорте показаны на рис. 2.



Рис. 2. Причины пожаров и аварий на железнодорожном транспорте

Изучив все возможные причины возникновения пожаров, переходим к расчету индивидуального пожарного риска в двухэтажных пассажирских вагонах. Для этого задаем поэтажную планировку двухэтажного пассажирского вагона модели 61-4465 и выражаем все это обобщенной формулой:

$$Q_B \leq Q_B^H,$$

где Q_B^H – нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; Q_B – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Планировка двухэтажного пассажирского вагона модели 61-4465 представлена на рис. 3.

Планировка вагона 61-4465 с четырехместными купе

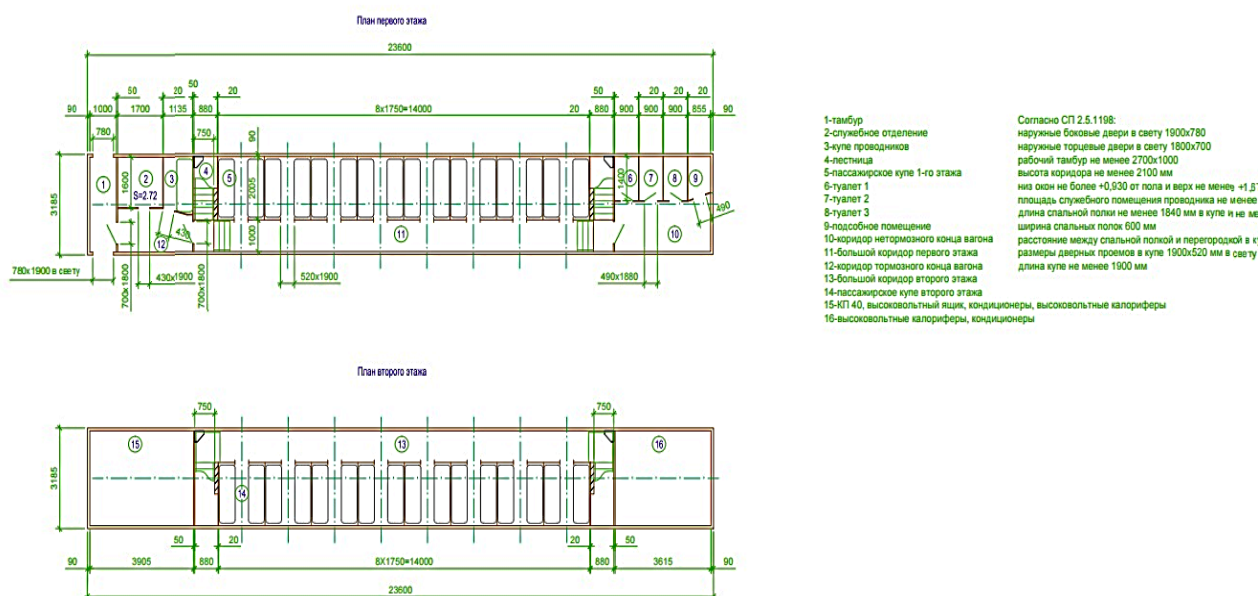


Рис. 3. Планировка первого и второго этажа двухэтажного пассажирского вагона модели 61-4465

Расчетная величина индивидуального пожарного риска в двухэтажных пассажирских вагонов определяется:

$$Q_B = \max\{Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N}\},$$

где $Q_{B,i}$ – расчетная величина индивидуального пожарного риска для i сценария пожара, N – количество рассмотренных сценариев пожара.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_{B,i}$ для i сценария пожара рассчитывается по формуле:

$$Q_{B,i} = Q_{п,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{п.з,i}),$$

где $Q_{п,i}$ – частота возникновения пожара в двухэтажных пассажирских вагонах в течение года вычисляется по формуле:

$$Q = N1 \div N2,$$

где $N1$ – количество пожаров на железнодорожном подвижном составе; $N2$ – количество пассажирских вагонов дальнего следования.

Получаем:

$$Q = 114 \div 21000 = 0,54 \times 10^{-4}.$$

Оценку частотных характеристик возникновения пожара принимаем, исходя из статистических данных по пожарам на железнодорожном подвижном составе за год. На основании полученных результатов, переходим к построению алгоритма расчета индивидуального пожарного риска в двухэтажном пассажирском вагоне.

Алгоритм расчета индивидуального пожарного риска в двухэтажном пассажирском вагоне, представлен на рис. 4.

В случае если расчетное значение индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, следует предусмотреть дополнительные меры пожарной безопасности для уменьшения величины риска. К таким мероприятиям относится техническое устройство дополнительных эвакуационных путей в виде надувных трапов для вынужденной эвакуации людей со второго этажа двухэтажных пассажирских вагонов.

К выбору допустимого пожарного риска целесообразно приступать после проверки объекта на соответствие требованиям нормативов по допустимой вероятности воздействия опасных факторов пожара на человека (фактическая < нормативной = 10^{-6} 1/(год чел.) [7].

Для выработки стратегии управления пожарными рисками в вагонах (следовательно, пожарной опасностью) необходимо выяснить наличие факторов пожаропасности, таких как:

- наличие источников зажигания;
- значительное количество пожарной нагрузки;
- ограничение возможности эвакуации, высокая наполняемость пассажиров.

Значение меры вероятности возникновения пожара и его последствий может определяться расчетно-аналитическим методом или на основе статистической информации с использованием существующих методов статистической теории. Не приводя этих методов, отметим только, что степень неопределенности изучаемых оценок может быть средним квадратным отклонением. Кроме того, необходимо определить ожидаемые значения рассматриваемых параметров с учетом индекса надежности (без сбоев) систем или их элементов.

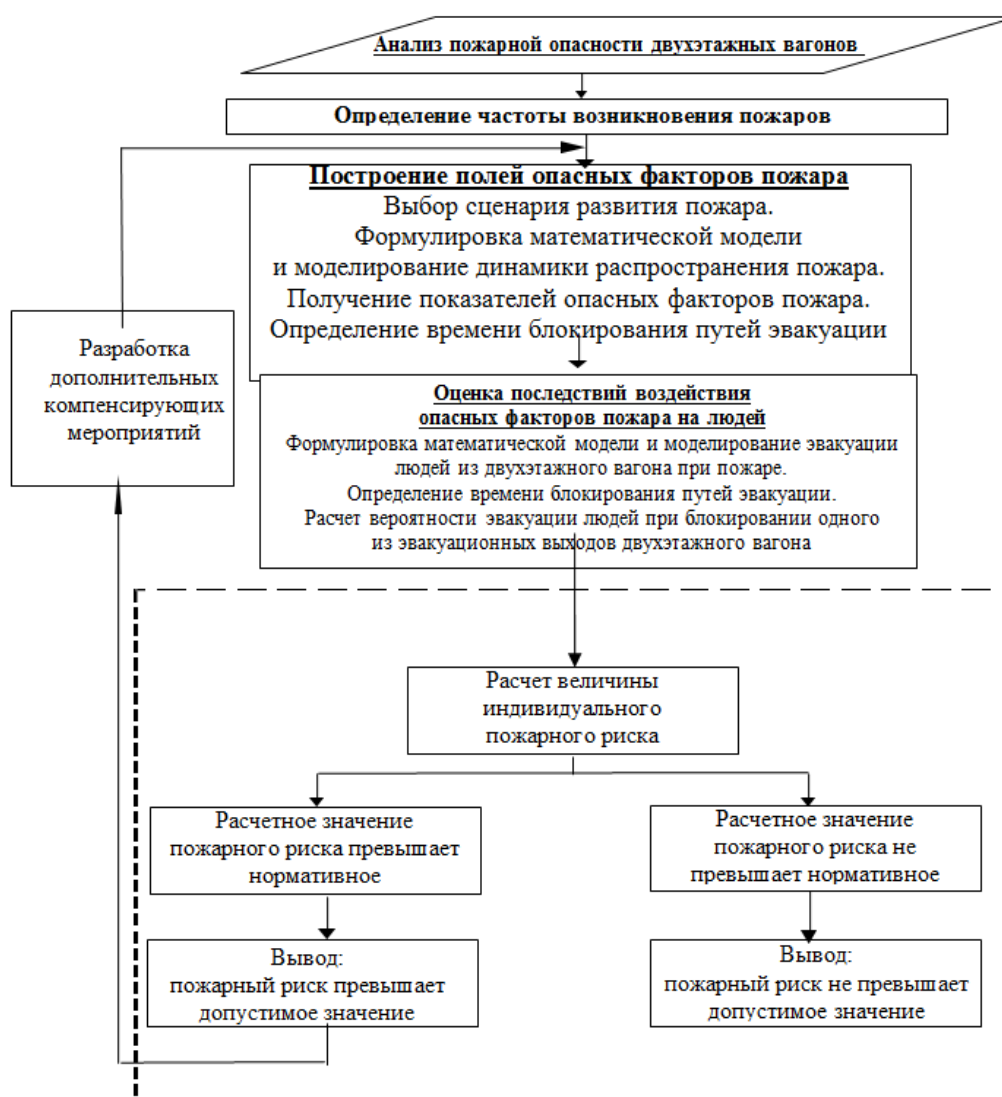


Рис. 4. Алгоритм расчета индивидуального пожарного риска в двухэтажном пассажирском вагоне модели 61-4465

В статье были рассмотрены аспекты расчета индивидуального пожарного риска, полученные численные значения по расчету индивидуального пожарного риска в двухэтажных вагонах способствуют разработке принципиально новой методики снижения пожарной опасности в двухэтажных пассажирских вагонах железнодорожного подвижного состава.

Литература

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Борзенкова Е.Н., Калач А.В. К вопросу об обеспечении транспортной безопасности на территории Российской Федерации на период до 2030 г. // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3. С. 13–17.
3. О железнодорожном транспорте в Российской Федерации: Федер. закон от 10 янв. 2003 г. № 17-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
4. Инструкция по служебному расследованию, учету пожаров и последствий от них на железнодорожном транспорте (утв. МПС России 17 дек. 1992 г., ЦУО-130) //

ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.02.2018).

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

6. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 29 июля 2017 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 29 июля 2017 г.): Доступ из информ.-правового портала «Гарант».



ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

АНАЛИЗ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ОТЛОЖЕНИЙ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

С.В. Тарима;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена зависимость изменений температурных показателей вспышки и воспламенения трансмиссионного масла при добавлении угольной пыли. Проведен регрессионный анализ.

Ключевые слова: угольная пыль, трансмиссионное масло, температура вспышки, температура воспламенения

THE ANALYSIS OF THE FIRE-DANGEROUS PROPERTIES OF THE ACCUMULATION OF COAL DUST ON THE MINING INDUSTRIAL TRANSPORT

S.V. Tarima; V.A. Rodionov.

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

The dependence of the changes in the flash temperature and ignition temperature of the transmission oil upon addition of coal dust is considered. Regression analysis is carried out.

Keywords: coal dust, transmission oil, flash point, ignition temperature

В настоящее время проведен ряд исследований показателей пожарной опасности угольной пыли, нефтепродуктов и горюче-смазочных материалов (ГСМ) по отдельности [1–3].

В данной работе сделана попытка дать оценку тому, как происходят изменения показателей пожарной опасности отложений угольной пыли в смеси с нефтепродуктами (дисперсных систем).

Вопрос исследования пожарной опасности дисперсных систем интересен с научной точки зрения. Мелкодисперсные частицы угольной пыли при взаимодействии с горюче-смазочными жидкостями создают многофазную систему «твердое тело – жидкость – газ». Газ содержится в незаполненных порах диспергированных частиц каменного угля [4].

При погрузке угля в кузов карьерного автосамосвала возникает воздушно-пылевое облако мелкодисперсных частиц каменного угля, которые оседают на узлах и агрегатах. При возникновении утечки масел или появления масляных пятен в результате недоброкачественного технического обслуживания, износа оборудования и т.д. происходит налипание мелкодисперсной пыли, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Образование масляного пятна на заднем мосту автосамосвала

Отложения угольной пыли на узлах и агрегатах подвержены тепловому и механическому воздействию. Для выбора методики, прежде всего, необходимо рассмотреть систему, в которой находится исследуемое вещество (рис. 2). Насколько воздействие внешней среды способно изменить параметры вещества.

В исследуемом случае внешняя среда представляет собой объекты, отличающиеся от равновесной части различными факторами интенсивности (температура узлов и агрегатов, повышенное давление), и, как следствие, они могут служить источником энергии для рассматриваемой системы.

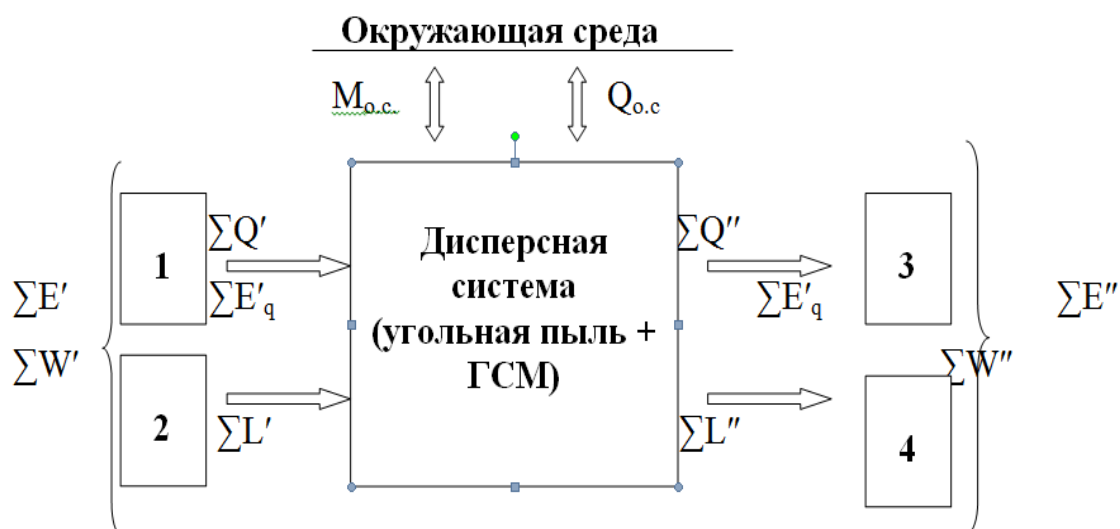


Рис. 2. Исследуемая дисперсная система

В качестве элементов 1, 2 изображены внешние объекты, служащие источниками энергии E'_q , а также теплотой Q' и работой L' . Слева в качестве объектов 3, 4 – элементы, на которые передается энергия исследуемого вещества. Количество элементов, передающих и принимающих энергию, может быть любым. Помимо обмена энергией, система взаимодействует с окружающей средой. Система обменивается энергией в форме теплоты Q в обоих направлениях и веществом M .

Помимо этого, мелкодисперсные частицы угольной пыли могут проникать в узлы и агрегаты с рабочими жидкостями при деформации или износе прокладок, манжет и т.д.

В связи с этим исследовать изменение качества ГСМ можно классическим методом, измерив температуру вспышки чистого масла и сравнив с образцами, имеющими включения угольной пыли.

Практически все марки каменного угля изучены с точки зрения их элементарного состава путем отбора проб из пластов. Определены основные характеристики угля в пластах: содержание влаги, летучих веществ, серы, фосфора, пластичность и теплотворная способность.

В качестве опытного образца используется уголь марки «ГЖ», отобранный на пласте № 50 шахты Усковская, Прокопьевского района, Кемеровской области и имеющий характеристики, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики используемого каменного угля

Название пласта	Марка угля	Чистый уголь			Содержание влаги $W^q/W^{\max}$, %	Содержание летучих веществ, V^f %	Содержание серы, %	Содержание фосфора, %	Теплотворн. способн. Q' от – до, ккал/кг
		мощность от – до, средняя	удельный вес, т/м ³	зола %, от – до, средняя					
50	«ГЖ»	<u>1,85–3,55</u>	1,26	5,8	<u>1,9</u>	37,5	0,4	0,042	8 340

Образцы каменного угля размолоты и просеяны до фракции $\leq 0,5$ мкм при помощи просеивающей машины RETSCH, соответствующей требованиям стандартов контроля испытательного оборудования DIN EN ISO 9000 ff.

Измерения температуры вспышки и воспламенения будут производиться в открытом тигле, так как данный эксперимент наиболее близок к естественным условиям эксплуатации карьерных автосамосвалов. Смесь угольной пыли и рабочих масел находится под воздействием окружающей среды, а не в замкнутом пространстве. Для проведения эксперимента будет использован аппарат ПЭ-ТВО, изображенный на рис. 3, а также применена методика, описанная в работе [5].



Рис. 3. ПЭ-ТВО Полуавтоматический анализатор вспышки в открытом тигле

Данная методика верифицирована и применима для исследования нефтепродуктов, которыми являются технические жидкости и ГСМ.

Термометр ПЭ-ТВО рассчитан на температурный диапазон от -6 °С до 360 °С.

В качестве базового нефтепродукта для проведения эксперимента будет использовано трансмиссионное масло ГАЗПРОМ-НЕФТЬ GL-4 80w90, отличающееся сниженными показателями пожарной опасности. Физико-химические характеристики масла представлены в табл. 2 [6].

Для получения дисперсной системы образцы масла и угольной пыли смешиваются в разных пропорциях и выстаиваются до заполнения пор. По мере заполнения на поверхности исследуемой смеси перестают появляться пузыри воздуха.

Исследуемая дисперсная система, состоящая из частиц угольной пыли и ГСМ, будет рассматриваться как жидкое вещество с включениями твердых частиц и газовой фазы.

Таблица 2. Типичные физико-химические характеристики трансмиссионного масла

Показатели	Метод	Gazpromneft GL-4 80W-90
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	ASTM D 445	14,5
Температура вспышки в открытом тигле, °С	ASTM D 92	232
Температура застывания, °С	ГОСТ 20287	-30
Плотность при 20 °С, кг/м ³	ASTM D 4052	893

Для определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле и исследования эффекта синергии диспергированных частиц угольной пыли и ГСМ были подготовлены контрольные образцы смесей угольной пыли марки «ГЖ» и полусинтетического трансмиссионного масла марки ГАЗПРОМ-НЕФТЬ GL-4 80w90.

Первоначально произведены замеры показателей пожарной опасности чистого трансмиссионного масла для сравнения с паспортными характеристиками.

Атмосферное давление на момент проведения испытаний составляло 744,1 мм рт. ст. (99,205 кПа). Учитываем поправку на атмосферное давление:

$$T_c = T_0 + 0,25(101,3 - p),$$

где T_0 – температура вспышки или температура воспламенения при барометрическом давлении окружающей среды, °С; p – барометрическое давление окружающей среды, кПа.

Получаем поправку к температуре вспышки и воспламенения в открытом тигле +0,52 °С на момент проведения эксперимента.

Для дальнейшей работы подготовлены образцы смесей дисперсных систем с разным процентным соотношением трансмиссионного масла и угольной пыли по массе вещества, представленных в табл. 3.

Таблица 3

№ образца	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
% соотношение трансмиссионного масла / угольной пыли (по массе вещества)	80/20	60/40	50/50	40/60

Также проведены испытания на определение температуры воспламенения исследуемого трансмиссионного масла, которые не отражены в паспортных характеристиках масла и получены опытным путем.

Для чистоты эксперимента каждый опытный образец выдержан в течение суток для заполнения пор диспергированных частиц угольной пыли.

При проведении замера температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле экспериментального образца № 4 необходимо было производить постоянное помешивание. Связано это с повышенной вязкостью смеси и выпадением угольной пыли в осадок, что затрудняло теплообмен нагревателя и исследуемой дисперсной системы.

В результате получены следующие средние показатели, представленные в табл. 4 для различных образцов.

Таблица 4. Результаты полученных экспериментальных данных

№ образца	GL-4 80w90	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Температура вспышки, °C	231,8	215	211,4	209,2	194
Температура воспламенения, °C	254,6	245	235,8	234	224,6
Температура вспышки, с учетом поправки на атм. давление, °C	232,32	215,52	211,92	209,7	194,52
Температура воспламенения, с учетом поправки на атм. давление, °C	255,01	245,52	236,32	234,52	225,12

В рис. 4 показан уровень снижения температурных показателей вспышки и воспламенения в открытом тигле в зависимости от наличия угольной пыли в процентном соотношении к массе взятого вещества.

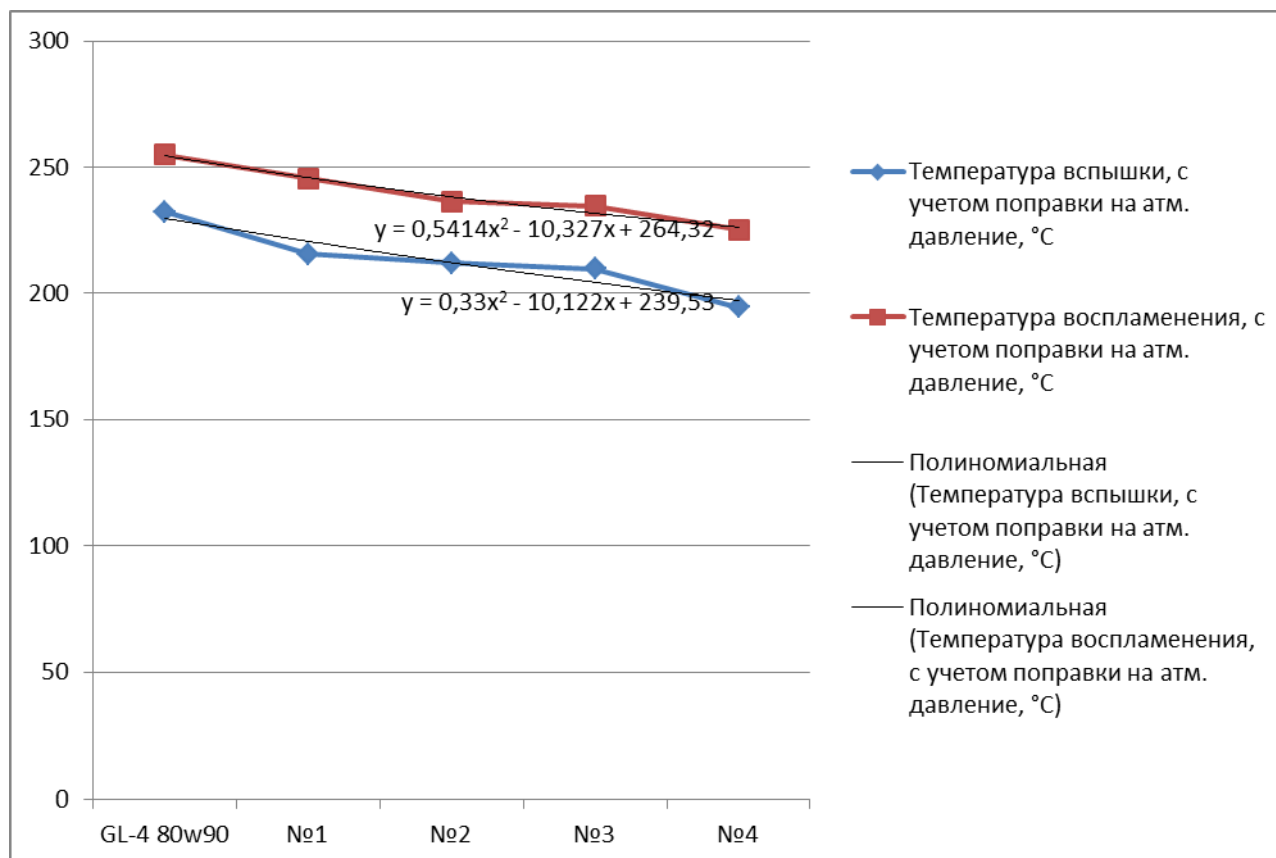


Рис. 4. Изменение параметров пожарной опасности

Данные, полученные эмпирическим путем, верны только для выбранной в качестве экспериментальной марки угля и трансмиссионного масла. Однако экспериментальным путем получена нелинейная зависимость снижения температуры вспышки и воспламенения трансмиссионного масла в результате добавления мелкодисперсной угольной пыли, что говорит о вероятном эффекте синергии.

В результате построения полиномиальной аппроксимации линий изменения температурных показателей вспышки и воспламенения получены следующие формулы:

для температуры вспышки:

$$y=0,33x^2-10,122x+239,53;$$

для температуры воспламенения:

$$y=0,5414x^2-10,327x+264,32.$$

Однако полиномиальные аппроксимации применимы только в условиях ограниченного диапазона полученных величин [7]. Это существенно ограничивает возможность применения данной математической модели на практике.

В связи с этим построим линейную регрессионную модель снижения температуры вспышки и воспламенения дисперсионной системы в зависимости от процентного соотношения угольной пыли, определяемого по массе вещества. Для построения регрессионной модели будет использован пакет-расширение Microsoft Excel «Анализ данных». В результате обработки данных получена линейная регрессионная модель:

$$Y = 5,749597 + 0,006273x_1 - 0,02818x_2 .$$

Коэффициент детерминации R^2 построенной модели равен 0,984 – говорит о том, что на 98,4 % параметры модели объясняют зависимость изменения воздействия мелкодисперсных частиц угольной пыли на температурные параметры вспышки и воспламенения изучаемой дисперсной среды.

Для проверки адекватности модели полученной регрессии будет производиться на основе F-критерия Фишера. Для этого получим фактическое значение F-критерия Фишера по формуле:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} ,$$

где R^2 – полученный коэффициент детерминации, равный 0,98; m – число факторов в модели; n – количество экспериментальных точек.

$$F = \frac{0,98}{1-0,98} \cdot \frac{5-2-1}{2} = 49 .$$

Для проверки значимости сравним вычисленный F-критерий Фишера с табличным [8]. При условии степеней свободы $f_1 = 2$, $f_2 = 2$, $F_{табл}=9$.

Так как рассчитанный критерий больше табличного, делаем вывод о статистической значимости уравнения регрессии. То есть объясненная дисперсия существенно больше, чем необъясненная, и, соответственно, модель является значимой.

Таким образом, в результате обработки полученных экспериментальных данных, приходим к выводу, что вследствие взаимодействия мелкодисперсных частиц каменноугольной пыли и нефтепродукта наблюдается синергетический эффект и исследуемая многофазная дисперсная система изменяет свои показатели пожарной опасности в зависимости от концентрации твердого тела.

Литература

1. Теплотехнические и физико-химические характеристики майкубенского угля / В.В. Богомолов [и др.] // Электрические станции. 2007. № 6. С. 10–16.
2. Экспериментальное исследование показателей пожарной опасности моторных масел / А.Ф. Гаврилюк [и др.] // Вестник Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. 2016. № 2 (22).
3. Турсенев С.А. Пожарная опасность самовозгорания при транспортировке углей морским транспортом // Морской вестник. 2010. Т. 1. № 3. С. 70–72.
4. Галишев М.А. Исследование пожарной опасности дисперсных систем // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 1 (22).
5. ГОСТ 4333–2014. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.05.2015).
6. Газпромнефть – смазочные материалы // ГАЗПРОМНЕФТЬ. URL: [http://www.gazpromneft-oil.com/clients/gpn.nsf/id/27BF6AA172C840BD4325818E0047D9CD/\\$file/TDS_GPN_GL-4_rus.pdf](http://www.gazpromneft-oil.com/clients/gpn.nsf/id/27BF6AA172C840BD4325818E0047D9CD/$file/TDS_GPN_GL-4_rus.pdf) (дата обращения: 18.09.2017).
7. Богуславский И. Полиномиальная аппроксимация для нелинейных задач оценивания и управления. М.: Litres, 2017.
8. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии. М.: Мир, 1994. Т. 268.

НАНЕСЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ СВЕРХЗВУКОВЫМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ, ПОВЫШАЮЩИМ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.Ю. Андрюшкин, кандидат технических наук, доцент.

**Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.**

Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук;

С.А. Пугачев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены полимерные покрытия для защиты металлических внутренних и наружных поверхностей объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов. Рассмотрены механизмы дозвукового и сверхзвукового газодинамического напыления многокомпонентных полимерных покрытий. Предложена технология сверхзвукового газодинамического напыления многокомпонентных покрытий.

Ключевые слова: покрытие, напыление, углеводороды

FIXING POLYMERIC COVERING BY SUPERSONIC EVAPORATION, RAISING SAFETY OBJECT CONVERSIONS, KEEPING AND TRANSPORTATIONS HYDROCARBON

A.Yu. Andryushkin. Baltic state technical university «VOENMEH» of D.F. Ustinov.

E.N. Kadochnikova; S.A. Pugachev.

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

Considered polymeric covering for protection of the metallic surfaces object conversions, keeping and transportations hydrocarbon. Considered mechanisms subsonic and supersonic evaporation polymeric covering from several components. Offered technology of the supersonic evaporation covering from several components.

Keywords: covering, evaporation, hydrocarbons

Современные объекты переработки, хранения и транспортировки углеводородов эксплуатируют в условиях действия высоких механических нагрузок, при больших температурных перепадах и в химически агрессивных средах. Кроме того, металлические конструкции хорошо проводят тепло, что увеличивает вероятность возгорания углеводородов.

Коррозионное и эрозионное разрушение металлоконструкций, труб, резервуаров делало всегда актуальными разработки антикоррозионной защиты. Эффективная антикоррозионная защита обеспечивает длительный период эксплуатации оборудования без ремонта [1].

За последние годы, по статистическим данным, количество аварий, вызванных разгерметизацией оборудования, на предприятиях нефтегазовой отрасли не снижается. Поэтому проблема повышения надежности и остаточного ресурса объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов, его способности противостоять развитию дефектов и повреждений актуальна и требует поиска эффективных технических решений.

Решающее влияние на работоспособность полимерного покрытия оказывает технология его нанесения, которая обеспечивает важнейшие показатели качества покрытия:

- заданную толщину покрытия;
- адгезионную и когезионную прочность;
- отсутствие внутренних напряжений и дефектов (трещины, поры, отслоения) в покрытии;
- химическую стойкость.

Несоответствие показателей нормативным требованиям способствует снижению срока эксплуатации полимерного покрытия, а также снижает его способность воспринимать внешние нагрузки без развития повреждений [2–6].

Рассмотрим процесс напыления многокомпонентного полимерного покрытия на примере пенополиуретанового покрытия, получаемого из смеси полиэфирной и изоцианатной композиций. Можно выделить следующие основные способы перемешивания композиций [7, 8]:

- способ механического перемешивания композиций в специальной камере распылительной головки (рис. 1);
- способ воздушного перемешивания композиций в камере распылительной головки (рис. 2);
- способ перемешивания композиций в факеле распыления (рис. 3).

При механическом способе перемешивания полиэфирная и изоцианатная композиции подаются дозирующим агрегатом в специальную камеру 1 распылительной головки (рис. 1).

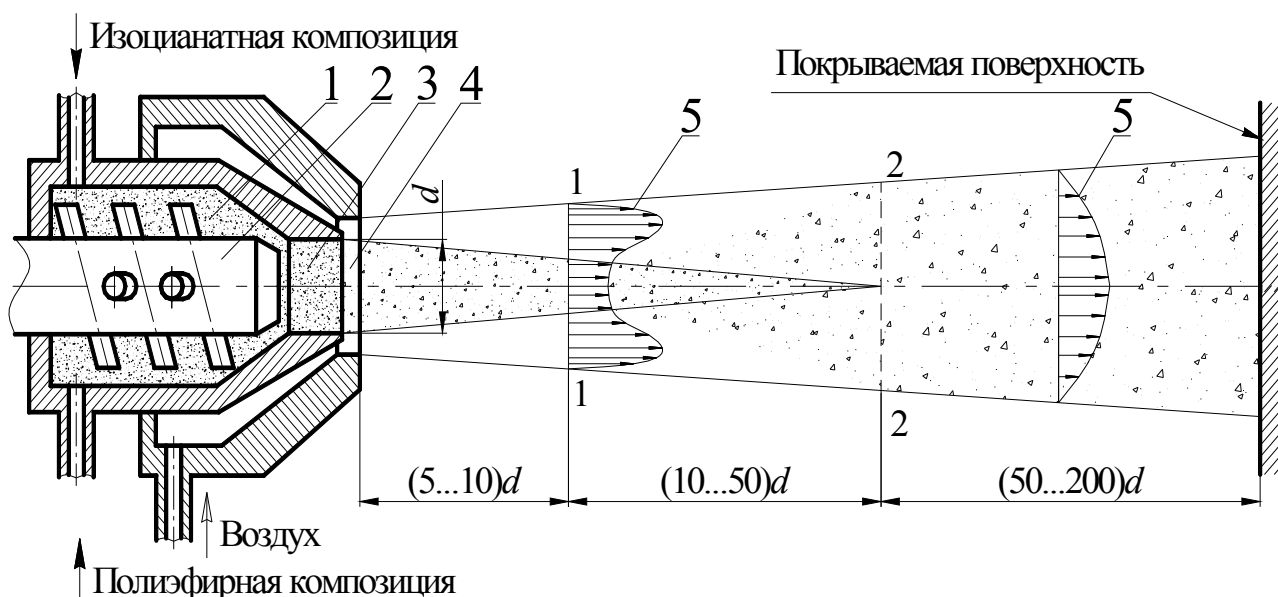


Рис. 1. Распылительная головка с механическим перемешиванием композиций:

1 – камера; 2 – мешалка; 3 – центральное отверстие в камере;
4 – кольцевое концентрическое отверстие; 5 – профили скоростей

В камере с помощью многооборотной мешалки 2 композиции интенсивно перешиваются между собой. Смесь через центральное отверстие 3 эжектируется из камеры 1 воздушной струей, подаваемой через кольцевое концентрическое отверстие 4. От распылительной головки в направлении покрываемой поверхности распространяется воздушно-жидкостная струя. Воздушно-жидкостную струю по длине можно разбить на несколько участков. Участок свободного движения струи смеси и охватывающей ее кольцевой струи воздуха от распылительной головки до сечения 1-1. Длина этого участка составляет $(5...10)d$ центрального отверстия 3 в камере 1. На этом участке струя смеси подвергается интенсивному аэродинамическому воздействию со стороны воздушной струи, что приводит к распаду струи смеси на капли с диаметром, близким к диаметру центрального отверстия 3.

Второй участок между сечениями 1-1 и 2-2 имеет длину порядка $(10...50)d$. На этом участке крупные капли, образовавшиеся в результате распада струи смеси, дробятся на более мелкие капли. Начинается выравнивание концентрации капель смеси по сечению воздушно-жидкостной струи, то есть капли от оси струи постепенно переносятся к ее периферии.

Третий участок между сечением 2-2 и покрываемой поверхностью имеет длину порядка $(50...200)d$. Здесь наблюдается интенсивное перемешивание капель, продолжается дальнейшее выравнивание их концентрации по поперечному сечению воздушно-жидкостной струи, связанное с высокой турбулентностью в воздушно-жидкостной струе на этом участке.

В результате диспергации струи смеси образуются капли, которые напыляются на покрываемую поверхность, формируя реакционную смесь. После вспенивания реакционной смеси и ее отверждения образуется пенополиуретановое покрытие.

Способ воздушного перемешивания композиций в камере распылительной головки применяется для распыления низковязких композиций и заключается в следующем (рис. 2). Полиэфирная и изоцианатная композиции подаются дозирующим агрегатом в распылительную головку. В распылительной головке поток каждой композиции отдельно взаимодействует с потоком воздуха, также подаваемого в распылительную головку.

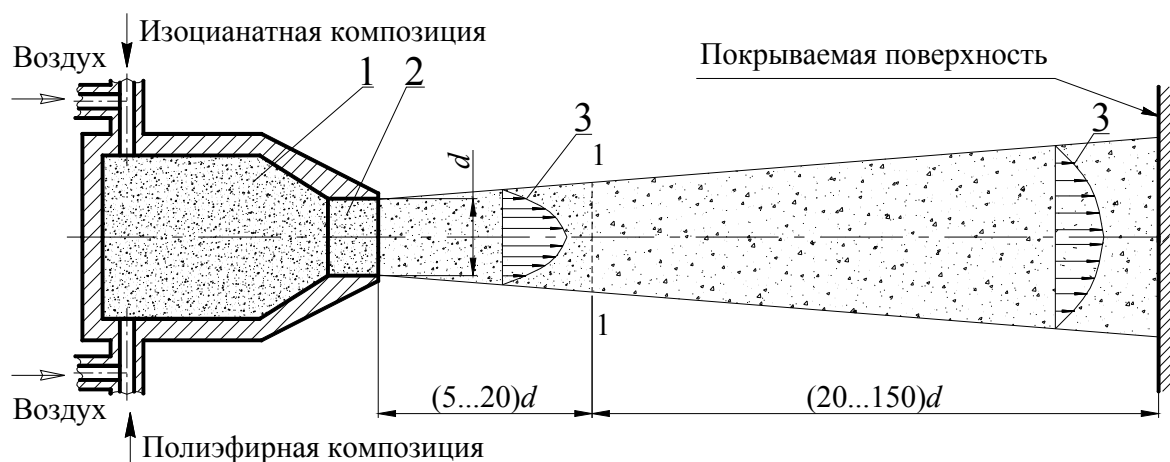


Рис. 2. Распылительная головка с воздушным перемешиванием композиций:
1 – камера; 2 – центральное отверстие в камере; 3 – профили скоростей

В результате образуется воздушно-жидкостной поток полиэфирной композиции и воздушно-жидкостной поток изоцианатной композиции. Воздушно-жидкостные потоки перемешиваются между собой в специальной камере 1 распылительной головки, получается воздушно-жидкостная смесь, которая распыляется через центральное отверстие 2. Воздушно-жидкостную струю по длине можно разбить на два участка.

На первом участке между распылительной головкой и сечением 1-1, равным $(5...20)d$ центрального отверстия 2, крупные капли распадаются на более мелкие капли.

На втором участке между сечением 1-1 и покрываемой поверхностью, равным $(20...150)d$, наблюдается интенсивное перемешивание капель, происходит выравнивание их концентрации по поперечному сечению воздушно-жидкостной струи. Капли создают на поверхности слой реакционной смеси, после вспенивания и отверждения которой формируется пенополиуретановое покрытие.

Способ перемешивания полиэфирной и изоцианатной композиций в факеле распыления применяется для низковязких композиций и заключается в том, что эти композиции истекают отдельно из распылительной головки, одна – через центральное отверстие 1 (например, полиэфирная композиция), другая – через кольцевое concentрическое отверстие 2 (например, изоцианатная композиция) (рис. 3).

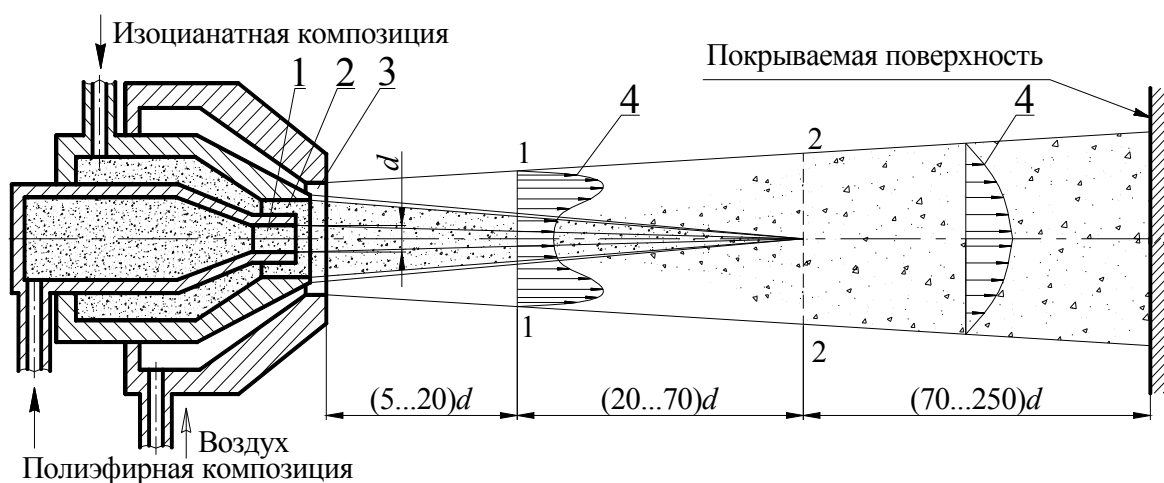


Рис. 3. Распылительная головка с перемешиванием композиций в факеле распыления:
1 – центральное отверстие (полиэфирная композиция); 2 – кольцевое concentрическое отверстие (изоцианатная композиция); 3 – кольцевое concentрическое отверстие (воздух);
4 – профили скоростей

Воздух истекает через второе кольцевое концентрическое отверстие 3, охватывающее отверстия подачи композиций. Факел распыления можно разбить по длине на три участка. На первом участке между распылительной головкой и сечением 1-1, равным $(5...20)d$ центрального отверстия 1, под интенсивным аэродинамическим воздействием воздуха происходит распад струй полиэфирной и изоцианатной композиций на крупные капли. На втором участке между сечениями 1-1 и 2-2, равным $(20...70)d$, перемешиваются и дробятся крупные капли на более мелкие капли, начинается выравнивание концентрации капель композиций по поперечному сечению факела распыления. На третьем участке между сечением 2-2 и покрываемой поверхностью, равным $(70...250)d$, происходит окончательное выравнивание концентрации капель по поперечному сечению факела распыления из-за высокой турбулентности потока на этом участке. Образовавшиеся капли напыляются на поверхность, формируя реакцию смесь. После вспенивания и отверждения смеси формируется пенополиуретановое покрытие. Распылительные головки, работающие на этом способе перемешивания композиций, помимо малого веса и незначительных габаритов, отличаются тем, что устраняется возможность их засорения продуктами реакции исходных композиций, так как процесс перемешивания композиций происходит за пределами распылительной головки.

Рассмотренные способы перемешивания композиций газодинамическим методом имеют общие основные недостатки. В процессе распыления жидких струй полиэфирной и изоцианатной композиций образуются достаточно крупные капли с размером $10^{-3}...10^{-4}$ м в зависимости от свойств распыляемой композиции, то есть степень диспергации капель мала. Низкая турбулентность воздушно-жидкостного потока не позволяет получить равномерное распределение капель полиэфирной и изоцианатной композиций по поперечному сечению потока. Таким образом, низкая степень диспергации капель и неравномерность их распределения по поперечному сечению воздушно-жидкостного потока не позволяют сформировать однородную реакцию смесь, что приводит к значительному разбросу параметров пенополиуретанового покрытия по его объему.

Эти недостатки обусловлены недостаточностью силового воздействия воздушного потока на жидкие струи полиэфирной и изоцианатной композиций. Степень диспергации капель и турбулентность воздушно-жидкостного потока будет тем выше, чем больше отношение кинетической энергии воздушной струи к кинетической энергии жидкостной струи.

Поэтому применение сверхзвуковой скорости истечения воздуха позволяет значительно повысить степень диспергации капель и турбулентность воздушно-жидкостного потока, так как недорасширенная сверхзвуковая газодинамическая струя на основном участке имеет турбулентный участок высокой интенсивности (рис. 4).

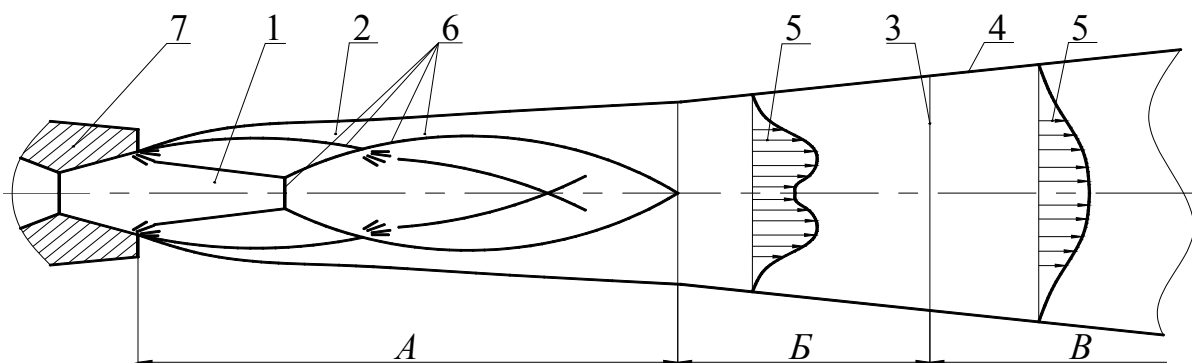


Рис. 4. Газодинамическая структура сверхзвуковой осесимметричной струи воздуха:
 1 – ядро истекающего потока; 2 – пограничный слой; 3 – изобарическое сечение;
 4 – граница струи; 5 – профили скоростей; 6 – скачки уплотнения; 7 – сопло;
 А, Б, В – начальный, переходной и основной участок струи

Необходимо отметить, что скачки уплотнения, возникающие на начальном участке недорасширенной сверхзвуковой струи, то есть у которой давление на срезе сопла больше давления окружающей среды, способствуют диспергации капель, так как капля, проходя через скачок уплотнения, подвергается значительному силовому воздействию, что приводит к ее дроблению.

Формирование пенополиуретановых покрытий сверхзвуковым газодинамическим методом может быть реализовано с помощью распылительной головки с кольцевым сверхзвуковым соплом (рис. 5). Перемешивание композиций в факеле распыления является наиболее рациональным с точки зрения получения мелкодисперсных капель и их интенсивного перемешивания между собой. Подготовленные к распылению полиэфирная и изоцианатная композиции подаются самотеком или под давлением через центральное отверстие 1 и кольцевое концентрическое отверстие 2 распылительной головки.

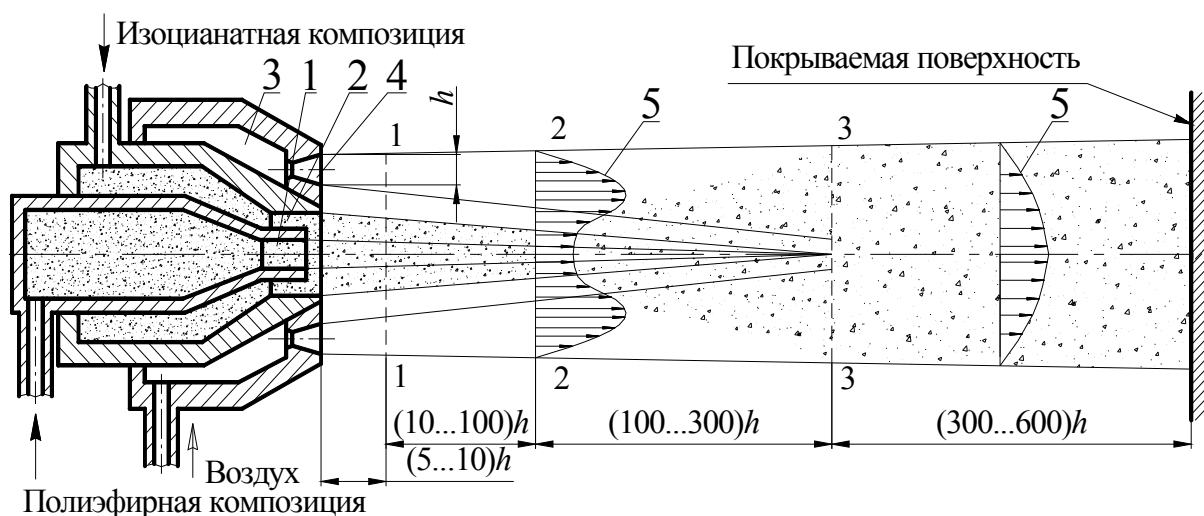


Рис. 5. Распылительная головка со сверхзвуковым факелом распыления:
1 – центральное отверстие (полиэфирная композиция); 2 – кольцевое концентрическое отверстие (изоцианатная композиция); 3 – коллекторная воздушная полость;
4 – кольцевое сверхзвуковое сопло; 5 – профили скоростей

Воздух подают в коллекторную воздушную полость 3, связанную с кольцевым сверхзвуковым соплом 4, охватывающим отверстия 1 и 2 подачи полиэфирной и изоцианатной композиций. Сверхзвуковой факел распыления можно разбить по длине на четыре участка. На первом участке между распылительной головкой и сечением 1-1, равным $(5...10)h$ (h – ширина кольцевого сверхзвукового сопла). При этом на струи полиэфирной и изоцианатной композиций со стороны сверхзвуковой струи воздуха оказывается сильное аэродинамическое воздействие, приводящее к распаду струй композиций в непосредственной близости от выходных отверстий 1 и 2 на крупные капли.

На втором участке между сечениями 1-1 и 2-2, равным $(10...100)h$, возникают скачки уплотнения, проходя через которые крупные капли дробятся на более мелкие с размерами $10^{-5}...10^{-7}$ м.

На третьем участке между сечениями 2-2 и 3-3, равным $(100...300)h$, происходит образование единого воздушно-жидкостного потока, в котором наблюдается значительная разница скоростей в различных областях. Здесь происходит интенсивный массо- и теплообмен между областями потока, капли композиций переносятся из осевой области потока к его периферии.

На четвертом участке между сечениям 3-3 и покрываемой поверхностью, равным $(300...600)h$, воздушно-жидкостной поток превращается в одиночную осесимметричную воздушно-жидкостную струю с высокой турбулентностью. На этом участке происходит интенсивное перемешивание капель, выравнивание их концентрации по поперечному сечению воздушно-жидкостной струи. Далее капли напыляются на покрываемую поверхность, образуют однородную реакционную смесь, после вспенивания и отверждения которой формируется пенополиуретановое покрытие.

Следовательно, сверхзвуковое газодинамическое напыление обеспечивает высокую однородность напыляемой смеси композиций, что обуславливает высокое качество полимерного покрытия.

Традиционные технологии не обеспечивают равномерность нанесения полимерного покрытия из-за существенной разнотолщинности покрытий.

Пневматическое напыление обеспечивает равномерность нанесения полимерного покрытия, но однородность наносимых жидких многокомпонентных полимерных композиций остается низкой, что обуславливает появление и рост различных дефектов полимерного покрытия.

Сверхзвуковое газодинамическое напыление обеспечивает высокую однородность наносимых жидких многокомпонентных полимерных композиций, что обуславливает высокое качество и долговечность изоляционного покрытия.

Таким образом, предложенная технология сверхзвукового газодинамического напыления полимерных покрытий повышает безопасность объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов.

Литература

1. Демехин В.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учеб. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2003. 656 с.
2. РД-05.00-45.21.30-КТН-005-1-05. Правила антикоррозионной защиты резервуаров. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. РД-23.040.00-КТН-189-06. Правила антикоррозионной защиты надземных трубопроводов, конструкций и оборудования магистральных нефтепроводов. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. ОТТ-25.220.01-КТН-215-10. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Наружное антикоррозионное покрытие труб, соединительных деталей и механотехнологического оборудования. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. РД-23.020.00-КТН-184-10. Правила антикоррозионной защиты резервуаров для хранения нефти и светлых нефтепродуктов. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. РД-23.040.01-КТН-149-10. Правила антикоррозионной защиты надземных трубопроводов, конструкций и оборудования объектов магистральных нефтепроводов. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Андрюшкин А.Ю. Формирование дисперсных систем сверхзвуковым газодинамическим распылением: монография. СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2012. 400 с.
8. Разновидности дробления капель в ударных волнах и их характеристики / Б.Е. Гельфанд [и др.] // Инженерно-физический журнал. 1974. Т. 27. № 1. С. 119–126.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРИ ОБРАЩЕНИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПУТЕМ ИХ МОДИФИКАЦИИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОРАЗМЕРНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

А.Ю. Сорокин;

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

**С.А. Неведьев, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлены результаты исследований по оценке влияния условий модификации углеродными наноструктурами MWCNT на электростатические свойства жидких углеводородов. Исследовано влияние различных факторов на процесс электризации модифицированных углеводородных жидкостей в условиях их гомогенизации методами регрессионного анализа и нейросетевого моделирования.

Ключевые слова: наножидкость, статическое электричество, углеводородные жидкости, регрессионный анализ, нейросетевое моделирование

MODELING OF MANAGEMENT THE ELECTROSTATIC SAFETY IN THE HANDLING OF HYDROCARBON LIQUIDS BY MEANS OF THEIR MODIFICATION BY THE CARBON NANO-DIMENSIONAL COMPONENTS

A.Yu. Sorokin; A.A. Tarantsev; S.A. Nefediev.

Saint Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The results of studies to assess the effect of modification conditions on carbon nanostructures MWCNT on the electrostatic properties of liquid hydrocarbons are presented. The influence of various factors on the process of electrification of modified hydrocarbon fluids under the conditions of their homogenization by regression analysis and neural network modeling was studied.

Keywords: nanofluids, static electricity, hydrocarbon fluids, regression analysis, neural network modeling method

При обращении с углеводородными жидкостями взрывоопасные проявления статического электричества обусловлены процессами электризации, протекающими в оборудовании технологических аппаратов, сливо-наливных эстакадах, устройств перекачки и т.д. Источник зажигания в оборудовании может проявиться в результате преобразования механической энергии в электрическую. Часть данной генерируемой энергии затрачивается на образование электростатического поля над зеркалом жидкости в паровоздушном пространстве оборудования [1].

Также необходимым условием обеспечения пожаровзрывобезопасности при обращении с жидкими углеводородами является обеспечение безопасной концентрации паров над зеркалом жидкости. В работах [2, 3] приводятся сведения об изменении поверхностного натяжения, скорости истечения и интенсивности испарения углеводородных жидкостей посредством введения в них наноматериалов с многослойными углеродными нанотрубками (MWCNT), позволяет снизить вероятность возникновения взрывоопасных концентраций в технологических аппаратах с легковоспламеняющимися (ЛВЖ) и горючими жидкостями (ГЖ).

Оценка влияния воздействующих факторов (ВФ) на процессы электризации модифицированных углеводородных жидкостей в условиях их гомогенизации проводилась с помощью методов регрессионного анализа и нейросетевого (НС) моделирования [4].

При построении регрессионных и НС моделей учитывались такие параметры, как время гомогенизации, средний размер наночастиц, изменение температуры при гомогенизации и диэлектрическая проницаемость жидкостей, а также ряд других показателей.

Для оценки влияния ВФ (X_1 – X_9) (табл. 1.) на выходной параметр (ВП) y (напряженность электрического поля) проводились испытания с воспроизведением 100 ($N=100$) различных сочетания ВФ. Повышение объективности результатов анализа проводилось с помощью проведения пятикратных экспериментов.

Таблица 1. **ВФ, воспроизводимые в ходе испытаний и регистрируемый ВП**

ВФ, ВП	Характеристика	Единицы измерения
X_1	Время гомогенизации, τ	с
X_2	Соотношение характеристических полос MWCNT, определяющих наличие дефектов в наноструктурах, G/D	–
X_3	Средний размер наночастиц, d	нм
X_4	Поверхностное натяжение наножидкости, σ	Н/м
X_5	Скорость истечения наножидкости, $\Delta V/\Delta \tau$	мл/с
X_6	Диэлектрическая проницаемость наножидкости, ϵ	–
X_7	Удельное электрическое сопротивление наножидкости, ρ_v	10^{10} Ом·м
X_8	Изменение температуры жидкостей при гомогенизации, T	°С
X_9	Плотность базовой жидкости	кг/м ³
y	Напряженность электрического поля	кВ/м

В результате исследования необходимо найти зависимость ВП от ВФ [4]:

$$y = f(x_1, \dots, x_9), \quad (1)$$

чтобы оценить изменения напряженности электрического поля при различных сочетаниях факторов ($x_1, \dots, x_9$).

Зависимость (1) возможно получить в виде квазилинейного уравнения регрессии [5]:

$$y = \sum_{i=1}^M a_i z_i, \quad (2)$$

где a_i – i искомый коэффициент регрессии; z_i – i условный фактор, представляющий собой функцию от ВФ $x_1, \dots, x_9$; M – число коэффициентов регрессии или условных факторов ($M < N$).

Условные факторы $\{z_i\}$ подбирались методом форсированного перебора в ходе решения уравнения регрессии (2), а коэффициент регрессии $\{a_i\}$ рассчитывался методом наименьших квадратов [6].

Адекватность уравнения (2) оценивалась по критерию Фишера F [7] с использованием таблиц [8], но с точностью, достаточной для инженерных расчетов.

Также при решении уравнения использовали дополнительный критерий в виде максимального рассогласования Δ между расчетным и экспериментальным значениями ВП.

Вычисление коэффициентов регрессии $\{a_i\}$ и подбор условных факторов ($z_1, \dots, z_M$) производились с помощью программного продукта REGRAN. Для построения моделей применялся принцип многомодельности [9], в соответствии с которым зависимость ВП от ВФ может быть описана не одним адекватным уравнением (2), а несколькими уравнениями, обеспечивая при этом объективность решения задач оценки значимости факторов (X_1 – X_9) и прогноза параметров (y).

В табл. 2 представлены полученные адекватные квазилинейные регрессионные модели.

Таблица 2. Регрессионные модели, построенные по результатам испытаний

№ п/п	Вид уравнения регрессии	Вид условных факторов	F	Δ
1.	$y_a = 0,2228z_{1a} + 0,1377z_{2a}$	$z_{1a} = \sqrt{\frac{\varphi_4}{\varphi_2\varphi_3}} \cdot \frac{(\varphi_5\varphi_6)^3}{\varphi_1}$	5,3	2,4
		$z_{2a} = \left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right)^3 \cdot \frac{1}{\sqrt{\varphi_3\varphi_4} \cdot \varphi_5^2\varphi_6}$		
2.	$y_b = -0,1376z_{1b} + 0,4162z_{2b} + 5,319 \cdot 10^{-3}z_{3b} + 0,09664z_{4b}$	$z_{1b} = \varphi_1\varphi_2\varphi_4\left(\frac{\varphi_5}{\varphi_3\varphi_6}\right)^2$	9,4	2,0
		$z_{2b} = \frac{\varphi_4(\varphi_5\varphi_6)^2}{\varphi_2\varphi_3}$		
		$z_{3b} = \frac{(\varphi_2\varphi_3\varphi_4)^2}{\varphi_1\varphi_6}$		
		$z_{4b} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2\varphi_6} \cdot \left(\frac{\varphi_4}{\varphi_3}\right)^2$		
3.	$y_c = -0,1417z_{1c} + 0,4265z_{2c} + 5,214 \cdot 10^{-3}z_{3c} + 0,1011z_{4c} - 1,329 \cdot 10^{-2}z_{5c}$	$z_{1c} = \varphi_1\varphi_2\varphi_4\left(\frac{\varphi_5}{\varphi_3\varphi_6}\right)^2$	9,4	1,9
		$z_{2c} = \frac{\varphi_4(\varphi_5\varphi_6)^2}{\varphi_2\varphi_3}$		
		$z_{3c} = \frac{(\varphi_2\varphi_3\varphi_4)^2}{\varphi_1\varphi_6}$		
		$z_{4c} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2\varphi_6} \cdot \left(\frac{\varphi_4}{\varphi_3}\right)^2$		
		$z_{5c} = \frac{\varphi_1}{(\varphi_2\varphi_3)^2\varphi_4\varphi_5\varphi_6}$		

Примечания: F – критерий Фишера; Δ – максимальное рассогласование; для удобства расчетов использовались преобразования:

$$\varphi_1 = \frac{1}{3} \cdot (x_1 + 1); \varphi_2 = 0,586x_2 + 0,5; \varphi_3 = 0,429x_3 + 0,5; \varphi_4 = 306x_4 - 5,59;$$

$$\varphi_5 = 1,29x_6 - 0,895; \varphi_6 = 0,0882x_8 + 0,5.$$

Из полученных моделей можно установить, что наибольшее влияние на процесс электризации оказывает фактор X_8 (изменение температуры при гомогенизации); немного меньшее – факторы X_6 (диэлектрическая проницаемость), X_2 (соотношение характеристических полос) и X_1 (время гомогенизации), причем X_2 и X_1 влияют в отрицательную сторону; менее значимы X_4 (поверхностное натяжение) и X_3 (средний размер наночастиц). Факторы X_5 , X_7 , X_9 не использовались ввиду их высокой корреляции с другими факторами.

В целях оценки вклада переменных и проверки результатов проведено нейросетевое моделирование влияния факторов, определяющих особенность процессов электризации. Применение НС для моделирования процессов в наноструктурах во многом является эффективным [10]. Метод позволяет снизить затраты на дорогие и длительные эксперименты и используется для прогнозирования определенных свойств и процессов в наноматериалах: механизмов теплопередачи и массообмена [11], электропроводности, поверхностных свойств и др. [12].

НС составлена из большого количества вычислительных компонентов, выбирающих нейроны для работы в параллельных путях достижения наиболее верного решения. Моделирование процессов электризации в наноструктурах с помощью НС осуществлялось путем обработки набора воздействующих факторов (табл. 1.) в соответствующих учебных алгоритмах.

В качестве исходных данных было представлено семь переменных: шесть независимых предикторов (X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_6 , X_8) и одна целевая зависимая переменная y . Независимые X_5 , X_7 , X_9 не использовались, как и в регрессионной модели, ввиду их высокой корреляции с другими факторами. Структура выбранной НС включает в себя сегменты входных и выходных данных, а также два скрытых слоя (до 6 и до 25 сегментов в каждом слое). Достоверность результатов НС моделирования обеспечивалась большим набором экспериментальных данных для 100 измерений, определяющих значение зависимой переменной.

Для построения НС использовали программу STATISTICA [13]. Блок-схема предложенного алгоритма обработки данных в НС представлена на рис. 1.

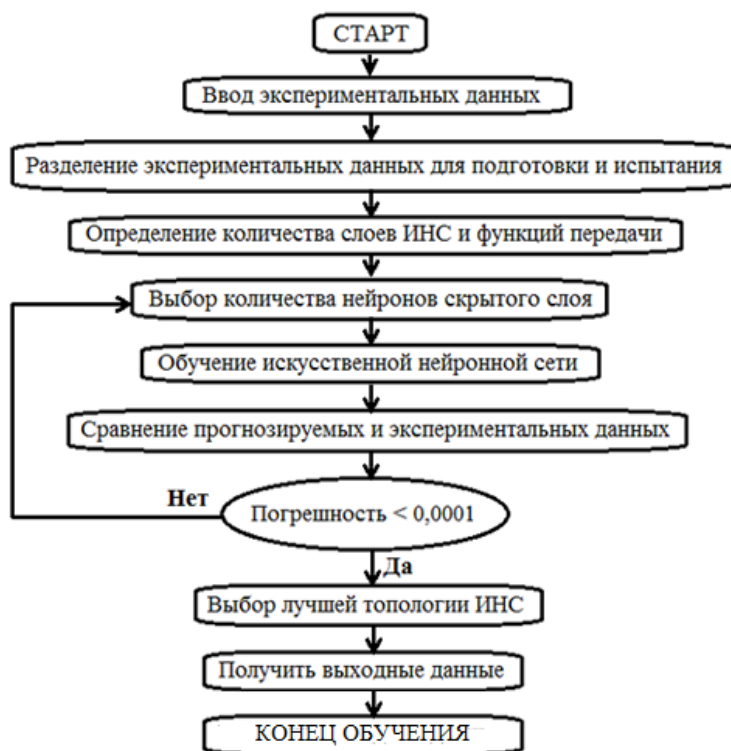


Рис. 1. Блок-схема алгоритма обработки данных в НС

При анализе данных было выбрано десять НС, из которых с наименьшим значением ошибки обучения выбрана сеть с параметрами, указанными в табл. 3.

Таблица 3. Параметры НС с наименьшим значением ошибки

Index	Net. name	Trainingperf.	Testperf.	Validationperf.	Trainingerror
10	MLP 23-18-1	0,995895	0,887032	0,970373	0,012200
Index	Testerror	Validationerror	Trainingalgorithm	Hiddenactivation	Outputactivation
10	0,118151	0,163168	BFGS 40	SOS	Exponential

Диаграмма рассеяния полученных данных сети показывает, что выходные значения сети в целом расположены в пределах полученной последовательности, что говорит о совпадении расчетных величин с целевыми значениями (рис. 2).

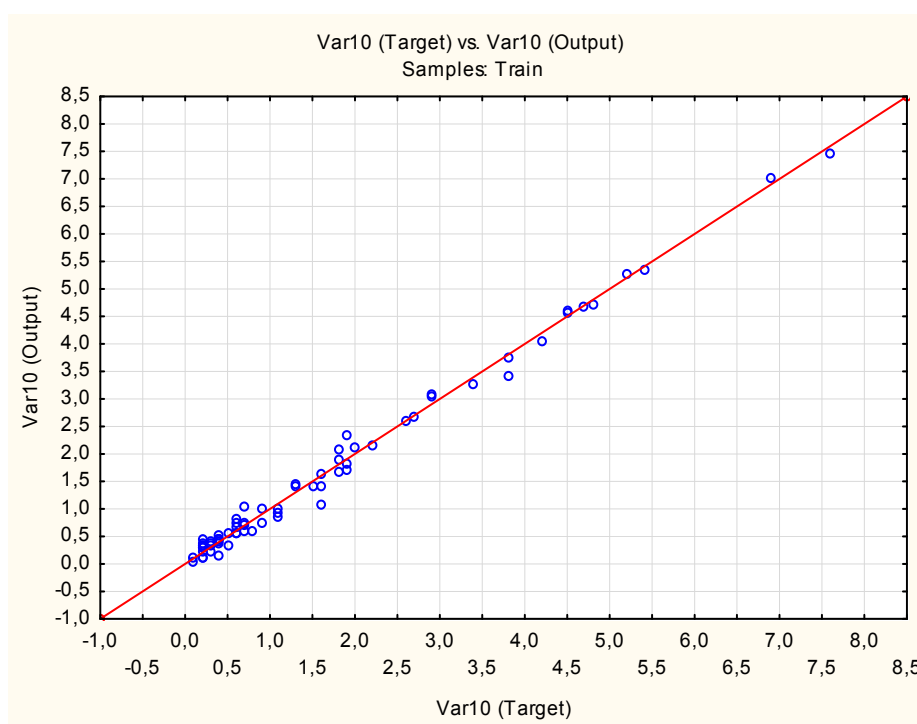


Рис. 2. Зависимость графического рассеяния полученных данных сети

В ходе проведения анализа чувствительности определены наиболее значимые факторы ($X_1 \dots X_8$) (табл. 4.), к которым относятся:

- 1) изменение температуры при гомогенизации (X_8);
- 2) соотношение характеристических полос MWCNT, определяющих наличие дефектов в наноструктурах (X_2);
- 3) диэлектрическая проницаемость (X_6);
- 4) время гомогенизации (X_1).

Таблица 4. Параметры чувствительности переменных ($X_1 \dots X_8$)

Index	Net. name	Вклад переменных					
		X_8	X_2	X_6	X_1	X_3	X_4
10	MLP 23-18-1	163,9556	88,08893	46,37509	27,66791	10,23582	3,969956

Данные величины отражены в сети 10 (MLP 23-18-1) с наименьшей ошибкой обучения. Полученные данные позволяют спрогнозировать величину напряженности электрического поля, генерируемого при обращении базовых углеводородных жидкостей и наножидкостей с наноматериалом MWCNT на их основе (рис. 3), и изменения диэлектрической проницаемости (рис. 4).

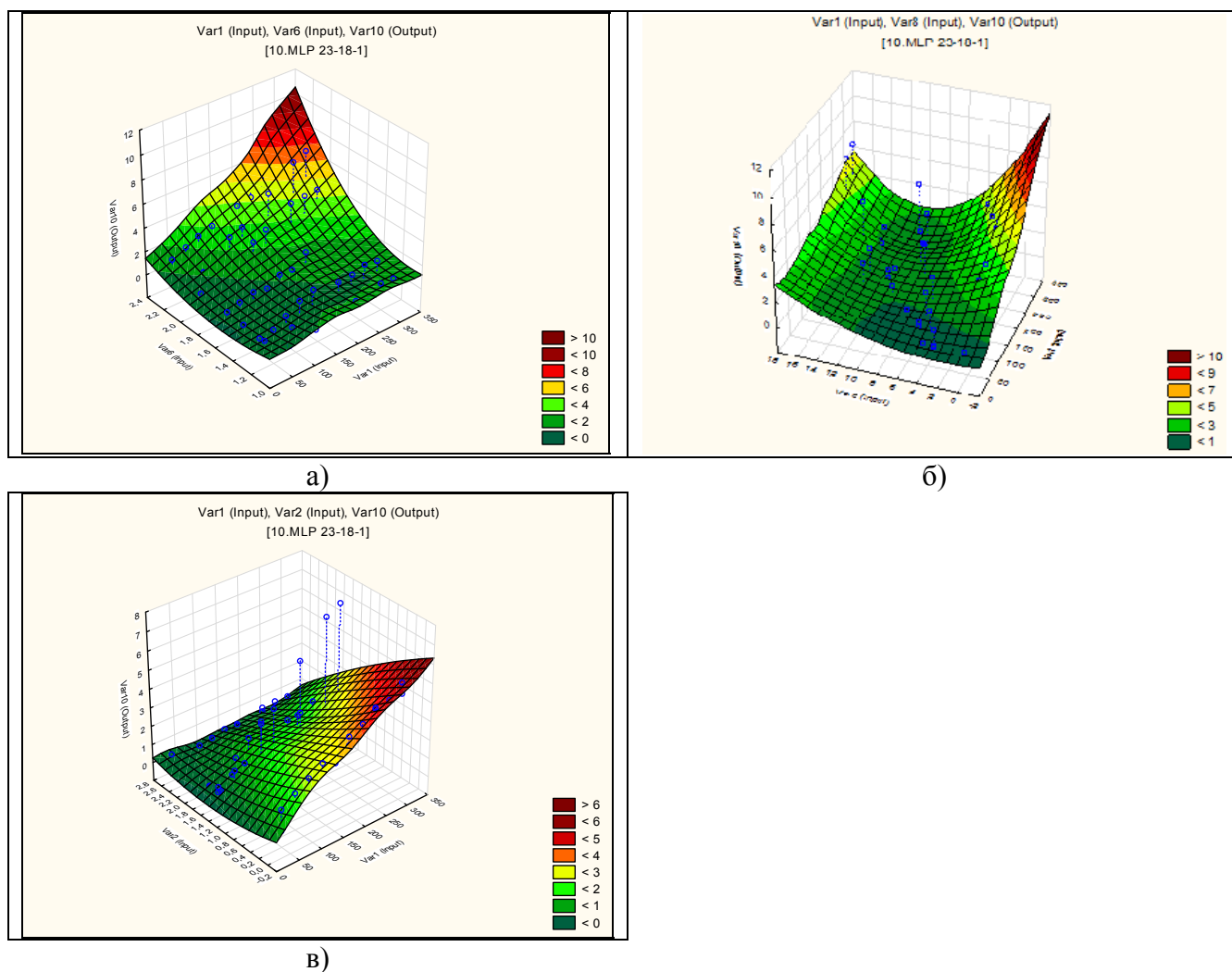


Рис. 3. Напряженность электрического поля, возникающего при обращении с углеводородными наножидкостями, в зависимости от:

- а) их диэлектрической проницаемости и времени гомогенизации;
- б) изменения температуры при гомогенизации и времени гомогенизации;
- в) дефектности MWCNT в наноструктурах и времени гомогенизации

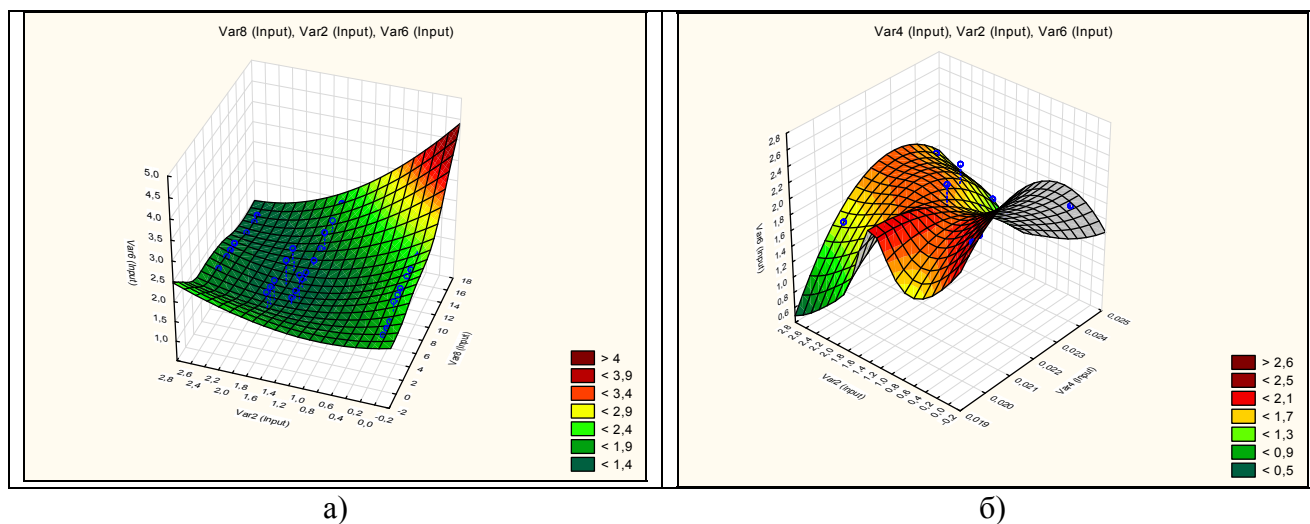


Рис. 4. Диэлектрическая проницаемость наножидкостей, в зависимости от:
 а) дефектности MWCNT в наноструктурах и изменения температуры при гомогенизации;
 б) дефектности MWCNT в наноструктурах и поверхностного натяжения жидкостей

По результатам исследования установлено, что данные, полученные в регрессионной модели, в целом соответствуют результатам нейросетевого моделирования. В ходе анализа чувствительности выявлены величины моделей, характеризующие важность переменных, к наиболее значимым из которых относятся такие показатели, как изменение температуры при гомогенизации, дефектность наноструктур, диэлектрическая проницаемость и время гомогенизации.

Применение регрессионного анализа и нейросетевого моделирования процессов электризации углеводородных жидкостей в условиях их модификации углеродными наноструктурами позволяет сформулировать технологические требования по применению наноматериалов с MWCNT для обеспечения электростатической безопасности при транспортировке, операциях слива-налива и гомогенизации ЛВЖ и ГЖ:

1. Депонирование наноструктур MWCNT в углеводородные жидкости обеспечивает увеличение их электропроводности и снижение диэлектрической проницаемости, что обуславливает более низкую скорость электризации при технологических операциях с ЛВЖ и ГЖ. Вместе с тем увеличение электропроводности наножидкостей при депонировании MWCNT в больших концентрациях может привести к более интенсивной электризации за счет интенсивной генерации электростатических зарядов на границе раздела фаз «жидкость – твердое вещество».

2. Полученные в ходе исследования результаты о наименьшей электризации в наножидкостях при размере агломераций частиц наноматериала порядка 1 500...2 500 нм являются основанием для использования антистатических присадок с MWCNT при перевозке топлив, в условиях сильной агрегации наночастиц, при условии контроля температуры в аппаратах для транспортировки.

3. При обращении углеводородных жидкостей с ростом их температуры возможно управление их диэлектрической проницаемостью путем использования антистатических присадок с MWCNT с регулируемыми параметрами дефектности в наноструктурах.

4. Изменение дефектности наноструктур позволяет не только управлять диэлектрической проницаемостью наножидкостей, но и их поверхностным натяжением, что позволяет регулировать процессами испарения и истечения нефтепродуктов.

Литература

1. Веревкин В.Н. Стандарты и нормы электростатической искробезопасности (ЭСИБ) // Энергобезопасность и энергосбережение. 2008. № 1 (22). С. 41–48.

2. Сорокин А.Ю., Иванов А.В. Обеспечение электростатической безопасности при транспортировке легковоспламеняющихся жидкостей и внедрение углеродных наноразмерных частиц // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. статей по материалам V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 15–16 дек. 2016 г.: в 2-х ч. Воронеж: Воронежский ин-т ГПС МЧС России, 2017. Ч. 1. С. 332–335.
3. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами / Иванов А.В. // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2017. Т. 26. № 7. С. 16–27.
4. Многофакторная регрессионная модель процессов детоксикации почв в условиях чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса / А.А. Таранцев [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 34–42.
5. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. 2-е изд. М.: Физматгиз, 1962.
6. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965.
7. Критенко М.И., Таранцев А.А., Щебаров Ю.Г. Оценка значимости факторов при их комплексном воздействии на систему // Известия РАН. Автоматика и телемеханика. 1995. № 10.
8. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983.
9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. 5-е изд., стереотип. М.: Высш. шк., 1998.
10. Корольков А.П., Колесников Д.А., Хаханов Е.А. Перспективы применения нейротехнологий в целях мониторинга состояния магистральных нефтепроводов в Арктической зоне // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39). С. 6–12.
11. Predicting the viscosity of multi-walled carbon nanotubes/water nanofluid by developing an optimal artificial neural network based on experimental data / M. Afrand [et al] // International Communications in Heat and Mass Transfer. 2016. Т. 77. С. 49–53.
12. Thermal and electrical conductivities of water-based nanofluids prepared with long multiwalled carbon nanotubes / J. Glory [et al] // Journal of applied physics. 2008. Т. 103. № 9.
13. Боровиков В.П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных. 2-е изд. М.: Горячая линия – Телеком, 2008.

ПОЖАРНЫЕ АВТОПОДЪЁМНИКИ: ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ, КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

А.И. Преснов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Печурин, кандидат технических наук, доцент;

А.В. Данилевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводится историческая справка о пожарных автоподъемниках, рассмотрены их конструктивные особенности и технические характеристики. На основании опыта эксплуатации предложены оптимальные показатели пожарных автоподъемников.

Ключевые слова: пожарный автоподъемник, стрела, люлька, технические характеристики, конструкция, высота, вылет

TOWER LADDERS: HISTORICAL ASPECTS, TECHNICAL SPECIFICATIONS, DESIGN SOLUTIONS

A.I. Presnov; A.A. Pechurin; A.V. Danilevich.

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

The paper contains historical information about tower ladders, their design features. Optimized criteria of fire aerial ladders based on operational experience are offered.

Keywords: fire car lift, jib, cradle, specifications, design, height, offset

Пожарные автоподъемники (АПК) относятся к специальным пожарным автомобилям и служат для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на высотах. Они представляют собой специально подготовленное автомобильное шасси, оборудованное стационарными надстройками в виде поворотных коленчатых, телескопических стреловых устройств с люлькой на вершине. Относительно пожарных автолестниц это новый тип высотной пожарно-спасательной техники, история которой в России начинается с середины XX в., когда появился новый тип автомобиля – автоподъемник, а в дальнейшем – автогидроподъемник.

В 50-х гг. на Ленинградском электромеханическом заводе Минэнерго СССР для производства общестроительных работ (ремонтных работ на фасадах зданий) были разработаны шарнирные двухсекционные вышки Ш2-СВ с рабочей высотой от 6 до 18 м, среди которых наибольшее распространение получила вышка Ш2-СВ-18, устанавливаемая на самоходном прицепе. Вышка состояла из ходовой и поворотной частей, стреловых элементов с подъемными механизмами и люльки. Все механизмы приводились в движение от электродвигателей, питаемых от сети переменного тока напряжением 380 В. Люлька грузоподъемностью 150 кг представляет собой каркас, сваренный из стальных уголков. Одна боковая сторона каркаса имеет дверь, стороны обтянуты металлической сеткой. По полу люльки настланы доски. Максимальная высота до пола люльки – 16,2 м; максимальный вылет – 9 м. Вышка передвигалась со скоростью 1 км/ч.

В тоже время на Ленинградском ремонтно-механическом заводе (в настоящее время ОАО «Автогидроподъемник») так же для производства работ на фасадах зданий на автомобильном шасси ЗИЛ-157, а в дальнейшем и ЗИЛ-130, был организован выпуск телескопических вышек ВИ-23 [1] (рис. 1).

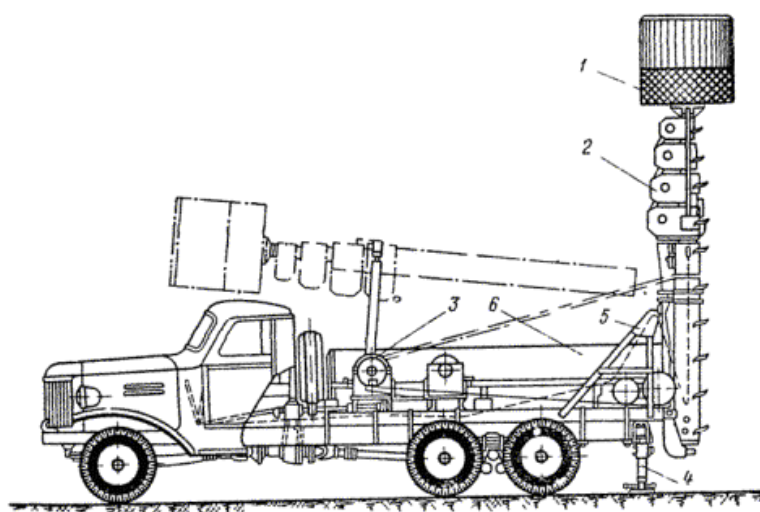


Рис. 1. Телескопическая вышка ВИ-23 на шасси ЗИЛ-157:
1 – рабочая кабина (корзина); 2 – телескопическая часть; 3 – лебедка;
4 – опорный домкрат; 5 – кронштейны; 6 – кузов автомобиля

Телескопическая часть ВИ-23 устанавливается на кронштейн, закрепленный на раме автомобиля, и при транспортировке укладывается на специальную подставку. Телескоп состоит из пяти раздвигающихся стальных труб. На конце последней трубы укреплена монтажная площадка – корзина. Раздвигается телескопическая часть с помощью лебедки с приводом от двигателя шасси через раздаточную коробку автомобиля, коробку отбора мощности, карданный вал и раздаточную коробку лебедки. Все трубы раздвигаются одновременно и с одинаковой скоростью. Управление вышкой осуществляется из кабины автомобиля. Высота до пола монтажной площадки – 21,65 м; грузоподъемность кабины – 200 кг.

Первый автогидроподъемник сошел с конвейера Ленинградского ремонтно-механического завода (в настоящее время ОАО «Автогидроподъемник») в 1960 г. [1]. Его стрела состояла из нескольких складных элементов, соединенных шарнирами. Для того чтобы доставить люльку на заданную высоту, шарниры поочередно приводили в движение складные элементы, которые раскладывались и поднимали люльку. Такой тип приводного механизма получил название шарнирно-рычажный, или коленчатый, и зарекомендовал себя, как надежный и мощный способ доставки людей и грузов на небольшую высоту. Данный вид автогидроподъемников активно используется и сегодня. В дальнейшем автогидроподъемники стали применять и для тушения пожаров и проведения спасательных операций с высотных уровней наряду с пожарными автолестницами. Первые автоподъемники для нужд пожарной охраны закупались за рубежом. Они имели шарнирное сочленение колен, раскрытие которых осуществляется с помощью системы рычагов с приводом от гидроцилиндров.

В конструкции автоподъемников, исходя из назначения, предусматривалось наличие следующих дополнительных элементов:

- люльки (подъемной кабины) с системой ее стабилизации и водяного орошения для защиты от теплового потока;
- системы водопенных коммуникаций, проложенной вдоль колен подъемника;
- системы дистанционного управления из люльки;
- лафетного ствола или генераторов пены средней кратности.

Базой для установки агрегатов и систем автоподъемника являются шасси грузовых автомобилей и гусеничных машин.

История развития пожарных автогидроподъемников в России связана с Торжокским заводом противопожарного оборудования (в настоящее время ОАО «Пожтехника») [2]. Так в 1964 г. на шасси ЗИЛ-157К с колесной формулой 6х6 был создан первый отечественный пожарный коленчатый автоподъемник АПГ-17(157К) (рис. 2). Стрелы автоподъемника были выполнены из труб круглого сечения и представляли две шарнирно соединенные фермы. К верхней ферме шарнирно крепилась люлька, в которой могли разместиться два человека. Высота подъема люльки составляла 17 м, максимальный вылет (до середины люльки) составлял 8,6 м. Автомобиль развивал скорость до 65 км/ч.

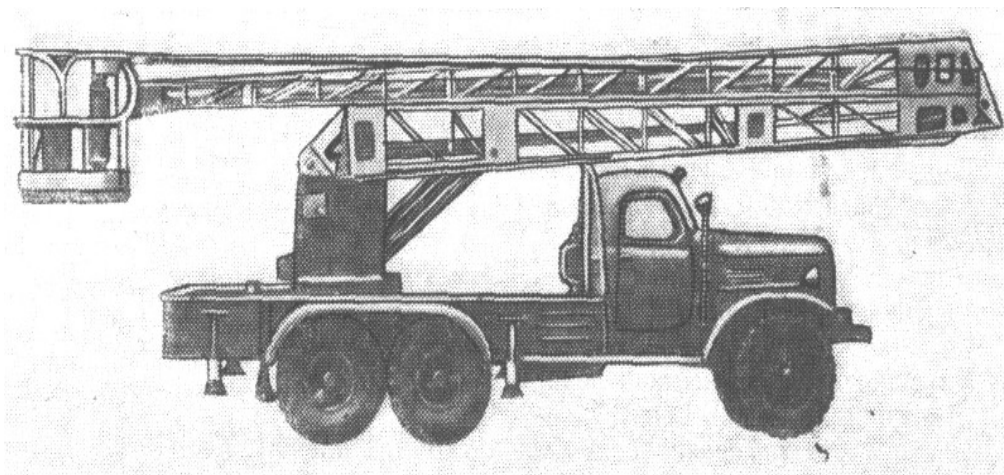


Рис. 2. Первый в СССР пожарный коленчатый подъемник АПГ-17(157К)

В 1970-е гг. для пожаротушения использовался автоподъемник МШТС-2А, который представлял собой гидравлический полноповоротный шарнирно-рычажный подъемник с двухколенной стрелой, предназначенный для работ на высоте до 17,8 м. Подъемник устанавливался на различные автомобильные и гусеничные шасси: ЗИЛ-157К, ЗИЛ-131, ЗИЛ-130, Урал-375Д, ТДТ-60 (рис. 3). Его стрела состоит из двух колен длиной 6 и 10 м, соединенных между собой шарнирно. Колена трубчатой конструкции сварены из стального листа толщиной 2 мм. Стрела подъемника оканчивается двумя люльками общей грузоподъемностью 400 кг, которые могут поворачиваться в вертикальной плоскости на 270° и в горизонтальной на 360° , а также опускаться почти на 8 м ниже уровня земли. Гидравлический привод осуществляется от шестеренного насоса НШ-46. Управление стрелой: нижнее ручное – на поворотной платформе и дистанционное – в кабине с выносного пульта.

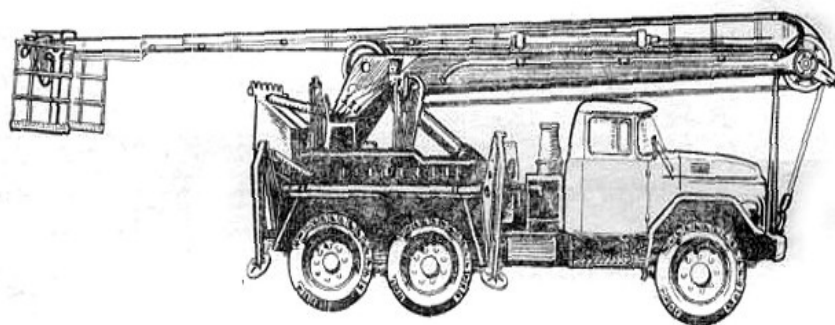


Рис. 3. Автоподъемник МШТС-2А на шасси ЗИЛ-131

Для пожаротушения автоподъемник МШТС-2А оборудован водопенными коммуникациями, лафетным стволом, системой водяной защиты, осветительными устройствами, переговорным устройством, системой дистанционного управления из люльки, разборной 12-метровой стрелой-удлинителем для подачи огнетушащих веществ. Дооборудованному автоподъемнику присвоена марка МШТС-2АП. Наибольшая высота стрелы-удлинителя с четырьмя ГВП-600 (современное название ГПС-600) составляет 28...30 м, а ее рабочий вылет, измеряемый от оси ближнего опорного шпинделя (опоры) – 25...27 м. Кроме того нижним коленом стрелы возможно работать как краном грузоподъемностью до 2 т.

В 1977 г. освоено производство 30-метрового пожарного коленчатого подъемника АКП-30(375) на шасси Урал-375, а в 1984 г. на шасси КРАЗ-257 (впоследствии КРАЗ-250) создается и в дальнейшем серийно выпускается АКП-30(257)ПМ-503 (рис. 4), оснащенный шарнирно-телескопической стрелой, состоящей из четырех колен, на вершине которой была закреплена люлька. В люльке был стационарно установлен лафетный ствол. Управление движениями осуществлялось как с пульта, расположенного на поворотном основании, так и с пульта в люльке. Электрооборудование автоподъемника позволяло при помощи концевых выключателей включать блокировки движений при появлении опасных ситуаций: достижения границы рабочей зоны, перегрузках, столкновении люльки с препятствием. Выравнивание платформы проводилось ртутными выключателями, установленными в двух плоскостях. Максимальная высота подъема до пола люльки – 30 м, грузоподъемность люльки – 350 кг.

В начале 1980-х гг. в Торжокском производственном объединении «Противопожарная техника» создан уникальный (для того времени) пожарный автомобиль, совмещающий в себе автоподъемник и пожарную цистерну (рис. 5). В качестве базы использовалось шасси ЗИЛ-133ГЯ, на котором монтировался коленчатый подъемник с люлькой и водопенными коммуникациями, комбинированный пожарный насос и цистерна объемом 3 000 л. Максимальная высота подъема люльки – 18 м.



Рис. 4. Пожарный автоподъемник АКП-30(257)ПМ-503



Рис. 5. Пожарный автомобиль на шасси ЗИЛ-133ГЯ, совмещающий в себе автоподъемник и пожарную цистерну

Конец 1980-х начало 1990-х гг. – по аналогу финского автоподъемника Bronto Skylift 30-3 (рис. 6) на базе КамАЗ-53213 создаются и серийно выпускаются автоподъемники «Гуливер» моделей ПМ-509А (1987 г.) и ПМ-509Б (1991 г.). Стрела автоподъемников состоит из нижнего, среднего и малого колена, соединенных шарнирно, и люльки грузоподъемностью 350 кг. Максимальная высота до пола люльки – 30 м. Рабочий вылет центра люльки автоподъемника от оси вращения поворотного основания – 17,4 м. Для пожаротушения автоподъемники оборудованы водопенными коммуникациями с установкой в люльке лафетного ствола или коллектора («гребенки») с двумя пеногенераторами типа ГПС-600. Причем АКП-30(53213)ПМ-509Б – первый отечественный пожарный автоподъемник с пропорциональной системой управления: в гидросистеме автоподъемника применялись пропорциональные распределители, используемые в авиационной промышленности. Кроме того, управлять подъемником стало возможным не только с пульта на поворотной платформе и в люльке, но и с выносного пульта с 50-метровым кабелем.

В дальнейшем на базе АКП-30(53213)ПМ-509Б был изготовлен пожарный пеноподъемник ППП-30, на котором вместо люльки был установлен коллектор с пеногенераторами ГПС-2000. Угол поворота коллектора в вертикальной плоскости составлял от -30° до $+135^{\circ}$.

В 1990-х гг. наметилась тенденция изготовления автоподъемников с телескопическим или коленчато-телескопическим сочленением колен (рис. 7). Такая схема соединения колен позволила снизить габариты подъемника в транспортном положении. Так в 1994 г. на шасси КамАЗ-53213 разработан и изготовлен первый телескопический пожарный автоподъемник АКП-35(53213)ПМ-520 с высотой подъема до 35 м. Его стрела коленчато-телескопического типа с тремя цельнометаллическими телескопическими коленами коробчатого профиля и дополнительной шарнирной секцией. Вылет подъемника достигал 19 м, а грузоподъемность

люльки – 300 кг. Эвакуация людей могла производиться не только люлькой, но и с использованием прикрепленного к ней специального спасательного рукава. Пропорциональное электрогидроуправление, с применением блоков управления фирмы «Danffos», позволило плавно изменять скорость движения стрелы подъемника и демпфировать движение в крайних точках. Раздельное управление каждой опорой (аутригером) позволило выполнять работы при выдвинутых опорах с одной стороны. АКП-35 оборудован водопенными коммуникациями и в люльке – лафетным стволом с дистанционным управлением с основного пульта, пульта в люльке и выносного пульта (в случае комплектации автоподъемника выносным пультом); при этом вращение стрелы ограничено до 180°. На автоподъемнике может быть стационарно установлен пожарный насосный агрегат и прожектор ПКН-1500.

Одним из ведущих зарубежных предприятий, производящих автоподъемники, является финская фирма «BRONTO SKYLIFT OY AB». С 80-х гг. 20 в. по настоящее время в нашей стране применяются 30-метровые пожарные коленчатые автоподъемники Bronto Skylift 30-3, смонтированные первоначально на автомобильном шасси Sisu, а в дальнейшем – на шасси КамАЗ-53213 (рис. 6). Стрела данных автоподъемников состоит из нижнего, среднего и малого колен, соединенных шарнирно, и люльки грузоподъемностью 350 кг, с максимальным вылетом 17,4 м.

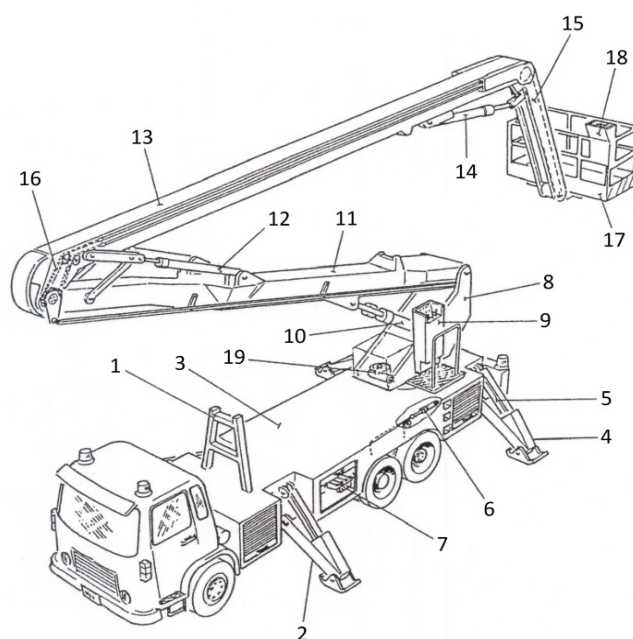


Рис. 6. Пожарный автоподъемник АКП-30(53213) Bronto Skylift 330:

- 1 – транспортная опора стрелы; 2 – передний аутригер; 3 – рабочая платформа;
- 4 – задний аутригер; 5 – гидроцилиндр аутригера;
- 6 – гидроцилиндр механизма блокировки рессор; 7 – пульт управления аутригерами;
- 8 – поворотная рама; 9 – пульт управления стрелой;
- 10 – гидроцилиндр нижнего колена; 11 – нижнее колено;
- 12 – гидроцилиндр среднего колена; 13 – среднее колено;
- 14 – гидроцилиндр малого колена; 15 – малое колено; 16 – стабилизаторные цепи;
- 17 – люлька; 18 – пульт управления люлькой; 19 – редуктор поворота стрелы

В 1990-х гг. для пожарной охраны России закупались автоподъемники Bronto Skylift, смонтированные на четырехосном автомобильном шасси Sisu F52HDT и F54HDT, максимальной высотой соответственно 52 и 54 м. Грузоподъемность люлек автоподъемников достигает 400 кг при максимальном вылете стрелы 21 м. Стрела подъемника состоит из четырех основных секций, изготовленных из жестких стальных профилей, выдвигающихся друг из друга телескопически и дополнительной шарнирной секцией с люлькой. С правой стороны стрелы по всей ее длине установлена телескопическая

лестница, состоящая из пяти основных колен, и лестницы люльки для подъема пожарных и проведения спасательных работ (рис. 7). Максимальная нагрузка стрелы подъемника позволяет одновременно семи человекам находится на лестнице стрелы и одному в люлке. Установка телескопической лестницы позволила расширить функции пожарного автоподъемника (объединив в одном изделии функции АПК и пожарной автолестницы), дав ему возможность осуществления непрерывной эвакуации пострадавших без изменения положения стрелы.

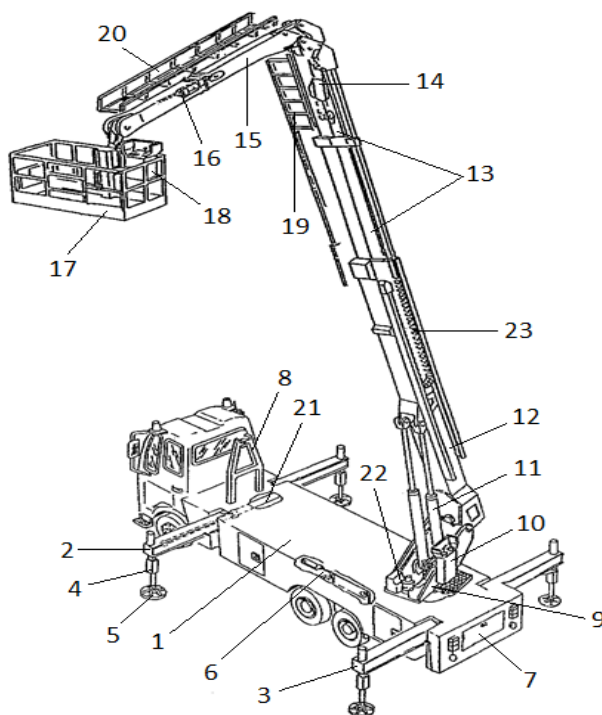


Рис. 7. Общее устройство пожарных автоподъемников Bronto Skylift F52HDT и F54HDT:

- 1 – рабочая платформа; 2 – передний аутригер; 3 – задний аутригер; 4 – гидроцилиндр опоры (домкрат); 5 – опорная тарелка; 6 – механизм подъема (блокировки) задних мостов; 7 – пульт управления опорами; 8 – транспортная опора стрелы;
- 9 – поворотная платформа; 10 – пульт управления на поворотной платформе;
- 11 – гидроцилиндр подъема первого колена; 12 – первое колено; 13 – телескоп первого колена; 14 – гидроцилиндр второго колена; 15 – второе колено;
- 16 – гидроцилиндр ориентации пола люльки по горизонту; 17 – люлька;
- 18 – пульт управления в люлке; 19 – телескопическая лестница; 20 – лестница люльки; 21 – гидроцилиндр выдвигания балки опоры; 22 – редуктор поворота;
- 23 – гибкий кабельный канал по телескопу

Также в 1990-х гг. для объектовых подразделений пожарной охраны АЭС в Италии была закуплена партия 50-метровых автоподъемников фирмы ЧЕЛЛА, смонтированных на шасси КрАЗ-250 с удлиненной рамой и дополнительной установкой заднего (неведущего) моста. Автоподъемник оборудован коленчато-телескопической стрелой, состоящей из основного трехсекционного телескопа и шарнирной стрелы с телескопической секцией. Люлька грузоподъемностью 500 кг имеет максимальный вылет 23 м. Особенностью данного автоподъемника является то, что гидравлическая система приводится в действие от автономного двигателя, установленного в поворотной башне. В транспортном положении длина автоподъемника достигает 14 м, а его полная масса – свыше 35 т.

В 1996 г. на базовом шасси МЗКТ-6923 изготовлен первый образец 50-метрового отечественного пожарного автоподъемника АКП-50(6923)ПМ-514, который по своему

устройству напоминает АКП-35(53213)ПМ-520. При этом стрела АКП-50 состоит из основного пятисекционного телескопического и шарнирного колена. Максимальный вылет стрелы автоподъемника достигает 20 м с люлькой, нагруженной до 400 кг.

В эксплуатации (при необходимости) АКП-50(6923)ПМ-514 возможно использовать в качестве пеноподъемника путем снятия люльки и установки на ее место коллектора с четырьмя пеногенераторами ГПС-2000. В этом случае автоподъемник использовался с ограничениями по высоте и вылету.

Позже была разработана модель и 70-метрового автоподъемника АКП-70, который конструктивно напоминает АКП-50 и может быть смонтирован на шасси МЗКТ-790912. Его телескопическая стрела состоит из шести секций. Максимальный вылет стрелы автоподъемника достигает 23 м с люлькой, нагруженной до 400 кг.

Современный АПК – это сложное техническое средство, оснащенное электронными системами управления. Сегодня разрабатывают и производят пожарные автоподъемники (в том числе пожарные пеноподъемники и пожарные автоцистерны с автоподъемниками) ОАО «Пожтехника», г. Торжок Тверская область, ООО «Урало-Сибирская пожарно-техническая компания», г. Челябинск, ООО «Центр новой пожарной и специальной техники», Республика Башкортостан г. Туймазы и др. Ведущим предприятием в производстве отечественных пожарных автоподъемников является торжокское ОАО «Пожтехника».

За рубежом данный вид высотной пожарно-спасательной техники изготавливают фирмы «BRONTO SKYLIFT OY AB» и «VEMA LIFT» (Финляндия), «IVECO-Magirus Brandschutztechnik» (Германия) и другие, среди которых лидирующее положение занимает фирма «BRONTO SKYLIFT OY AB», производящая самые высокие автоподъемники в мире.

В настоящее время ОАО «Пожтехника» на шасси различной грузоподъемности КамАЗ, TATRA, ISUZU, МЗКТ серийно изготавливает пожарные коленчато-телескопические автоподъемники высотой 32 и 50 м [2].

Автоподъемник АКП-32 модели ПМ-545 устанавливается на полноприводной КамАЗ-43118 (6×6) (рис. 8). Стрела АКП-32(43118)ПМ-545 коленчато-телескопического типа, с тремя цельнометаллическими телескопическими коленами коробчатого профиля и дополнительной шарнирной секцией, на которой установлена поворотная люлька. Максимальный вылет стрелы достигает 17 м, грузоподъемность люльки 350 кг. В транспортном положении верхняя и нижняя стрелы находятся рядом, а не одна под другой, что обеспечивает меньший вертикальный габарит машины. Раздельное управление каждой опорой позволяет выполнять работы при опорах, выдвинутых только с одной стороны.



Рис. 8. Пожарные автоподъемники АКП-32(43118)ПМ-545 (слева) и АКП-50(6540)ПМ-514Г (справа)

АПК-50 на шасси МЗКТ-6923 (8х4) или КамАЗ-6540 (8х4) модели ПМ-514Г (рис. 8) состоит из основного пятисекционного цельнометаллического телескопа и дополнительного шарнирного колена с четырехместной люлькой грузоподъемностью 400 кг. Максимальный вылет стрелы составляет 20,2 м.

Обе модели оборудованы телескопическими водопенными коммуникациями, а в люльке установлен лафетный ствол с дистанционным управлением. Конструкция люльки

позволяет использование секционного спасательного рукава. Для обеспечения безопасной работы автоподъемники оборудуются микропроцессорным прибором безопасности.

На шасси КамАЗ-65201 (8х4) разработан 35-тонный АПК-54 с максимальной высотой подъема 54 м, вылете стрелы 20 м при грузоподъемности люльки 350 кг, габариты которого составляют 12,6х2,5х3,9 м.

Освоен выпуск многофункционального пожарного автомобиля АЦПК-2,0-40/100-24(65115), совмещающего функции автоцистерны и автоподъемника (рис. 9). Автомобиль смонтирован на шасси КамАЗ-65115 (6х4) полной массой 25 т, с кабиной расчета на шесть человек, оборудован цистерной для воды емкостью 2 м³, 150-литровым баком для пенообразователя, насосной установкой НЦПН-40/100 заднего расположения и 24-метровым коленчато-телескопическим подъемником с максимальным вылетом 15,6 м и люлькой грузоподъемностью 350 кг. В люльке расположен роботизированный лафетный ствол с самонаведением на очаг пламени. Управление подъемником, двигателем шасси, лафетным стволом осуществляется с основного пульта управления, расположенного на поворотном основании, а также с пульта в люльке или с дистанционного беспроводного пульта.



Рис. 9. Многофункциональный пожарный автомобиль АЦПК-2,0-40/100-24(65115)

Для тушения пожаров в резервуарных хранилищах, когда требуется подача воздушно-механической пены на высоту и, в том числе, из-за обвалования резервуара, ОАО «Пожтехника» уже много лет на шасси КамАЗ-43118 (6х6) изготавливает пожарный пеноподъемник ППП-37(43118), оборудованный комплектом колен, состоящим из нижней стрелы, трехсекционного телескопа с телескопическим водоводом и шарнирной стрелы, который может осуществлять подачу до четырех пеногенераторов ГПС-2000 или УКТП «Пурга-30» на высоту до 37 м. Максимальный вылет стрелы пеноподъемника составляет 27 м, а глубина опускания пеногенераторов – 12 м.

На шасси МЗКТ-6923 (8х4) с 350-сильным двигателем производится самый мощный отечественный пожарный пеноподъемник ППП-50(6923), имеющий аналогичное устройство с пожарным автоподъемником АКП-50(6923)ПМ-514. Пеноподъемник обеспечивает подачу воздушно-механической пены через пеногенераторы ГПС-2000 с высоты до 50 м и максимальным вылетом 24 м. При габаритах 12х2,5х3,8 полная масса автомобиля составляет 36 т.

ООО «Центр новой пожарной и специальной техники» (г. Уфа, Республика Башкортостан) на базе ОАО «Туймазинский завод бетоновозов» производит пожарные пеноподъемники, оборудованные цистерной для пенообразователя и насосной установкой для подачи средств тушения на высоту с максимальной высотой подъема 21, 32 и 38 м (рис. 10). Пожарные пеноподъемники изготавливаются на базе строительных подъемников (на шасси автомобилей КамАЗ) с рулонным принципом выдвижения стрелы. Их конструктивной

особенностью является трех- или четырехсекционная складывающаяся стрела, по которой проложен жесткий водопровод с внутренним диаметром 125 мм. Стрела не имеет ограничений в перемещениях и может выдвигаться на всю длину горизонтально земле, достигая при этом максимально возможный вылет. Управление стрелой возможно как с основного пульта, так и с дистанционного (выносного), с расстояния 50...100 м. На конечной секции стрелы смонтировано специальное поворотное устройство, предназначенное для крепления четырех пеногенераторов ГПС-2000 или лафетного ствола ПЛС-60, или установки комбинированного тушения пожара УКТП «Пурга 20.40.60». Пеноподъемники оборудуются емкостями для пенообразователя объемом 2...5 м³ и центробежными насосами производительностью до 100 л/с. Расположение опорно-поворотного устройства стрелы непосредственно за кабиной шасси позволяет подъезжать передом «в упор» к кромке обвалования резервуаров.



Рис. 10. Пожарный пеноподъемник ППП 32-80(53228)

АПК зарубежного производства на сегодняшний день характеризуются (отличаются от отечественных) более широким использованием в их управлении компьютерных технологий. Все их движения отслеживаются компьютером. Так, за счет внедрения компьютерной технологии возможна автоматическая установка и выравнивание автоподъемника, а также его использование при не полностью выдвинутых опорах, при этом автоматически (в зависимости, на сколько какие опоры не выдвинуты до конца) регулируется (уменьшается) допустимый вылет и высота. Все текущие характеристики работы (рабочая зона, положение аутригеров, положение люльки), информация по безопасной работе и неисправных элементах отображаются на цветных ЖК-дисплеях, которыми оборудованы рабочие пульта на поворотном основании и в люльке. Кроме того, автоподъемники зарубежного производства имеют более расширенные функциональные возможности за счет использования дополнительного оборудования: электрический трехфазный генератор с гидравлическим приводом, воздушная магистраль для подключения системы сжатого воздуха для дыхания пожарных в люльке, гидравлический выход в люльке для подключения аварийно-спасательного инструмента и др.

Финская компания «BRONTO SKYLIFT OY AB» изготавливает пожарные коленчато-телескопические автоподъемники с люлькой грузоподъемностью 500 кг серии:

- RLX с рабочей высотой 32...55 м с расширенными функциональными возможностями за счет установки вдоль стрелы телескопической лестницы;

- RPX с рабочей высотой 32...70 м, с большим (в отличии от серии RLX) боковым вылетом; 61-метровый пожарный автоподъемник данной серии F61RPX на шасси МАЗ 6312B5 (6x4) изготавливает «BRONTO SKYLIFT OY AB» совместно с ООО «Урало-Сибирская пожарно-техническая компания» в рамках программы по импортозамещению;

- HLA с рабочей высотой 81...112 м.

На семиосном шасси Mercedes-Benz Actros 7660 «BRONTO SKYLIFT OY AB» изготавливает самый высокий в мире 112-метровый пожарный автоподъемник F112HLA (рис. 11), у которого при высоте 90 м вылет стрелы достигает 26 м. В транспортном положении автоподъемник имеет высоту 4 м и длину 19 м, а его снаряженная масса достигает 77 т.



Рис. 11. Пожарный автоподъемник F112HLA

Фирма «VEMA LIFT» (Финляндия) изготавливает коленчато-телескопические пожарные автоподъемники серии TFL рабочей высотой 27,5...55 м с люлькой грузоподъемностью 400...450 кг и телескопической лестницей, смонтированной параллельно коленам стрелы. Подъемники Vema изготавливаются как на импортных шасси (MAN, SCANIA, VOLVO и др.), так и на отечественном шасси КамАЗ.

Iveco Magirus предлагает потребителям более 10 моделей пожарных телескопических подъемников и пеноподъемников ALP (телескопический подъемник с лестницей), с высотой 27...54 м, максимальным вылетом стрелы 20...24 м и люлькой грузоподъемностью 400 кг.

АПК по назначению и устройству имеют много общего с пожарными автолестницами (АЛ). Однако, из-за конструктивных особенностей, на практике применяются по прямому назначению гораздо реже АЛ и, как правило, при тушении крупных пожаров.

По количеству пожарных автомобилей, требующихся пожарной охране, рейтинг значимости (или востребованность) АПК в сравнении с другими типами пожарных автомобилей минимальный. Так по состоянию на 2000 г. потребность в АПК составляла 1 %, востребованность же АЛ – 9,4 % от общей потребности пожарных автомобилей [4]. При этом за последние годы обозначилась тенденция повышения частоты использования АПК (частота использования характеризует общее число использований АПК в год, отнесенное к общему числу АПК) при тушении пожаров. Так в период с 1996 по 2000 гг. количество оперативных применений АПК увеличилось более чем в два раза [3].

Современные технические возможности позволяют создавать автоподъемники с рабочей высотой более 100 м. При этом с увеличением рабочей высоты подъема возрастают габаритные размеры (в том числе и опорного контура) и масса АПК, что в итоге увеличивает временные показатели работы и создает определенные трудности эксплуатации в стесненных городских условиях. Так в 2006 г. финская компания «BRONTO SKYLIFT OY AB» создала 101-метровый коленчато-телескопический (10 секций стрелы) подъемник F101HLA, приобретенный правительством Москвы для обслуживания высотного комплекса «Москва-Сити». Габаритные размеры F101HLA в транспортном положении составляют 17,1х2,5х4,0 м, полная масса – 62 т, ширина Н-образного опорного контура – 8 м. Опыт его эксплуатации показал целесообразность использования таких АПК в городских условиях только для защиты конкретного высотного объекта, оборудованного специальными площадками для их установки. Например, самый высокий 112-метровый, 77-тонный автоподъемник серии HLA создавался, прежде всего, для монтажа и обслуживания ветряных турбин.

Сравнение расчетного времени спасательной операции с использованием высотной спасательной автотехники и времени распространения опасных факторов пожара с учетом возможного состояния спасаемых свидетельствует о том, что значительное увеличение рабочей высоты подъема стрелы АПК вряд ли может рассматриваться как эффективный способ спасения людей при пожарах в высотных зданиях [4].

В итоге на практике для проведения спасательных работ и пожаротушения в зданиях и сооружениях наиболее востребованы подъемники для работы на высоте до 60 м.

В России, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53329–2009 [5], АПК изготавливают с максимальной рабочей высотой 64 м. По заказу потребителя допускается изготовление АПК с рабочей высотой более 64 м с параметрами по техническим условиям на АПК конкретного типоразмера.

Литература

1. ОАО «Автогидроподъемник». URL: www.agpspb.com (дата обращения: 10.11.2017).
2. ОАО «Пожтехника». URL: www.pozhtekhnika.ru (дата обращения: 10.11.2017).
3. Яковенко Ю.Ф. Россия: Пожарная охрана на рубеже веков. Тверь: Сивер, 2004.
4. Оценка целесообразности внедрения в практику тушения пожаров автолестниц и автоподъемников с рабочей высотой подъема более 50 метров / В.В. Пивоваров [и др.] // Пожарная безопасность. 2007. № 3.
5. ГОСТ Р 53329–2009. Техника пожарная. Автоподъемники пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний // Открытая база ГОСТов. URL: StandartGOST.ru (дата обращения 10.11.2017).



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

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

Рассмотрены особенности использования нейронных сетей для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Приведены логическая структура и особенности обучения рекуррентной нейронной сети с обратными связями, а также примеры решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Нейронная сеть реализована в виде программы на ЭВМ.

Ключевые слова: система обыкновенных дифференциальных уравнений, нейронная сеть, компьютерная программа, математическая модель

USE THE NEURAL NETWORK FOR SOLUTION THE SYSTEM OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATION

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

This article presents the problem of use the neural network for solution the system of ordinary differential equation. The neural network to realize in form the mathematical model and computing program.

Keywords: system of ordinary differential equation, neural network, computing program, mathematical model

Системой дифференциальных уравнений (СДУ) называется совокупность дифференциальных уравнений (ДУ), каждое из которых содержит независимую переменную, искомые функции и их производные. Система обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) первого порядка, разрешенных относительно производных, имеет следующий вид [1]:

$$dY_1/dX=F_1(X, Y_1, Y_2, \dots, Y_N); dY_N/dX=F_N(X, Y_1, Y_2, \dots, Y_N), \quad (1)$$

где N – число зависимых переменных Y_i ; X – независимая переменная. Предполагается, что число уравнений равно числу искомых функций.

Решением СДУ первого порядка называется совокупность N функций $Y_1(X), Y_2(X), \dots, Y_N(X)$, удовлетворяющих каждому из уравнений системы (1).

Начальные условия для СДУ первого порядка имеют вид [1]:

$$Y_1(X_0)=Y_{10}; Y_2(X_0)=Y_{20}; Y_N(X_0)=Y_{N0}. \quad (2)$$

Задача Коши для системы (1) заключается в решении системы ОДУ первого порядка и формулируется следующим образом: найти решение системы ОДУ первого порядка (1), удовлетворяющее начальным условиям (2).

Решение системы ОДУ первого порядка при заданных начальных условиях (2) сводится к нахождению зависимостей (интегральных кривых) $Y_1(X)$, $Y_2(X)$, ..., $Y_N(X)$, проходящих через точки, заданные начальными условиями (X_0, Y_{10}) , (X_0, Y_{20}) , ..., (X_0, Y_{N0}) .

Таким образом, задача Коши сводится к интегрированию ДУ. Порядок метода численного интегрирования при этом определяет и порядок метода решения.

Обобщенная форма записи каждого из уравнений системы ОДУ первого порядка может быть представлена в общем виде [1]:

$$dY_i/dX = F_i(X, Y_i).$$

Известны численные методы решения системы ОДУ первого порядка, среди которых простейшим является метод Эйлера-Коши первого порядка для численного интегрирования ДУ. Метод Эйлера-Коши реализуется следующей рекуррентной формулой [2]:

$$Y_{i(j+1)} = Y_{ij} + h * F_i(X_j, Y_{ij}),$$

где h – шаг интегрирования (приращение переменной X). Однако этот метод обладает большой погрешностью и имеет систематическое накопление ошибок.

Метод Эйлера-Коши с итерациями заключается в вычислении на каждом шаге решения начального значения [2]:

$$Y_{i(j+1)}^0 = Y_{ij} + h * F_i(X_j, Y_{ij}).$$

Затем с помощью итерационной формулы решение уточняется:

$$Y_{i(j+1)}^K = Y_{ij} + (h/2) * [F_i(X_j, Y_{ij}) + F_i(X_{j+1}, Y_{i(j+1)}^{(K-1)})],$$

где K – номер итерации.

Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не достигается заданная точность на двух последних шагах итераций.

Метод трапеций является одной из модификаций метода Эйлера второго порядка. Метод трапеций реализуется путем использования на каждом шаге итерационного процесса следующей формулы [2]:

$$Y_{i(j+1)} = Y_{ij} + (1/2) * (K_{1j} + K_{2j}),$$

где $K_{1j} = h * F_i(X_j, Y_{ij})$; $K_{2j} = h * F_i(X_j + h, Y_{ij} + K_{1j})$.

Этот метод относится к общим методам Рунге-Кутты.

Метод Рунге-Кутты четвертого порядка является наиболее распространенным методом решения систем ОДУ первого порядка при постоянном шаге интегрирования. Его достоинством является высокая точность и малая склонность к возникновению неустойчивости решения. Алгоритм метода Рунге-Кутты заключается в циклических вычислениях значений $Y_{i(j+1)}$ на каждом шаге $j+1$ по следующим формулам [2]:

$$K_{1j} = h * F_i(X_j, Y_{ij}); K_{2j} = h * F_i(X_j + h/2, Y_{ij} + K_{1j} / 2);$$

$$K_{3j} = h * F_i(X_j + h/2, Y_{ij} + K_{2j} / 2); K_{4j} = h * F_i(X_j + h, Y_{ij} + K_{3j} / 2);$$

$$Y_{i(j+1)} = Y_{ij} + (1/6) * (K_{1j} + 2 * K_{2j} + 2 * K_{3j} + K_{4j}).$$

Особенности рекуррентных нейронных сетей с обратными связями

На способ обработки информации решающим образом сказывается наличие или отсутствие в нейронной сети обратных связей. Нейронная сеть Элмана – частично рекуррентная сеть, которая отличается от многослойного персептрона наличием дополнительных контекстных нейронов во входном слое и обратных связей, идущих от выходов нейронов внутреннего слоя. Контекстные нейроны сохраняют текущее состояние сети. Это структурное свойство сети Элмана позволяет учесть предысторию процесса [3].

Для обучения сети Элмана используется метод Левенберга-Марквардта [3]. Алгоритм Левенберга-Марквардта является нелинейным методом наименьших квадратов. Методы обучения, основанные на градиентном спуске, имеют следующие недостатки: в местах пологого наклона кривой целевой функции антиградиент мал, а в местах с крутым наклоном кривой целевой функции антиградиент велик, в то время как в первом случае желательно делать большие шаги изменения аргумента целевой функции, а во втором – малые шаги.

Способ учета информации о кривизне кривой целевой функции предложил Марквардт. Он заметил, что если заменить единичную матрицу на диагональ матрицы Гессе, то можно достичь увеличения шага вдоль пологих участков и уменьшения вдоль крутых спусков. Алгоритм Левенберга-Марквардта опирается на методы, приведенные на рис. 1.

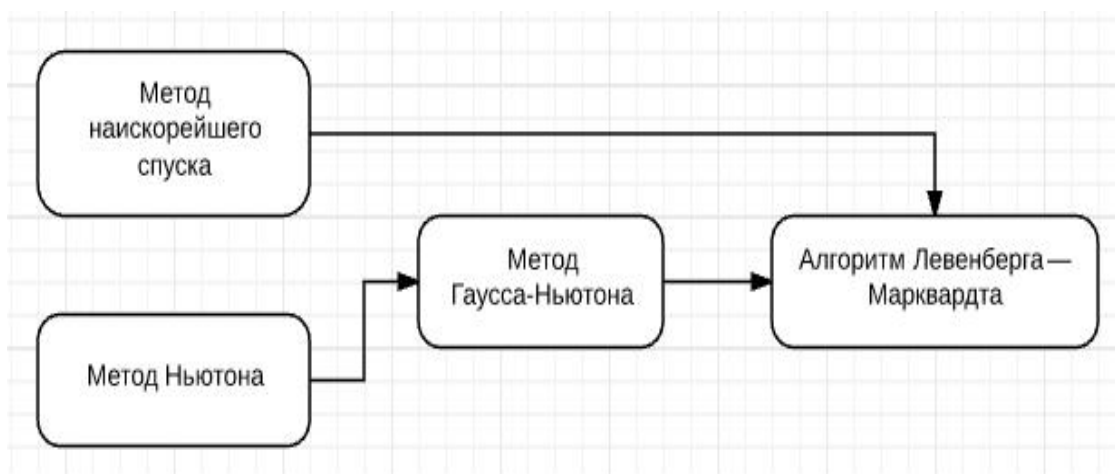


Рис. 1. Основы метода Левенберга-Марквардта

В сети Элмана число контекстных и скрытых нейронов должно быть одинаковым. Преимущество сетей Элмана перед другими частично рекуррентными нейронными сетями с обратными связями (например, сетью Джордана) заключается в том, что число контекстных нейронов определяется количеством нейронов скрытого слоя. Это делает нейронную сеть Элмана более гибкой, так как в отличие от количества выходов скрытые нейроны можно легко добавить или убрать. Схема сети Элмана представлена на рис. 2.

Сеть Элмана функционирует в соответствии с формулами [3]:

$$y_0(n+1)=W_0*x(n) + W_1*f(y_0(n)), y(n)=W_1*f(y_0(n)),$$

где $x(n)$ – вектор входов сети; $y(n)$ – вектор выходов сети; W – весовые коэффициенты сети.

При решении задачи Коши для СДУ обычно используется дискретное представление функционала ошибки вида [3]:

$$E(y)=\sum_{j=1}^M |dy/dx_j - F(x_j, y(x_j))|^2,$$

где x_j – множество тестовых точек на интервале (a, b) .

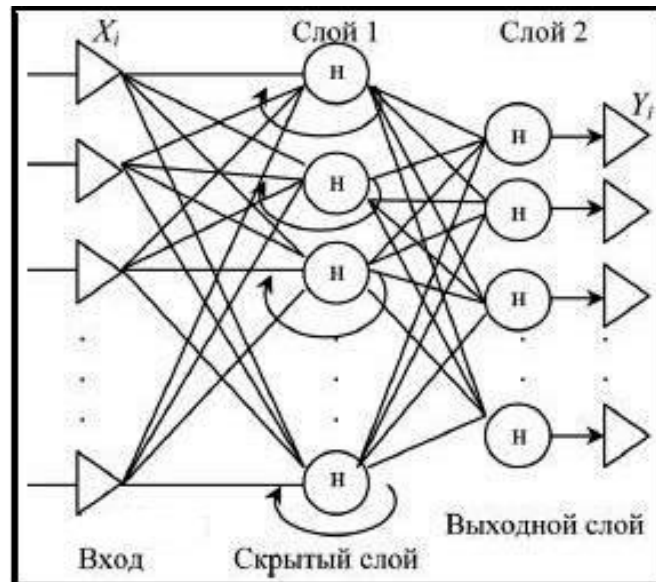


Рис. 2. Схема сети Элмана

Рассмотрим задачу решения систем ОДУ с использованием нейронных сетей. Метод решения систем ОДУ с использованием нейронных сетей основан на операции нелинейного преобразования взвешенной суммы, то есть операции взвешенного суммирования нескольких входных сигналов с последующим преобразованием этой суммы посредством функции активации формального нейрона, которая может быть как линейной, так и нелинейной.

Пусть задана система n дифференциальных уравнений первого порядка:

$$dY(x)/dx = A * Y(x),$$

где A – квадратная матрица постоянных коэффициентов размера $n \times n$; Y – n -мерный вектор искомой функции аргумента x .

Для метода Рунге-Кутты первого порядка (метод прямоугольников) решение системы (1) можно представить в виде [4]:

$$Y_{t+1} = Y_t + h * A * Y_t = (E + h * A) * Y_t = B_t * Y_t, \quad (3)$$

где E – единичная матрица размером $n \times n$.

Для системы двух уравнений выражение (3) принимает вид [4]:

$$y_{1t+1} = b_{11} * y_{1t} + b_{12} * y_{2t} = (1 + ha_{11}) * y_{1t} + ha_{12} * y_{2t};$$

$$y_{2t+1} = b_{21} * y_{1t} + b_{22} * y_{2t} = ha_{21} * y_{1t} + (1 + ha_{22}) * y_{2t}.$$

Схема соединения нейронов [4], реализующая решение системы, показана на рис. 3.

Здесь $Ne1$ и $Ne2$ – нейроны, участвующие в операции интегрирования. Выходом сети являются сигналы y_1 и y_2 . Имеются обратные связи между выходом и входом соседних нейронов. Входные сигналы g_{10} и g_{20} вводят нейроны в начальное возбуждение, эквивалентное начальным условиям решения системы уравнений.

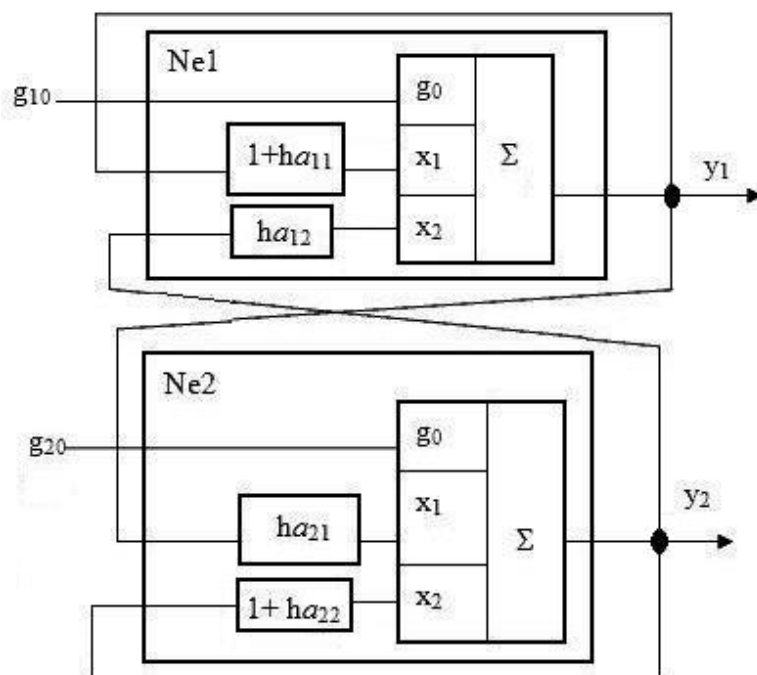


Рис. 3. Схема соединения нейронов

Примеры решения обыкновенных ДУ и систем обыкновенных ДУ

Разработанная модель нейронной сети была реализована в виде программы для ЭВМ. В процессе вычислительных экспериментов на ЭВМ были получены следующие результаты. Для ДУ вида:

$$dY/dX = F_1(X, Y) = -2*Y - 3*X + 2.$$

Начальные условия: $X_0=0,0$; $Y_{10}=0,0$. Для $N=1$ и $h=0,1$ имеем следующие результаты, представленные в табл. 1.

Таблица 1

X	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Y_1	0,000	0,167	0,277	0,340	0,364	0,356	0,323	0,268	0,197	0,111	0,013
Y_1^*	0,001	0,169	0,280	0,344	0,368	0,361	0,328	0,274	0,203	0,117	0,019

Здесь Y_1 – значения точного решения ДУ: $Y=1,75-1,5*X-1,75*\text{Exp}(-2*X)$, а Y_1^* – значения, полученные с использованием искусственной нейронной сети. Расхождение между значениями Y_1 и Y_1^* , вычисленное по формуле:

$$(1/n)*\Sigma(|Y_i - Y_i^*|/Y_i)*100 [\%],$$

где число значений независимой переменной $n=11$ составляет не более 5,8 %. Зависимости (интегральные кривые) $Y_1=f(X)$ и $Y_1^*=f(X)$ (кривые почти сливаются) представлены на рис. 4.



Рис. 4. Зависимости (интегральные кривые) $Y_1=f(X)$ и $Y_1^*=f(X)$:

Y_1 – значения, полученные точным решением;

Y_{1n} – значения, полученные с использованием искусственной нейронной сети

Для СДУ, состоящей из двух уравнений:

$$dY_1/dX = F_1(X, Y_1, Y_2) = Y_2;$$

$$dY_2/dX = F_2(X, Y_1, Y_2) = (1/X) * (Y_1/X - Y_2) - Y_1.$$

Начальные условия: $X_0=0,2$; $Y_{10}=0,1$; $Y_{20}=0,50$. Для $N=2$ и $h=0,1$ имеем следующие результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2

X	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Y_1	0,100	0,149	0,196	0,245	0,290	0,332	0,373	0,410	0,445	0,476	0,504
Y_2	0,500	0,489	0,476	0,459	0,439	0,416	0,389	0,360	0,329	0,294	0,258
Y_1^*	0,100	0,151	0,205	0,249	0,296	0,341	0,384	0,425	0,463	0,497	0,528
Y_2^*	0,500	0,491	0,482	0,465	0,447	0,426	0,401	0,373	0,342	0,309	0,273

Здесь Y_1 и Y_2 – значения, полученные методом Эйлера второго порядка (методом трапеций), а Y_1^* и Y_2^* – значения, полученные с использованием искусственной нейронной сети. Зависимости (интегральные кривые) $Y_1=f(X)$, $Y_1^*=f(X)$, $Y_2=f(X)$ и $Y_2^*=f(X)$ представлены на рис. 5.

Расхождение между значениями Y_i и Y_i^* , вычисленное по приведенной выше формуле, составляет не более 2,6 %.

Для СДУ, состоящей из трех уравнений:

$$dY_1/dX = F_1(X, Y_1, Y_2, Y_3) = 2 * X * Y_1 / Y_2;$$

$$dY_2/dX = F_2(X, Y_1, Y_2, Y_3) = 8 * Y_3 / (3 * Y_2);$$

$$dY_3/dX = F_3(X, Y_1, Y_2, Y_3) = 3 * Y_3 / Y_1.$$

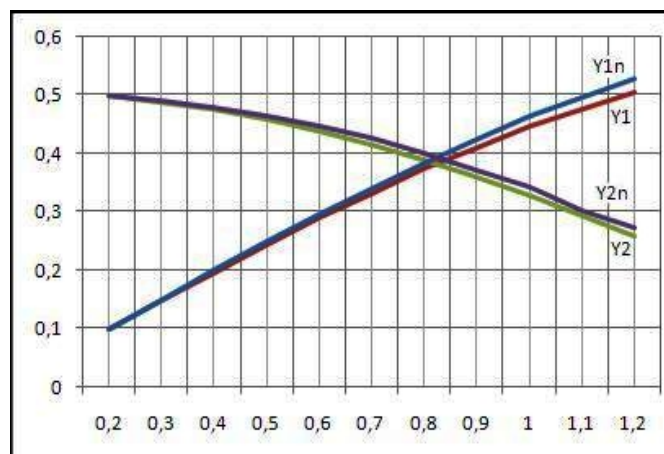


Рис. 5. Зависимости (интегральные кривые) $Y_1=f(X)$, $Y_1^*=f(X)$, $Y_2=f(X)$ и $Y_2^*=f(X)$:

Y_1 и Y_2 – значения, полученные методом трапеций;

Y_{1n} и Y_{2n} – значения, полученные с использованием искусственной нейронной сети

Начальные условия: $X_0=1,0$; $Y_{10}=1,0$; $Y_{20}=2,0$; $Y_{30}=3,0$. Для $N=3$, $h=0,1$ имеем следующие результаты, представленные в табл. 3.

Таблица 3

X	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Y_1	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,0
Y_2	2,00	2,42	2,88	3,38	3,92	4,50	5,12	5,78	6,48	7,22	8,00
Y_3	3,00	3,993	5,184	6,591	8,232	10,125	12,288	14,739	17,496	20,577	24,00
Y_1^*	1,00	1,10	1,20	1,302	1,405	1,509	1,610	1,72	1,824	1,931	2,04
Y_2^*	2,00	2,40	2,83	3,30	3,802	4,34	4,91	5,51	6,15	6,82	7,52
Y_3^*	3,00	3,90	4,96	6,21	7,63	9,26	11,10	13,17	15,47	18,02	20,82

Здесь Y_1 , Y_2 и Y_3 – значения, полученные методом Рунге-Кутты четвертого порядка, а Y_1^* , Y_2^* и Y_3^* – значения, полученные с использованием искусственной нейронной сети. Зависимости (интегральные кривые) $Y_1=f(X)$, $Y_1^*=f(X)$, $Y_2=f(X)$, $Y_2^*=f(X)$, $Y_3=f(X)$ и $Y_3^*=f(X)$ представлены на рис. 6.

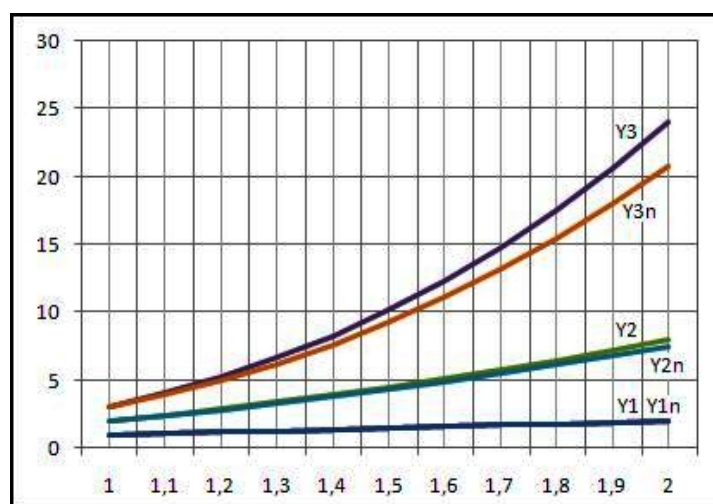


Рис. 6. Зависимости (интегральные кривые) $Y_1=f(X)$, $Y_1^*=f(X)$, $Y_2=f(X)$, $Y_2^*=f(X)$, $Y_3=f(X)$ и $Y_3^*=f(X)$:

Y_1 , Y_2 и Y_3 – значения, полученные методом Рунге-Кутты четвертого порядка;

Y_{1n} , Y_{2n} и Y_{3n} – значения, полученные с использованием искусственной нейронной сети

Расхождение между значениями Y_i и Y_i^* , вычисленное по приведенной выше формуле, составляет для $Y1 - 0,75 \%$, для $Y2 - 3,4 \%$ и для $Y3 - 7,8 \%$.

Результаты компьютерного моделирования путем проведения вычислительных экспериментов на ЭВМ показали, что созданная компьютерная модель искусственной нейронной сети в виде программы для ЭВМ способна обеспечить решение обыкновенных ДУ и систем ОДУ с приемлемой точностью.

Литература

1. Булавин Л.А., Выгорницкий Н.В., Лебовка Н.И. Компьютерное моделирование физических систем. М.: Интеллект, 2011.
2. Методы математического моделирования: труды факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ / под ред. А.А. Самарского, В.И. Дмитриева. М.: Диалог-МГУ, 1998.
3. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Изд-во Вильямс, 2006.
4. Рутковский Л., Пилиньский М., Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Телеком, 2004.

ОСОБЕННОСТИ МОДИФИКАЦИИ ПРОЦЕДУР МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Т.Т. Каверзнева, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Рассмотрены морфологические методы при исследовании технических систем на этапе их создания, также уделено внимание особенностям и противоречиям методов морфологического анализа.

Ключевые слова: морфологический ящик, морфологическое классифицирование

MODIFICATION OF PROCEDURES FOR MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF TECHNICAL SYSTEMS

I.L. Skrypnyk; S.V. Voronin.

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

T.T. Kaverzneva. Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great

Considered morphological methods in the study of technical systems at the stage of their creation, also focused on the peculiarities and contradictions of morphological analysis methods.

Keywords: morphological box, morphological classification

В настоящее время особую актуальность приобретают вопросы исследования путей совершенствования методов технического творчества разработчиков новых образцов техники [1]. Это обусловлено изменением социально-экономических условий функционирования научно-исследовательских организаций (НИО), конструкторских бюро

(КБ) на предприятиях различных отраслей промышленности. Результатом анализа проблем, возникающих на современном этапе данной области знаний, позволяет сформулировать некоторые выводы и ряд положений.

Творческая деятельность конструкторов, НИО, КБ даже по заказным темам продолжает осуществляться преимущественно путем интуитивного поиска, в значительной степени опирающегося на метод проб и ошибок.

Нельзя ожидать, что большинство необходимых технических решений (ТР) появиться в результате их поиска конструкторами, которые не вооружены специальными методами технического творчества, даже если им даны конкретные технические задания (ТЗ) [2].

Для получения самых совершенных ТР в любой техносфере необходима специальная система целенаправленной изобретательской деятельности инженеров-разработчиков.

Из существующих методов решения технических задач таким требованиям в большей мере соответствуют так называемые морфологические методы (ММ), позволяющие достаточно надежно осуществлять целенаправленный поиск ТР.

Для ММ характерна большая трудоемкость, преодоление которой в настоящее время осуществляется путем автоматизации процедур анализа и синтеза технических систем (ТС). При этом общим недостатком их является отсутствие описания научно обоснованных способов, корректной постановки задачи морфологического исследования. Особый интерес представляет предлагаемая процедура морфологического классифицирования, которая обеспечивает получение описания всех альтернативных путей решения задачи, в том числе и принципиально новых, дающих пионерские решения.

В настоящей статье рассматривается обобщенная функциональная модель среды морфологического множества, которая может быть использована для решения задач поиска ТР в самых широких классах технических устройств.

Сущность ММ исследования технических систем на современном этапе

К классу морфологических специалисты относят большинство эвристических методов решения технических задач:

- «Морфологического ящика» и различные его модификации (метод организуемых понятий), анализ взаимосвязанных областей решения;
- функционально-стоимостного анализа (ФСА);
- многоуровневого морфологического;
- морфологического классифицирования и др.

В различных ММ стадию морфологического анализа (МА) реализуют по разному, но при этом всегда строят множество допустимых решений. При этом эффективность измеряют степенью соответствия найденного решения условиям задачи и срокам, за которые получены решения.

Исследователи и разработчики ТС всегда должны помнить, что в основу любого метода может быть положен один и только один из подходов. Либо на стадии анализа строят область возможных решений и тогда метод относят к классу морфологических или это множество не строят, а выбирают прототип искомого решения (на базе какой-либо модели) и тогда метод относят к классу так называемых трансформационных.

Сопоставление возможностей и ограничений этих подходов их достоинств и недостатков позволяют заключить, что морфологический подход значительно более надежен, но примерно в такой же степени и более трудоемок. Правда, можно добиться существенного снижения трудоемкости путем автоматизации процесса решения задач. Интегрирование упомянутых выше подходов к решению технических задач, когда в основу положены ММ, а трансформационный используется для повышения эффективности выбора искомого решения, оправдано лишь в задачах синтеза ТС.

Современные морфологические исследования ТС базируются в основном на принципах, положенных Ф. Цвикки и известных как метод «Морфологического ящика». Здесь процесс получения возможных ТР осуществляется в пять этапов:

1. Точная формулировка поставленной задачи.
2. Выделение параметров, от которых зависит решение задачи.
3. Сопоставление каждому выделенному параметру его численных значений и сведение их в таблицу, где любой комбинаторный набор параметров (по одному значению из каждой строки) представляет собой возможный вариант решения задачи.
4. Оценка всех имеющихся в таблице вариантов.
5. Выбор из таблицы наиболее желательного варианта решения задачи.

Однако методологические основы этого подхода разработаны на уровне самых общих рекомендаций, без детализации последовательности перечисленных выше этапов и раскрытия их механизма. Эта последовательность не может быть классифицирована как процедура анализа и тем более как процедура синтеза. Поэтому вполне обоснованным можно считать факт появления работ, где дан детальный критический анализ метода «Морфологического ящика». Результаты проведенного анализа позволяют выделить морфологические особенности, необходимые для превращения этого метода в продуктивный научный метод исследования любых ТС и решения таких задач, как:

- формулирование общего определения предмета исследования и рабочих определений всех основных используемых понятий;
- анализ и формулирование назначения ММ исследования и его ограничений как внутренне присущих ММ, так и связанных с уровнем его разработанности;
- четкое разграничение операций морфологического исследования на операции анализа и синтеза с последующей детальной разработкой первой;
- разработка возможных методов морфологического синтеза, превосходящих известные методы по своей эффективности.

Следует отметить, что последняя задача составляет предмет самостоятельного исследования, а первые три представляют несомненный интерес с точки зрения обсуждения методов их возможного решения.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время известно более десятка ММ исследования ТС и решения инженерных задач, которые формировались и продолжают формироваться в ответ на потребность практики получения адекватного описания этих ТС и процессов взаимодействия с ними человека.

2. Изменение условий существования современного человека вызывает необходимость появления новых сфер его деятельности, разностороннего изучения природы прогнозируемых, конструируемых, производимых и эксплуатируемых систем, а также создания ТС, рассчитанных на функционирование в экстремальных и уникальных условиях. Все это, в свою очередь, вызывает потребность в новых инструментах исследования, проектирования и управления (методы, процедуры, приемы и т.д.), которые должны позволить эффективно оперировать и взаимодействовать со сверхсложными системами, надежно ориентироваться в быстро меняющихся ситуациях и оперативно принимать обоснованные и верифицируемые решения в условиях явной недостаточности и фрагментарности необходимой информации.

3. Одним из инструментов целенаправленно и многоаспектно рассматривающим исследуемые и проектируемые системы являются ММ, которые можно считать методами системной инженерии в самом широком смысле.

4. Необходимость дальнейшего совершенствования и модернизации ММ обусловлена общей задачей, решаемой системной инженерией в современных условиях – на более познаваемых естественных и социально-экономических законах целенаправленно формировать всю техносферу как метасистему органично и целесообразно взаимодействующих искусственных и естественных систем.

5. Воздействие на эволюцию техносферы с помощью ММ может быть осуществлено путем исследования известных ТС, определения потребностей в описании проектируемых ТС, нахождении принципиально новых ТР и оценки их гипотетической эффективности.

Особенности и противоречия методов МА

Многоаспектное описание ТС есть построение множества ее моделей, каждая из которых отображает одну из сторон ее функционирования или этап жизненного цикла. Такими моделями служат структурные, функциональные или принципиальные электрические схемы, сборочные чертежи и эскизы, макеты узлов и блоков [6]. Результатом МА является морфологическая таблица (МТ), которая является вспомогательным инструментом для последующего поиска наиболее перспективных, принципиально новых ТР, отличающихся от прототипа и других ТС по тем или иным показателям.

Основным достоинством МА является его способность давать ценные побочные результаты, такие как:

- упорядочение информации и организации информационных массивов;
- МТ, построенная для поиска ТР, служит эффективным инструментом прогнозирования развития ТС рассматриваемого класса;
- функциональные модели типа «обобщенная функциональная система (ОФС)» и «ОФС – среда» предложены как инструмент для классифицирования.

ММ на современном этапе своего развития действительно может быть использован для решения любой задачи, но только на качественном уровне, то есть для получения решения в общем виде, в виде идеи решения. При этом чем сложнее решаемая задача, тем в более общем виде может быть получено ее решение.

Для конкретизации получаемого с помощью ММ качественного решения задачи необходимо дополнять его другими методами. Например, полученное с помощью ММ классификационное описание ТС нуждается в детальной конструкторской проработке, физическом моделировании, а также в испытаниях на стендах.

Процедура решения технической задачи с позиции морфологического подхода не возможна без формулировки требований к ней. До настоящего времени считалось, что процедура решения задачи должна содержать ряд правил, позволяющих получить ответы на следующие вопросы:

1. Какие источники информации надо использовать в первую очередь, а какие затем, в случае, если применяемые уже источники не содержат всей необходимой для решения задачи информации.
2. Какую информацию отбирать из соответствующих источников и как ее обрабатывать, а так же в каких аспектах осмысливать и в каком виде представлять эту информацию для работы на следующих этапах решения задачи.
3. Какие модели, представляющие исследуемые системы, функциональную среду этих систем, прототипы искомого ТР и как их строить.
4. Как с помощью построенных моделей находить решение, соответствующее условиям задачи и как проверять надежность полученных решений, то есть степень их соответствия условиям задачи и отбирать искомое решение.

Применительно к задаче МА последний вопрос целесообразно сформулировать по другому: как с помощью построенных моделей получить корректное описание морфологических множеств исследуемых систем и в какой форме представлять описание этих множеств.

Анализ научно-технической литературы показывает, что детальный МА процессов решения таких задач – дело будущего. Полагается возможным заменить процедуру обычного классифицирования МТ, направленную на фиксацию существующего положения, на процедуру продуктивного многоаспектного классифицирования, заключающуюся в поиске описания новых функциональных систем (ФС). В МТ необходимо записывать

все мыслимые значения признаков за вычетом лишь тех, которые противоречат известным фундаментальным законам физики и закономерностям функционирования ТС.

Рассмотрев основные свойства предложенной процедуры морфологического классифицирования можно сделать вывод, что решение задачи МА на базе этой процедуры есть системный анализ морфологического множества исследуемых ТС.

Анализ известных из научно-технической литературы путей совершенствования ММ позволяет систематизировать классы задач, которые раньше трудно поддавались оперативному решению или вообще не могли быть решены.

К ним можно отнести:

1. Совершенствование существующих ТС и их модификации для которых найдены все пригодные ТР и освоены все продуктивные принципы действия.

2. Поиск ТР для ТС средней сложности, построенных на известных принципах действия, но по очень жестким ТЗ, то есть таким, к которым предъявляются требования на уровне предельной возможности.

3. Поиск ТР для сверхсложных автоматизированных ТС, например для адаптивных систем или систем с самообучением [5].

4. Поиск принципиально новых ТР, когда нет самих ТС, а есть лишь потребность в них, или представление о функции, которую надо реализовать.

Исходя из сказанного, можно сформулировать два основных проблемных вопроса, необходимость проработки которых применима к рассматриваемому подходу.

Первый – это разработка высокоэффективной процедуры постановки задач, особенно для третьего и четвертого классов. Второй – разработка модифицированной процедуры МА, базирующейся на поэтапном моделировании исследуемых ТС.

Ниже рассматриваются возможные подходы к разрешению этих проблемных вопросов. При этом необходимо только отметить следующее. Эффективность стадии постановки задачи больше, чем какой-то другой (решение, проверка решения) стадии и зависит от используемой информации, ее количества, широты и оперативности переработки, что может быть достигнуто с помощью разработки и применения автоматизированной морфологической базы данных (АМБД). В свою очередь, процедура поэтапного моделирования ТС должна предполагать построение МТ путем сквозной итерации с разной степенью глубины проработки деталей и в строгой последовательности.

Анализ метода постановки задачи морфологического исследования

Возникновение противоречия между потребностью в ТС с определенными функциональными характеристиками и возможностями имеющихся ТС обуславливает разработку новых ТР. Эта потребность может быть сформулирована в виде проблемной ситуации: ни один из известных вариантов ТС данного класса не удовлетворяет потребителя.

Анализ этой проблемной ситуации формулирует новую задачу: отыскать в том же классе ТС новое ТР, удовлетворяющее потребителя, либо создать новую ФС и ее конструкционную реализацию, разрешающее противоречие.

Отсюда следуют вопросы:

1. Какая должна быть структура исходной цели морфологического исследования?
2. Какой информацией необходимо располагать для ее проведения?
3. Какие ТС необходимо подвергнуть морфологическому исследованию?
4. Под каким углом зрения следует изучать эти ТС, то есть, какая из возможных функций ТС интересует заказчика?
5. Что означает «лучшая ТС» в данной задаче?

Для ответа на эти вопросы необходимо, чтобы в ТЗ были четко сформулированы требования, которые заказчик хочет видеть в искомой ТС.

В этом плане структура всей процедуры постановки задачи может быть представлена следующим образом:

А – дать предварительную формулировку исходной цели. Это должен делать заказчик с привлечением экспертов. Разработчик-морфолог лишь анализирует и уясняет эту формулировку. Однако на практике дело обстоит иначе. В большинстве случаев организации заказчики не представляют разработчикам ТР корректно сформулированной исходной цели. Это происходит потому, что заказчик обычно не знаком с методами решения задачи и не представляет себе, какие требования к формулировке задачи предъявляет метод ее решения. В результате, он часто не соотносит желаемое с реализуемым, пытаясь устранить недостатки выпускаемых промышленностью ТС без обстоятельного анализа внутренних противоречий между рядом свойств данных систем, то есть без анализа возможности устранения таких недостатков и той цены за это устранение.

Назначение элемента Б – уточнить предварительную формулировку исходной цели и выделить цели морфологических исследований, которые надо провести для достижения исходной цели. Обычно поступают так. Задачу, решением которой является исходная цель поиска ТР, разбивают на подзадачи с выделением из них тех, которые целесообразно решать с помощью морфологического подхода. Решение каждой из подзадач служит затем целью отдельного морфологического исследования. Эти подзадачи и представляют интерес, так как именно они являются конечными целями морфологических исследований.

Назначение элемента В – получить минимально необходимый для достижения цели данного морфологического исследования рабочий набор требований к искомому ТР. Уточнение требований осуществляется путем обращения к АМБД за соответствующей информацией. Обязательным условием в итоге является сопоставление предварительного набора требований заказчика с рабочим набором требований разработчика, то есть заказчик при этом может в качестве предварительного набора представить идеализированный (гипотетический) набор требований.

Формулирование условий задач морфологического исследования необходимо осуществлять с учетом описаний предполагаемых сред функционирования искомых ТС с последующим сопоставлением этих описаний с общепринятыми показателями качества ТС исследуемого класса и установлением ориентировочных пределов.

Исследование этапов МА

Процедура МА – это процесс системного анализа исследуемых ТС с получением в конечном итоге многоаспектного описания:

- исследуемой функции (морфологического множества всех возможных ее разновидностей);
- обобщенной ФС (морфологического множества ФС, реализующих все мыслимые разновидности исследуемой функции).

Первый результат более абстрактный, от него труднее перейти к описанию конструкции искомой ТС. Однако он может быть успешно использован в ряде случаев, например, в задачах функциональной организации информационных массивов исследуемых ТС. Но применительно к рассматриваемому подходу МА очевидный интерес представляет именно второй, так как он непосредственно дает функциональное описание искомой ТС. Такое описание будет составлять решение искомой задачи. От него легче перейти к конструктивному описанию исследуемых ТС.

В основу предлагаемого морфологического множества можно заложить целую цепочку функциональных моделей исследуемых ТС. Это жизненный цикл исследуемых ТС, дерево действия этих систем, ОФС и ОФС – среда. Проведем краткое исследование этапов данного морфологического множества.

Этап I. Построение и исследование модели «Жизненный цикл исследуемых технических систем»

Назначение этапа: Проанализировать все процессы, совокупность которых составляет жизненный цикл (ЖЦ) исследуемых ТС и выделить из них те, которые будут определять качество искомой ТС.

Этап II. Формулирование определения функции исследуемых ТС

Назначение этапа: Получить четкую формулировку системовыделяющей функции исследуемых ТС для последующей реализации процедуры морфологического классифицирования, базирующейся на функциональном подходе к исследуемым системам.

Этап III. Формулирование определения исследуемой обобщенной функциональной системы для ТС исследуемого класса

Некоторые ученые высказывают предположения, что данный этап несколько связан с предыдущим, что их следует рассматривать как два подэтапа одного, более крупного этапа, поскольку формулировка определения функции исследуемых ТС в значительной степени предопределяет формулировку определения их ОФС.

Однако при всей справедливости данного предположения, полностью согласиться с ним нельзя. Дело в том, что последнее есть не что иное как определение того класса ТС, которые материализуют данную функцию в рамках ограничений, накладываемые на эти ТС условиями задачи. Поэтому корректнее выделять данный этап как самостоятельный.

Назначение этапа: Получить четкое определение понятия ОФС для ТС исследуемого ММ. Это определение должно явиться вспомогательным инструментарием для построения модели ОФС или «Дерево действия».

Этап IV. Построение модели ОФС для технических систем исследуемого класса

Назначение этапа: Выявление функциональной структуры любой ФС и нахождение ее технических инвариантов – потенциальных классификационных признаков ФС исследуемого ММ.

Этап V. Построение модели ОФС – функциональная среда для функциональных систем исследуемого класса

Назначение этапа: Выявление структуры функциональной среды любой ФС и нахождение внешних инвариантов, которые затем преобразуются во внутренние, потенциальные классификационные признаки ФС исследуемого ММ.

Этап VI. Построение множества функционально значимых отношений для широкого класса ТС, включающих исследуемые системы

Назначение этапа: Создание информационной базы, которая должна содержать, по возможности, все мыслимые функционально-значимые отношения (ФЗО) для ТС исследуемого класса и использующаяся как инструмент при решении вопроса, какие из них реализуемы в настоящее время.

Здесь вывод один. Такая морфологическая база может быть преобразована в базу данных – подсистему АМБД.

Этап VII. Построение множества функционально значимых отношений для модели «ОФС – среда», описывающей функциональную среду ТС исследуемого класса

Назначение этапа: Верификация и расширение информационной базы, построенной на предыдущем этапе морфологического классифицирования.

Этап VIII. Нахождение потенциальных классификационных признаков исследуемых систем

Назначение этапа следует из его названия. Прежде всего, надо рассмотреть связь между отношением и признаком, которые находят при исследовании данного отношения. Та характеристика и то качество системы, рассматриваемые как ее свойства, могут выступать для частей этой системы как свойство отдельной части, как отношения между этими частями и как свойство такого отношения.

Этап IX. Отбор классификационных признаков, существенных для данной задачи

Назначение этапа также следует из его названия. Отбор потенциальных классификационных признаков, которые должны составить МТ, осуществляется в ходе их получения на моделях «ОФС», «ОФС – среда» на основе анализа необходимости реализации ФЗО для функционирования исследуемых ТС. Алгоритм такой, если ТС не может функционировать без реализации данного ФЗО, то его заносят в разряд «целесообразных», если функционирование мало зависит от реализации данного ФЗО, то его заносят в разряд «избыточных» и в МТ не включают, а сохраняют в списках потенциальных признаков.

Этап X. Классифицирование исследуемых систем и построение МТ

Назначение этапа: Осуществить корректное морфологическое классифицирование всех систем, принадлежащих исследуемому ММ и построить описание этого множества в виде МТ или морфологического дерева.

Выводы:

1. Назначение рассматриваемой процедуры морфологического исследования состоит в построении корректной МТ. Точнее говоря, она должна явиться инструментом технологии классифицирования, обеспечивающего корректность МТ. Это системный инструментарий, поскольку:

– этапы 1–8. Это специальная процедура, обеспечивающая отыскание функциональных инвариантов исследуемых ТС. Эти и только эти инварианты выступают затем в качестве потенциальных классифицируемых признаков – потенциальных оснований деления исследуемого ММ;

– этап 9. Процедура, обеспечивающая отбор наиболее существенных оснований деления исследуемого ММ. Значение этих и только этих оснований деления составляет МТ;

– этап 10. Опирается на предполагаемый эвристический прием, обеспечивающий деление каждого существенного классификационного признака на его значение в соответствии с классификацией абстрактного понятия, обозначающего сущность делимого признака.

2. Дальнейшее совершенствование процедуры морфологического классифицирования направлено на разработку специальных приемов целенаправленного поиска, отбора, анализа и использования этой информации на всех этапах процедуры. А пока эти приемы не разработаны, следует использовать известные закономерности и инженерный опыт, опираясь на квалификацию разработчиков и экспертов.

Литература

1. Борисов В.Э., Лещенко М.И., Руднев В.Д. Методика формирования отношений исполнителей проекта и выделенных ресурсов при создании технических систем // Экономико-юридический журнал. Бизнес в законе. 2012. № 6. С. 362–364.
 2. Борисов Е.С., Полевщиков И.С. Методика анализа и выбора технологии построения подсистемы как части сложной автоматизированной системы (на примере SAP ERP) // Электронный науч. журн. «Инженерный вестник Дона». 2015. № 3. С. 49–57.
 3. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Модель функциональной организованности образцов пожарной техники // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2017. № 3. С. 16–20.
 4. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Расчетная процедура оценки технического уровня разработок изделий пожарной техники // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 2 (22). С. 37–46.
 5. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Способ расчета показателя надежности образца пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 215–218.
 6. Применение морфологического анализа для развития региональных исследований / Э.Н. Кузьбожев [и др.] // Журнал. Экономический анализ: Теория и практика. 2007. № 10 (91). С. 32–44.
-

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССИСТАНСКИХ УСЛУГ ДЛЯ АВТОВЛАДЕЛЬЦЕВ В РОССИИ

К.С. Чубарев, кандидат военных наук, профессор;

И.А. Куслин.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Изложены основные понятия, касающиеся автоассистанса. Изучен мировой опыт оказания ассистанских услуг на примере немецкого автоклуба ADAC. Рассмотрены крупнейшие отечественные ассистанские компании и выявлены основные недостатки оказания услуг помощи на дорогах в России. Предложены пути совершенствования автоассистанса в России, опираясь на мировой опыт оказания этих услуг

Ключевые слова: автоассистанс, автовладельцы, транспортные средства, помощь на дорогах

IMPROVING ASSISTANCE SERVICES FOR VEHICLE OWNERS IN RUSSIA

K.S. Chubarev; I.A. Kuslin.

Saint-Petersburg state economic university

State basic representamens, relating to autoassistance. Studied world experience to rendering of service autoassistance in terms of German motor club ADAC. Considered large domestic autoassistant's companies and revealed basic shortcoming to rendering of road-side assistance in Russia. Proposed ways improvement of road-side assistance in Russia, lean on the world experience of autoassistance facilitations.

Keywords: autoassistance, car owners, road-side assistance, vehicle, roadside assistance

Количество только легковых автомобилей в России ежегодно увеличивается на 3–5 %. Автомобили становятся все более технологичными, но в тоже время достаточно сложными в плане своих конструкционных особенностей. Далеко не каждый автовладелец способен устранить или даже выявить возникшую неисправность в своем автомобиле. Для этого создаются различные предприятия, оказывающие разнообразные виды услуг автомобилистам. Такие предприятия позволяют автовладельцам поддерживать транспортные средства в исправном состоянии.

В мире с каждым годом возрастает количество и протяженность автомобильных дорог. Большинство автовладельцев используют свои транспортные средства для передвижения на большие расстояния, но никто не застрахован от непредвиденных ситуаций, которые могут возникнуть на дороге с автомобилями и их владельцами.

Для подобных случаев в мире существуют ассистанские услуги, призванные помочь автомобилистам в чрезвычайных ситуациях, связанных с автомобилями.

Большое количество трасс федерального и международного значения по всему миру и отсутствие на многих из них придорожных сервисов, автозаправок, медицинских пунктов

и других средств помощи автомобилистам не позволяют оперативно оказать ассистанские услуги автовладельцам.

Само понятие «ассистанс» появилось в нашей стране относительно недавно и пришло к нам с Запада. Автоассистанс подразумевает под собой услуги по оказанию помощи автомобилистам в непредвиденных экстренных ситуациях, связанных с автомобилем. Комплекс услуг, включенных в автоассистанс, достаточно большой. К ним относятся такие услуги, как: техническая помощь, информационные, юридические, медицинские услуги.

Услуги помощи автомобилистам оказывают не только предназначенные для этого ассистанские компании, но и заводы-изготовители многих марок автомобилей. В большинстве современных автомобилей, преимущественно премиум-сегмента, устанавливаются специальные кнопки, предназначенные для связи с диспетчером, в случае возникновения поломки или какой-либо другой непредвиденной ситуации, связанной с автомобилем.

В мире существуют целые объединения, направленные на оказание ассистанских услуг автовладельцам. Такие объединения, как правило, включают в себя несколько стран, работающих по одной программе и подчиняющиеся единым стандартам в области оказания ассистанских услуг. Это позволяет многим компаниям, расположенным в разных странах мира, предоставлять помощь автомобилистам вне зависимости от региона, в котором они находятся.

Одним из таких объединений является европейское автомобильное объединение под названием ARC Europe Group. Данное объединение начало свою деятельность в 1991 г. и состояло из восьми клубов. В настоящее время ARC Europe Group состоит из ARC Europe SA и ее дочерних компаний.

Данное объединение выполняет различные операции по оказанию помощи автомобилистам по всему миру как одна сеть. В нее входят 40 автомобильных клубов из 40 стран мира, в том числе и Россия.

В компании действуют специальные клубные карты, дающие своим клиентам возможность пользоваться услугами любого из клубов, включенных в данное объединение, в любой точке Европы в период действия карты.

Одной из крупнейших общественных организаций является немецкий автомобильный клуб «ADAC» (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club), что означает «Всеобщий немецкий автоклуб». Занимается оказанием технической, информационной и юридической помощи автомобилистам [1].

Клуб был основан 24 мая 1903 г. в г. Штутгарте как «Немецкая ассоциация мотоциклистов» и был переименован в ADAC в 1911 г. Служба помощи на дорогах начала свою деятельность лишь в 1927 г. [2].

Автомобили компании оснащаются всем необходимым технологическим оборудованием и инструментом, предназначенным для оказания помощи автомобилистам на дорогах. Для оказания медицинской помощи на балансе клуба находится 45 вертолетов, окрашенных также в ярко-желтый цвет. Сегодня в Германии имеются 33 собственные клубные базы вертолетов, расположенные таким образом, что полетное время до места аварии не превышает 15 мин. Помимо дорожно-транспортных происшествий с серьезными последствиями, вертолеты клуба вылетают к участникам клуба в случае инфаркта, инсульта и других случаях, где требуется немедленная госпитализация пострадавших.

Клуб уделяет особое внимание развитию дорожного хозяйства в стране, следит за состоянием дорожного полотна на территории Германии.

Автоклуб предоставляет услуги по ремонту и обслуживанию транспортных средств, благодаря сотрудничеству с большим количеством автосервисов по всей стране, занимается изготовлением дорожных карт и планов городов.

На сегодняшний день количество членов клуба организации составляет более 20 млн автомобилистов.

Клуб гарантирует точную диагностику неисправности, качественный и оперативный ремонт на месте, а в случае невозможности оказания помощи на месте, доставку автомобиля

на эвакуаторе до ближайшего автосервиса. За дополнительную плату членам клуба предоставляются дополнительные услуги. Например, оказание медицинской помощи за пределами страны, доставка пострадавшего обратно в страну вертолетом или самолетом, прокат автомобилей, номер в отеле или гостинице, юридическая помощь и множество других услуг [3].

Одной из первых организаций в России, которая начала заниматься автоассистансом, является компания ЛАТ, основанная в Санкт-Петербурге в 1991 г. В компании начинают работать первые в России эвакуаторы и автомобили, сочетающие экстренную помощь и передвижную мастерскую [4].

В дальнейшем компания расширяется, у нее появляется собственная автобаза, разрабатываются новые эвакуаторы, для оказания помощи автомобилистам на дорогах города и области появляются новые виды услуг в области автоассистанса, открываются филиалы в крупных городах России.

Несмотря на разнообразие новых услуг, комплекс оказываемых технических услуг для автовладельцев достаточно небольшой: подкачка и замена колес, зарядка аккумулятором, открывание замков, замена лампочек и другие мелкие работы.

Основным конкурентом компании ЛАТ является автоклуб А24, созданный в 1999 г. В отличие от компании ЛАТ данный автоклуб работает только на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Оказывает те же услуги, что и компания ЛАТ, кроме этого, компания имеет собственные автосервисы в городе, выполняющие различные виды работ; сотрудничает с различными автопредприятиями города и магазинами автозапчастей; имеет услугу «трезвый водитель»; занимается автопрокатом [5].

В Москве также существуют подобные ассистанские компании, например автоклуб А.Н.Г.Е.Л., работает только в Москве и Московской области. Спектр оказываемых услуг крайне мал. В компании применяются клубные карты, действующие в течение одного года.

Данные клубы являются основными ассистанс-компаниями России, но их большим недостатком является узкий перечень оказываемых технических услуг автовладельцам, а также невозможность оказывать техническую помощь автомобилистам за пределами города или области, в которой они расположены.

Самой крупной ассистанс-компанией в России является компания РАМК (Русский АвтоМотоКлуб), основанная в 2010 г. как дочернее предприятие вышеупомянутого объединения ARC Europe SA.

Зона покрытия составляет более 400 городов по всей России. Также компания оказывает помощь автомобилистам и их транспортным средствам на всей территории Европы.

Автоклуб предоставляет своим клиентам клубные карты как для автомобилей, так и для мотоциклов. Для каждого из этих видов транспортных средств существуют три вида карт: Стандарт, Премиум и Платинум. Данные карты отличаются между собой набором предоставляемых по ним услуг, а также радиусом действия бесплатного обслуживания от того города, в котором находится филиал компании.

У автоклуба есть собственные автопарки и автомобили технической помощи, оснащенные всем необходимым инструментом для оказания помощи автовладельцам на дорогах. Механики клуба имеют высокую квалификацию в области ремонта и обслуживания автомобилей. Проходят тренинги по специфике проведения ремонта на дорогах в немецком клубе ADAC.

В настоящее время в данном клубе состоит более 2 млн автомобилистов [6].

Основной недостаток российских ассистанских компаний заключается в невозможности оперативно оказать техническую и медицинскую помощь своим клиентам на трассах федерального и международного значения без вложения дополнительных финансовых средств автовладельцами, связано это с большой территорией нашей страны, большим расстоянием между населенными пунктами и отсутствием на трассах придорожных сервисов.

Для решения вышеописанных недостатков в работе ассистанских компаний России необходимо внедрить новые способы оказания помощи автовладельцам транспортных средств, опираясь на опыт ведущих стран в области автоассистанса.

Для решения проблемы с невозможностью оказания оперативной помощи автовладельцам на трассах федерального и международного значения необходимо рассмотреть целесообразность использования авиации, как это сделано в некоторых европейских государствах. Это будет являться одним из самых эффективных методов оказания медицинской помощи пострадавшим.

Для этого необходимо сотрудничество существующих автоклубов с подразделениями МЧС России, различными частными аэропортами, авиаклубами и другими авиабазами, находящимися в различных точках нашей страны для сокращения времени прибытия помощи на место происшествия.

Ассистанские клубы не финансируются государством и поэтому не имеют возможности содержать большое количество собственных вертолетов, таким образом, заключение договоров с авиабазами позволит увеличить количество летательных средств, для оказания медицинской помощи пострадавшим.

Также необходимо, чтобы государство поддерживало ассистанские компании, как это сделано в других странах мира. Это позволит переложить часть обязанностей государства по обеспечению безопасности дорожного движения на подобного рода организации.

Для оперативного оказания технической помощи автомобилистам необходимо открывать больше филиалов во многих городах страны, а также различные придорожные сервисы и пункты технической помощи на трассах, что позволит сократить время прибытия специалистов на место поломки транспортного средства и его эвакуации для ремонта, в случае невозможности устранения неисправности в дорожных условиях.

Например, рассмотрим площадку по оказанию технической помощи автовладельцам на трассах. Этой площадкой будет являться Ленинградская область и трассы, проходящие через нее. Для оперативного оказания помощи автомобилистам необходимо открыть автосервисы в каждом районе Ленинградской области с закрепленными за ними автомобилями технической помощи, оснащенными необходимым инструментом и эвакуаторами. Данные автосервисы должны иметь единый телефонный номер, чтобы в случае поломки автомобиля автовладелец мог позвонить и сообщить свое местоположение и проблему, связанную с автомобилем. Сотрудники call-центра будут находить ближайший к клиенту автосервис и высылать необходимых специалистов для устранения поломки. Возможен вариант устранения неисправностей без выездов специалистов на место поломки, в данном случае мастер по телефону проконсультирует водителя, как можно устранить ту или иную неисправность, если это возможно.

Такие автосервисы должны находиться непосредственно вблизи автомобильных трасс, в местах, где отсутствуют ближайшие пункты технической помощи и автозаправочные станции.

В случае увеличения спроса на такие услуги, компания со временем может увеличивать количество придорожных автосервисов, автопарк автомобилей техпомощи, а также привлекать к сотрудничеству другие автосервисы, увеличивая тем самым их клиентооборот.

Ассистанские услуги в нашей стране только начинают набирать популярность, компании которые этим занимаются, стараются завоевать доверие среди автолюбителей. Конкуренция между такими компаниями с каждым годом растет, вводятся новые виды услуг, стараясь тем самым занять лидирующие позиции в области автоассистанса. Большинство существующих на российском рынке компаний оказывают помощь автовладельцам только в пределах одного региона либо не занимаются оказанием технической или медицинской помощи, акцентируя свое внимание на юридическую и информационную помощь автовладельцам. Лишь несколько ассистанских компаний России оказывают помощь автомобилистам на дорогах, благодаря множеству филиалов, открытых по всей стране, но, несмотря на это радиус оказания услуг ограничивается 100 км от города, в котором

находится филиал компании. Связано это в первую очередь с большой территорией нашей страны и отсутствием придорожных сервисов на федеральных и международных трассах страны.

Если сравнивать автоассистанс в России и во всем мире, то можно заметить, что во многих странах мира услуги помощи автомобилистам существуют уже более ста лет и успели достигнуть за это время больших высот. В России же автоассистанс существует около 20 лет и уже за это короткое время попытался приблизиться к уровню ведущих в этой области государств.

Литература

1. ADAC. URL: <https://www.ruamc.ru/clubs/adac>. (дата обращения: 25.12.2017).
2. ADAC. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ADAC>. (дата обращения: 25.12.2017).
3. «Желтые ангелы» спешат на помощь. Автоклуб ADAC. URL: <http://test-drive.ru/volkswagen/golf/89047/89051/> (дата обращения: 25.12.2017).
4. Ассистанская компания ЛАТ. URL: <http://lat.ru>. (дата обращения: 25.12.2017).
5. Автоклуб А24 – помощь автомобилистам. URL: <http://a24.ru>. (дата обращения: 25.12.2017).
6. Русский АвтоМотоКлуб. URL: <https://www.ruamc.ru>. (дата обращения: 25.12.2017).

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И ОБЩЕСТВА

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

**Б.И. Кудрин, доктор технических наук, профессор.
Московский энергетический институт**

Даны примеры трактовки техноценологической теории, используемой для оценки устойчивости и оптимальности построения многоуровневых структур, применительно к проблемам устойчивого функционирования экономики и развития общества.

Ключевые слова: многоуровневые структуры, устойчивость, соотношение «крупное-среднее-мелкое», управление развитием

ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ECONOMY AND SOCIETY

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

B.I. Kudrin. Moscow power engineering institute

Examples are given of interpretations technoservices theory used to assess sustainability and optimality of building multi-level structures, with focus on sustainable functioning of the economy and development of society.

Keywords: multi-level structure, stability, ratio of «large-medium-small», development management

Неизбежность разнообразия, необходимость выдерживать соотношение «крупное-среднее-мелкое» по определяющему параметру, например по доходам и уровню жизни,

прослеживаются до античности. Оказалось, бедность неистребима, как и безработица, что утверждает ценология [1–5].

В XIX в. распределение по доходам получило опытное и математическое оформление (Бальби, 1830 г.; Парето, 1897 г.). Упрощенно: самые богатые должны получать не более чем в 10 раз больше, чем самые бедные. Этот децильный коэффициент выдерживается в скандинавских странах, близок в развитых, в России он в два и более раз выше.

По электропотреблению регионов, важнейшей характеристике экономического состояния и уровня жизни, он в 2010 г. достиг 40.

Отвергая уроки истории России и запрета частной собственности (1938 г.), в стране до сих пор не решена проблема неприкосновенности права граждан на жилье, землю, на собственность вообще. А достаточная часть общества по-прежнему стоит на стороне лозунга – «все отнять и разделить».

Материал статьи поясняет третью ценологическую научную картину мира, которая для любой из реальностей материального и идеального миров устанавливает для их составляющих при видовой классификации определенное разнообразие и соотношение по параметру «крупное-среднее-мелкое».

Ценологические представления и термины стали распространяться в XX в.: биоценоз (1877 г.); экосистема (1935 г.); биогеоценоз (1940 г.); техноценоз (1973 г.), информценоз, социоценоз, бизнесценоз, они получили признание и закрепились в обществе. Глобализация – послевоенная версия теории модернизации, которая возникла в середине XX в. в США, когда группа ученых пыталась найти рецепт непрерывного развития, применимый к странам с любым культурным наследием.

Основным в теории было создание «современного государства», которое описал Э. Шилс: «Современное государство» значит демократическое, научное, экономически продвинутое и суверенное. В нем правители не только заботятся о своем народе, но и народ является для них источником вдохновения и руководства к действию. Современное государство верит в то, что прогресс государства основан на рациональной технологии и научном знании». Более позднее описание современного государства: оно космополитично, мобильно, контролирует состояние окружающей среды, приветствует перемены и характеризуется сложной системой разделения труда.

Для стабильности любое правительство должно прийти к взаимопониманию со своими гражданами в части, касающейся распределения богатств (А. Кинг в переводе С. Капицы).

«Чтобы быть самодостаточными, страны должны производить сотни и тысячи различных высокотехнологичных предметов; произошли такие изменения почти во всех аспектах жизни, что говорить о самодостаточности наивно. Чтобы разобраться в том, что произошло, нужно разрабатывать новый понятийный аппарат. Аппарат, используемый в России, не пригоден для существующей реальности» (А. Зиновьев). Такой аппарат, необходимый для индустриального развития России, создан – это гиперболические *H*-распределения, которые, не отрицая классику Ньютона-Максвелла, вероятно-статистические представления Гаусса, дают основу принятия управляющих решений во всех сферах человеческой деятельности.

Доля Российской империи в 1913 г. в мировой промышленности составляла 5,3 % (Франция – 6,4 %; Англия – 14 %; Германия – 15,7 %). Доля России в мировой экономике 100 лет спустя – менее 3 %.

Раньше были отрасли народного хозяйства, затем они стали отраслями экономики, сейчас называют видами экономической деятельности.

Ниже рассмотрены примеры управленческих решений [2] применительно к проблемам экономики и общества, нарушающих ценологические и технетические закономерности, с комментариями:

– искусственное сооружение (техника), единый параметр (может быть иным), видовая классификация каждой штуки-особи, конвенционность охвата (границ), культурная принадлежность, документальная подобность существования, эксплуатации, безопасности. Ноева каста: стоимость Эйфелевой башни 434 млрд евро, Колизея – 91, Миланского собора – 82,

Лондонского Тауэра – 70,5, Музея Прадо – 59, Стоунхенджа – 10,5 млрд евро. Саранчу не перечислишь;

– чем шире корзина товаров и услуг для исчисления потребительских цен, тем точнее картина. Но расширение корзины – трудоемкая задача. Нужно найти середину. Можно взять набор из пяти товаров. Расчет грубый. Можно грубее: рассчитывают же индекс бигмака – инфляция на основе изменения цены котлеты с булочкой. Надо понимать, что одновременно действует несколько методик, и каждая – правильная (для ценозов – только так).

Второй ценологический постулат гласит [1, 3], что состояние ценоза в любой фиксируемый момент времени не определимо наперед заданной системой показателей тождественно точно. Если считать инфляцию по 20 показателям, будет один результат; по 200 – иной; по 2000 – инфляция может зашкалить. Возьмите два: молоко и хлеб; обеспечьте товаропроизводителей финансово – получите нулевую инфляцию. Так наблюдаем манипуляцию вторым постулатом;

– президент Social Science Research Council К. Калхун говорит, что хотя страны независимы, они подвержены взаимному влиянию. Развитие страны зависит от этого влияния. Если хотите понять, что происходит в Эфиопии, выясните, как это связано с происходящим в таких странах, как Великобритания, Франция, США и Россия. Эта теория названа теорией зависимости и создана в Латинской Америке Ф. Кардозу, который потом стал президентом Бразилии (говорят о ценологии);

– наблюдая за научно-технологической сферой страны, кажется, что единой политики не стало вовсе. Ужесточение конкуренции на мировом рынке и распространение альтернативных видов энергии приведут к снижению экспорта российского топливно-энергетического комплекса и сокращению его доли в доходах бюджета страны. Без политики, направленной на повышение энергоэффективности экономики и ее диверсификации, дефицит бюджета и стагнация обеспечены (Эксперт. июль 2013 г.) (об инновации без ценологии).

В 60-е гг. XX в. экономисты США обнаружили, что не крупная индустрия, а именно монополистический сектор является источником экономического роста и увеличения числа рабочих мест. Отход от гигантомании обеспечил потребительский спрос (1986 г. – 19 млн мелких фирм; в конце XIX в. – 300 тыс.). На каждый доллар, вложенный в науку малыми фирмами, инноваций в 24 раза больше, чем в крупных, где работает 10 тыс. человек (по пути ценологии). Небольшие и средние компании растут за счет уникального предложения, становясь ноевыми. Поиск уникальности – стратегическая задача бизнеса. Не вставать в одну колею с транснационалами, не заниматься, становясь саранчей, массовым производством стандартного продукта. Раньше главную прибыль приносили массовые хиты и бестселлеры, а с появлением интернет-торговли и гигантских магазинов выгоднее держать много разных редких позиций. Это ценологически правильно и так и должно быть, а идея применима не только к книжкам и дискам.

Москва в 2007 г. насчитывала свыше 207 тыс. зарегистрированных субъектов малого бизнеса. Это позволяет определить эффективность функционирования этого сообщества в целом, выявить аномальные точки, предложить меры, повышающие отдачу (по заданным критериям). Общая ценология – как раз та теория, которая может сделать это. Например, мэром Москвы 11 декабря 2008 г. предложено распространить на регионы опыт по выдаче микрокредитов малым предприятиям из городского бюджета – это упрощает процедуру кредитования, что важно в условиях кризиса, и характеризуется высокой возвратностью. Наибольший эффект развития конкурентоспособной предпринимательской среды достигается при структурировании малого бизнеса и при снижении налогов на виды бизнеса по критериям бизнесразнообразия этой среды как экономического ценоза;

– потребление системой ресурсов минимально при условии, что энтропия системы (разнообразие и т.д.) выше некоторого порога, то есть принцип максимума энтропии эквивалентен принципу минимума потребления системой лимитирующих ресурсов;

– декретом от 19 мая 1919 г. создано Государственное издательство РСФСР. Печатная бумага в типографиях может расходоваться только по его разрешению. Фактически была создана государственная монополия с вертикально интегрированной структурой. Несмотря

на попытки концентрации научного издательства в едином центре, эти попытки к цели не привели (ценологию не победить);

- через Дальний Восток поступает 15 % китайских товаров, через Санкт-Петербург – 34 %. Стоимость доставки 40-тонного контейнера из Азии в Европу 7,5 тыс. долл., из Находки по РЖД – 9 тыс. долл. Трасса «Санкт-Петербург–Москва» проходит через 65 населенных пунктов, ежедневно пропускает 149–170 тыс. единиц транспорта. В Москву за первое полугодие 2012 г. поступило товаров на 61 млрд долл. – 42 % всего поступившего в Российской Федерации, в Нью-Йорк – 5 % (столицы – нововы по грузам);

- в XX в. проверку проходили различные модели экономического развития. Однако плановая экономика доказала свою несостоятельность – вспомним Государственную комиссию по электрофикации России (ГОЭЛРО). В результате диспропорций в развитии территорий в тяжелом финансовом положении оказываются индустриальные центры. Например, г. Новокузнецк испытывает бюджетный дефицит, что сказывается на городском хозяйстве и инфраструктуре (о диспропорциях).

Многообразие локальных экономик с учетом неравномерного расселения людей не могло быть «упаковано» в несколько простых форм. Написанный для нужд Минфина, чтобы ему удобнее было распределять государственные деньги, жесткий перечень функций муниципального самоуправления стал клеткой для муниципальных образований;

- беда экономики в том, что мы привыкли все грузить эшелонами. Это неправильно. Предприятия должны быть эффективными и производить ровно столько продукции, сколько действительно нужно (по пути ценологии);

- ежедневно в Москву и обратно ездят 2,5 млн человек. Финансовая централизация сводит в Москву неразумно большую долю денег. Еще более ужасна централизация транспортной инфраструктуры. Из Кореи на Урал, морем до Санкт-Петербурга, трейлером через Москву в Челябинск. Все перевозки через кольцевые. Снизить остроту проблемы можно убрав сверхцентрализацию (сверхновость Москвы);

- речки одного крупного бассейна подпадают под понятие «ценоз», что подтверждаемо *H*-распределением: число единиц-особей мельчайших рек длиной до 10 км – 81 384; самых малых (10–25 км) – 3 138; малых (26–100) – 990; средних (101–500) – 159; больших рек длиной более 500 км – 17. Число рек 85 688, их длина 250 874 км. Электрикам интересно соотнести это с уровнями системы электроснабжения, вошедшими в учебники: мини-потребителей 2УР, питающихся по 0,4 кВ – 90 %; малых 3УР, питающихся (имеющих) КТП 6–10/0,4 кВ – 9 %; средних с собственной 4УР подстанцией РП 6–10 кВ – 0,9 %; крупных потребителей 5УР, питающихся по 35; 110(154); 220(330) кВ – 0,1 % (водотоки Верхне-Обского бассейна);

- модульные трассовые посты располагают по федеральным трассам, а погибают чаще на дорогах местного значения. Но туда элитные бригады медицины катастроф не приедут (новое);

- в США до половины добытой нефти приходится на небольшие компании, занимающиеся мелкими месторождениями, трудными участками средних и крупных объектов. За 10 лет их доля упала с 10 до 3 %, сейчас – 26 тыс. неработающих скважин; недополучение – 10–15 млн т. Малое более эффективно по трудозатратам и себестоимости (Эксперт. 2012. № 27).

Человеческое общество – разновидность ценоза. Ценологичность фундаментальна, да и, не зная этого, мало кто сомневается, что насильственная уравниловка богатства ведет к экономическому упадку и политическим ужасам: Советский Союз – известный пример. Но экстремальное расслоение, ведущее к экономическому застою и социальному упадку – также ценологически ошибочно. При этом слова Декларации независимости «Все люди созданы равными» есть ценологическая нелепость, но как оружие в смертельной борьбе слова были мощными и убедительными. Требуется изменение общественного сознания – признание того, что неравенство людей важнее и продуктивнее извечного: «Мы все равны». Признание неравенства позволит выделить позитивное, требующее осторожного отношения (Г. Попов) (интерпретация ценологии). Основная идея, например теории модернизации Т. Парсонса, состояла в том, что общество – это вид интегрированной системы, идеально

подходящей для менеджерского управления. Чтобы что-то изменить в обществе, нужно просчитать, как это отразится на всех уровнях и взаимосвязях (не столько считать, сколько *H*-оценивать).

Рассмотрим другие примеры применительно к проблемам общества:

– средний класс существует. У нас за 40 %, на Западе – 50–60 %. Но основу нашего среднего класса составляют 70 % работников госсектора, на периферии – предприниматели, работники сферы услуг, профессионалы высокой квалификации (ценологические оттенки среднего). Существенные признаки среднего класса: его составляют работающие люди, которые имеют специальное образование, заняты чистой работой, способны к самоидентификации, имеют хоть немного, но личной собственности.

Появление среднего класса характеризуется соотношением между минимальной заработной платой и объемом ВВП на душу населения. В Европе оно 0,35–0,4, в России – 0,01–0,05. Класс формируется при соотношении 0,3 (Прямые инвестиции. 2010. № 1). В «Концепции-2020» Россия ставит цель увеличить долю среднего класса до 60–70 %, которая сейчас 15 %, по Ведущей российской исследовательской организации в области общественного мнения. Стратегический прогноз электропотребления должен учитывать изменение структуры потребителей. В Японии доля относящих себя к «среднему среднему» к концу 1980-х гг. достигла 90 %. «Средний класс» – социальное образование, распространившееся на общество в результате принятия ценологического мировоззрения, обеспечившего в 60-е гг. «японское чудо». Достижения Японии достигнуты благодаря опоре на средний класс (2009 г.).

США, Евросоюз, Япония к среднему классу относят семьи с доходом 3–4 тыс. долл./месяц; в европейских постсоветских государствах – порог ниже втрое; в странах бывшего третьего мира – на порядок. В 2010 г. «Форбс» насчитал в мире 1 011 долларовых миллиардеров. Можно строить *H*-распределение. В Германии бедных (с месячным доходом меньше 625 евро) – 13,1 % населения, в Греции и Португалии, которую мы хотели догнать, квота бедных – 21 %. Меньше всего бедных в Швеции – 9 %. «Кто-то живет уже в ноосферной эпохе, кто-то – «гражданин мира», кто-то влачит жалкое существование, 7 % нашего населения живут как «шоколадные зайцы», 36 % – крутятся как белки в колесе, чтобы сносно жить, а более половины – не могут приспособиться к нынешней жизни» (Социокультурная структура. 2011 г.).

Параллельно с унификацией мироустройства происходит расслоение жителей Земли по социальным этажам. Золотой миллиард (богатые страны – 1,2 млрд чел.) – 60 % мирового ВВП и получающих 36 тыс. долл. на душу населения в год. Большая же часть – 5 млрд – жители развивающихся стран, создающих 40 % ВВП, 6 тыс. долл. на душу. В сорока бедных странах живет 800 млн чел., производящих 1 % ВВП, получающих по 1 000 долл. и меньше в год на каждого (ценологичность мира. 2013 г.).

«Человечество прирастает бедными, и получается, что и на самом деле нигде и никому ничего хорошего не светит. Недовольная технологической активностью человечества Природа все более разгневанно реагирует» (Л.С. Васильев). Примечание: гипербола *H*-распределения подобно перемещается в неизвестность, сохраняя характеристический показатель, но увеличивая новую касту миллиардеров и саранчевую малоимущих. Вероятно, богатейшие мира также образуют ценоз, так как повязаны финансово, местами пребывания и пр.

По оценкам Всемирного банка, 2,6 млрд человек на Земле живет за порогом бедности (менее чем на 2 долл. в день). В России официальной границы бедности нет. В конце 2008 г. у нас насчитывалось 20 млн 700 тыс. бедных – 14,7 % населения. Если перейти на европейские стандарты, то это 50–60 %. Наивысшая по доходам группа населения не должна быть богаче на беднейшей более чем в 10 раз, тогда как в стране разница более чем в 20 раз, в отличие от США и Скандинавии. Ценология указывает пропорции, при которых система устойчива. Переходя от организации производства к политической экономии, ценология утверждает, что уравнильное распределение доходов столь же неестественно, как гигантомания машин и предприятий.

«Финэкспертиза» рассчитала индекс Робин Гуда, показывающего ту часть общего дохода, которую надо перераспределить для достижения всеобщего равенства. Соотношение

электропотребления первого дециля 752,1 к последнему 7,41 говорит о возможности распада России к 2030 г. Интересно, что Робин Гуд и Парето в одну группу включили Москву, г. Тюмень, Санкт-Петербург, Свердловскую обл., г. Пермь, Ямало-Ненецкий автономный округ (2012 г.). Такого разрыва раньше не было. И экономическая дифференциация усугубляет проблемы растущего социального неравенства, что может привести к их политизации.

Децильный коэффициент – отношение максимального макроэкономического показателя у 10 % регионов с наибольшим значением к минимальному значению 10 % регионов с наименьшими показателями – использован для определения кратности между максимальным и минимальным душевым продуктом, составившим по Германии 2,3; Италии 2,1; Польше 2,3; США 5,1; Канаде 3,4; по России 24,2 (2008 г.).

Если статистика за 2009 г. сообщала, что на долю 10 % самых обеспеченных в России приходится 31 % общей суммы денежных доходов, а 10 % наименее обеспеченных получили 1,9 % общего дохода, то в окончательном виде введен коэффициент формы (отношение доходов 10 % самых богатых и самых бедных), который за 16 лет вырос более чем в два раза и достиг 16,8. Богатые стали богаче, а бедные еще беднее.

«Форбс» обнаружил в 2006 г. в России 53 миллиардера с суммарным капиталом 282 млрд – 28 % ВВП (Германия 245 млрд, 8,5 %, США 10 % – это нормально; Франция 5 % – мало). При соотношении 10 000 миллионеров на 1 миллиардера (так в мире) в России должен быть 1 миллионер на 300 чел. Средний класс (применительно к семье из трех чел. по Москве): богатые средние – месячный доход свыше 1 000 долл. на чел., высшее образование, статус; средние – свыше 500 долл.; нижние средние – 330 долл., высшее образование, нет высокого социального статуса; кандидаты в средние – 220 долл., нет высшего образования, рядовые рабочие и служащие, учащиеся.

Остается надеяться, что власти построят *H*-распределение по доходам по стране в целом и по каждому региону, чтобы учитывать ценологические объективно существующие ограничения при принятии государственных решений, касающихся социальных проблем общества. На сегодня ценологическая устойчивость отсутствует, а распределение доходов вряд ли может обеспечить стабильное развитие общества.

Разрыв благосостояния был огромным на протяжении всей истории. Огромный разрыв по доходам остается проблемой и сейчас. Средние доходы населения богатейших стран порой в 100 раз превышают доходы жителей беднейших государств. Это не вызывало бы беспокойства, если бы положение в беднейших странах постепенно улучшалось. Но из-за плохого управления и гражданских войн эти страны становятся только беднее (П. Джонсон. Форбс, декабрь 2006 г.).

Посткоммунистическая экспроприация опасна тем, что забирает то, что принадлежало всем, и передает на непонятных основаниях общенародную собственность отдельным лицам. Миллионы людей остались без ничего, а несколько тысяч получили все. Абсолютное равенство возможно только как равенство бедных, а равенство бедных, как показывает история страны, ведет к деспотизму и тоталитаризму.

Модель развития России поощряет углубление неравенства: количество долларовых миллионеров в кризис 2008 г. увеличилось, большая часть россиян в доходах потеряла. Наличие работы не спасает от бедности. Так, средняя зарплата в сельском хозяйстве в Костромской обл. – 10 тыс. руб. А кто-то получает по 6–7 тыс. руб! И так во многих регионах. У нас есть элита; маленькая прослойка среднего класса, и бедные – остальное население. Нужна индустриализация, которая создаст рабочие места:

– зарплатоемкость ВВП в России составила 40,0 % в 2009 г. (2000 г. – 23,6 %). Зарплата министров в 12–14 раз превышает зарплату по экономике. В развитых странах это соотношение 4–5 раз. По сообщению депутата Мосгордумы В. Уласа, разрыв в доходах 10 % самых богатых и 10 % самых бедных москвичей увеличился до 41 (по стране – 15). В европейских странах этот децильный коэффициент считается безопасным на уровне 8–10. С точки зрения многих, равная нищета справедливее и комфортнее, чем удручающее неравенство в нынешней России, стране – первопроходцев по количеству миллиардеров (А. Ципко. 23 ноября 2008 г.);

– если повезет и сословное устройство не станет уничтожать богатых для того, чтобы не было бедных, то когда-нибудь вызреет новая структура общества, уравнивающая сословные амбиции и интересы (2008 г.).

Доказано, что среднее в ценозах не имеет смысла, а ошибка сколь угодно велика [2–4]. Глава Правительства, рассматривая 17 декабря 2009 г. баланс интересов потребителей энергии и поставщиков, сказал (Известия. № 235): «Действует принцип уравниловки, когда некая средняя норма, выделенная на человека, в равных пропорциях раскидывается на 12 месяцев. Счета должны выставляться по показаниям приборов учета». Важно: инструментальный учет, информационное сопровождение, ценологическая оценка результата, отказ от методик, основанных на положениях электротехники (однозначность) и электроэнергетики (гауссовость), позволят к 2020 г. повысить энергоэффективность экономики на 40 %.

Неопределенность границ – неотъемлемое свойство ценоза, будь то Вселенная, электрохозяйство, Московская кольцевая. Расстояние между километровыми столбами на МКАД разное: есть 1 км, 1,5 км, 0,8 км. И не выровнять точно, как требует первая картина мира: слишком много к ним привязано материально и идеально. Где границы Москвы как города, не скажет даже мэр:

– цивилизация, по Шпенглеру, бездушный и серый технетизм. Но в любом обществе, в любую эпоху 95 % людей – обыватели. Каким бы трудом они ни занимались – саранча и есть саранча (2011 г.);

– среди политиков недостаточно людей, с уважением относящихся ко второму закону термодинамики. В вульгарном изложении он гласит: в замкнутой системе нарастает беспорядок. Вертикаль реагирует на сбой в управлении стремлением стать еще вертикальнее, еще уже, проще, примитивнее. Это ошибочный метод. Он ведет к еще большей замкнутости и большому хаосу (В. Сурков, 2011 г.) (Шаг к ценологии. 2013 г.);

– раньше люди жили проще. Вещей было немного и у всех одинаковые. Они не отличались разнообразием, но объединяли нас. Люди ходили в гости как к себе домой, не обращая внимания на саранчовое и радуясь (завидуя) новым находкам;

– «Опаснейшие среди нас враги истины и свободы – это сплоченное большинство» и «Большинство никогда не бывает правым» (Г. Ибсен) (большинство);

– «Мерилом справедливости не может быть большинство голосов. Что большинство? Большинство – безумие. Ум ведь лишь у меньшинства» (И. Шиллер и ценология);

– нобелевский лауреат К. Эрроу показал невозможность объективных выборов, даже если в них участвуют всего три человека (о различии);

– Поль Валери: мир стоит чего-нибудь из-за своих крайностей, но выживает благодаря середине (о пойнтер-области);

– как только доля молодежи 15–25 лет приближается к 20 %, то при прочих равных начинаются социальные потрясения (Д. Лукач);

– Уотсон Дж.: «Нет твердых оснований для предположения, что умственные способности людей, географически разделенных в ходе эволюции, должны были развиваться идентично. Нашего желания видеть у всех равные умственные способности как некое наследие человечества недостаточно». *Н*-зависимость обязательна для ценозов по существенному параметру: например, по таланту 500 российских писателей XX в. А по размеру обуви, росту, весу – конечно, Гаусс;

– бушует кризис, банки, власти сокращают штаты, избавляются от «планктона» (Д. Гранин) (ценологичность бытия);

– «Нашему народу уже столько обещали, а ему все мало. Не хочет он понимать, что всего на всех не хватит: всего – мало, а всех – много» (ценология по Крутиеру. 18 февраля 2010 г.);

– у каждого народа есть разные люди – умные и не очень, агрессивные и добрые. Но на то мы и люди, чтобы трезво оценивать себя и понимать: все хорошее, положительное должно всегда доминировать над отрицательным (ценология по Зауру Тутову) (100lichnost.ru);

– если бы люди покупали часы только для того, чтобы узнавать время, мы бы разорились. Покупают часы в последнюю очередь для того, чтобы узнать время. Мы окружены огромным количеством электронных приборов, делающих нас похожими друг на друга (саранча). Часы – отличная ситуация заявить о своей индивидуальности (сделаться новым) (2006 г.);

– если открыть первые попавшиеся 50 городских стратегий, то они будут об одном и том же – заклинания про доступное жилье, качество жизни и прочее. Если посмотреть на города мира – это взрыв разнообразия устремлений. Причем, чем пестрее список социальных ролей города, чем больше инакомыслия, креативности в городе, тем ярче и богаче он живет;

– 90 % наших проблем решаются сами собой. Остальные десять, как и требует теория, не решаются;

– в бильярде Синяя шарик один и движется без трения между квадратными стенками, а посередине – цилиндр с отражающими стенками. Через несколько столкновений со стенками движение шара становится хаотичным – координаты шара невозможно рассчитать ни на одном компьютере. Явление динамического хаоса и непредсказуемость событий могут полностью изменить наше мировоззрение и означает переход от научно-предсказуемой механической картины мира (вероятно-статистической гауссовой) к непредсказуемой хаотической.

Не количество элементов задает ценологические представления: *H*-зависимость, обязательная для ценозов физических, биологических, технических, информационных, социальных, как математическая модель третьей научной картины мира неприменима для множеств, где связи и взаимодействие между элементами-особями отсутствуют или корреляционно незначимы. Это песчинки пляжа, электродвигатели отрасли, бедняки разных стран. Например, заклепок в Эйфелевой башне – два с половиной миллиона, но это не ценоз, а венец первой механической научной картины мира.

При этом единодушие – плохая гарантия и никудышный критерий верности решений, отрицаемый законами общей и прикладной ценологии.

Литература

1. Кудрин Б.И., Седнев В.А., Воронов С.И. Семнадцать лекций по общей и прикладной ценологии: монография. 2-е изд., испр. и доп. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 227 с.
2. Кудрин Б.И. Неценологическая обыденность, или к чему мы идем? Общая и прикладная ценология. Вып. 52: «Ценологические исследования». 2-е изд., испр. и доп. М.: Технетика, 2014. 124 с.
3. Кудрин Б.И. Введение в технетику. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1991. 384 с.
4. Седнев В.А. Техноценологические методы построения и управления развитием многоуровневых систем: монография. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2008. 132 с.
5. Седнев В.А. Применение техноценологического подхода для обеспечения электроэнергетической безопасности территорий // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2016. Вып. 2 (66). 11 с. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 08.10.2017).



ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО. ОХРАНА ТРУДА

О НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ШТАТНУЮ ЭКИПИРОВКУ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ПРЯМОМУ ПРЕДНАЗНАЧЕНИЮ В ЗОНАХ ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТОВ

**В.О. Булатов, кандидат технических наук;
М.И. Комаров, кандидат экономических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы пригодности экипировки пожарно-спасательных подразделений для выполнения задач по прямому предназначению в зонах вооруженных конфликтов, проведен краткий анализ дополнительных поражающих факторов, сделан вывод о необходимости совершенствования экипировки для успешного выполнения задач по прямому предназначению в зонах вооруженных конфликтов.

Ключевые слова: гражданская оборона, экипировка пожарно-спасательных подразделений, операции периода военного времени, вооруженные конфликты

THE NECESSITY OF THE EQUIPMENT CHANGES IN FIRE-AND-RESCUE DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA FOR DIRECT USE OBJECTIVES IMPLEMENTATION IN ARMED CONFLICTS ZONES

V.O. Bulatov; M.I. Komarov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The questions of equipment suitability of fire-rescue units for performing objectives in armed conflicts zones are considered. Brief analysis of additional damaging factors is made. Conclusion is made about the need of improving of equipment for successful direct use objectives fulfillment in armed conflicts zones.

Keywords: civil defense, equipment of fire-fighting units, wartime operations, armed conflicts

Сотрудники МЧС России ведут непрерывную и напряженную борьбу со стихией и последствиями человеческой безответственности и преступности. Так, в 2016 г. [1] на территории Российской Федерации произошло 299 чрезвычайных ситуаций (ЧС), в том числе локальных – 184, муниципальных – 84, межмуниципальных – 12, региональных – 14, федеральных – 5. В результате ЧС погибло 788 чел., пострадало 130 959 чел., спасено 38 582 чел. За тот же период произошло порядка 139 700 пожаров, погибло 8 760 чел., а прямой материальный ущерб составил 14,3 млрд руб., было спасено 47 221 чел. и имущества на 55 млрд руб.

Как видно из приведенных цифр, в МЧС России накоплен огромный и достаточно успешный практический опыт ликвидации ЧС и пожаров мирного времени. Для

максимально эффективного решения поставленных задач была разработана соответствующая экипировка [2–5], как правило, не уступающая лучшим зарубежным аналогам, в необходимых случаях были закуплены лучшие зарубежные образцы, которые были тщательно изучены и, как правило, реализованы силами отечественной промышленности (рис. 1).



Рис. 1. Фотография современных российских пожарных во время спасения пострадавшего на пожаре [2]

Одними из важнейших задач, стоящих перед МЧС России, являются выполнение задач по прямому предназначению в зонах вооруженных конфликтов и гражданская оборона – в случае возникновения войны [6]. Обратимся к накопленному опыту. Великая Отечественная война (ВОВ), войны и конфликты более позднего периода свидетельствует о том, что в ходе ведения боевых действий «наши партнеры» стремятся нанести максимально возможный ущерб, для чего они, в том числе намеренно, уничтожают сотрудников пожарно-спасательных формирований и врачей при исполнении ими своих служебных обязанностей.

В годы ВОВ особенностью тактики советских пожарных являлось то, что они не прятались в укрытия во время авианалетов и зачастую находились в боевых порядках наступающих войск с целью спасения уничтожаемого захватчиками имущества [7].

О напряжении сил и средств могут свидетельствовать следующие факты [7]. Бомбардировки Москвы продолжались с перерывами около 10 месяцев. Всего немецко-фашистской авиацией было сброшено на город около 100 тыс. зажигательных и более 1 600 фугасных бомб, но все пожары и загорания были успешно ликвидированы населением и пожарными. В Ленинграде в течение долгих 900 блокадных дней и ночей они вели борьбу с пожарами, как правило, под артиллерийским обстрелом и бомбежками. Враг сбросил на Ленинград более 100 тыс. фугасных и зажигательных авиабомб, выпустил почти 150 тыс. тяжелых артиллерийских снарядов. На каждый квадратный километр города пришлось в среднем 16 фугасных, 320 зажигательных бомб, 480 снарядов. Борьба с огнем под обстрелом противника приводила к неминуемым жертвам среди «огнеборцев» – в блокадном Ленинграде погибло 2 000 пожарных – каждый пятый.

Изучение тактики применения авиации периода Второй мировой войны говорит о том, что немцы, англичане и американцы [8–11] широко применяли зажигательные бомбы, а также осколочно-фугасные бомбы с мгновенным или замедленным срабатыванием взрывателя

(до нескольких десятков минут) в сочетании с повторными налетами авиации. Наиболее «выдающихся» результатов на этом поприще достигли наши союзники по антигитлеровской и антияпонской коалиции, дважды применившие ядерное оружие и добившиеся в результате бомбардировки «огневого смерча» (сплошных пожаров) в г. Дрездене, приведшего к гибели, по разным оценкам, от 25 до 100 тыс. чел. и более, а также почти полному уничтожению города. Следует отметить, что город не имел особого военного значения, а бомбардировка имела целью, прежде всего, устрашение (рис. 2).



Рис. 2. Фото разрушенный в ходе авианалетов с 13 по 15 февраля 1945 г., г. Дрезден [11]

После окончания ВОВ и Второй мировой войны конфликты на планете практически не утихали. Среди множества прошедших войн и конфликтов можно особенно выделить, по количеству жертв и разрушений, войны в Корее (1950–1953 гг.), во Вьетнаме (1957–1975 гг.), в Ираке (1990 г., с 2003 г.), в Югославии (1999 г.), в Ливии (2011 г.), в Сирии (с 2011 г.), в Йемене (с 2014 г.) и т.д. Все они характеризуются широким применением средств воздушного нападения, баллистических и крылатых ракет, реактивной системы залпового огня (РСЗО) и артиллерии для уничтожения мирного населения, зданий и сооружений, объектов инфраструктуры (включая объекты энергетики) и культурного наследия.

Появились новые типы авиационных боеприпасов (например, кассетные бомбы, планирующие бомбы с высокоточными системами наведения и различными типами боевых частей, бетонобойные боеприпасы с боевыми частями типа «ударное ядро») и новые виды средств воздушного нападения (вертолеты, беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Используются также и типы боеприпасов, формально запрещенные международными конвенциями (например зажигательные боеприпасы с белым фосфором, которые обеспечивают также и химическое заражение). Широко применяются баллистические и крылатые ракеты, РСЗО, в том числе с боевыми частями кассетного и зажигательного типа (рис. 3).

Потери мирного населения в ходе этих войн исчисляются сотнями тысяч и даже миллионами. Все это происходит под традиционные лозунги борьбы за демократию и права человека. При этом, как и прежде, регулярно совершаются повторные налеты (удары) с расчетом на уничтожение прибывших на место пожарно-спасательных подразделений и сотрудников скорой медицинской помощи.



**Рис. 3. Срабатывание кассетного боеприпаса над жилыми кварталами.
Под сработавшим боеприпасом виден мощный пожар в здании**

Применяются также боеприпасы с замедлением времени срабатывания взрывателя и самоликвидаторами на случай отказа основного взрывателя, применяются боеприпасы дистанционного минирования местности и кассетные боеприпасы с боевыми элементами осколочного и кумулятивно-осколочного типа, применяются также высокоточные самоприцеливающиеся боевые элементы с боевой частью типа «ударное ядро». Боевые элементы кассетных боеприпасов имеют высокий процент отказов, а их самоликвидаторы срабатывают случайным образом в диапазоне времени от нескольких минут до нескольких суток, что серьезно осложняет проведение аварийно-спасательных работ (рис. 4).



**Рис. 4. Неразорвавшийся осколочный боевой элемент 9Н235 «Попрыгунья»
(96 осколков массой 4,5 г, 360 осколков массой 0,75 г), широко применяемый Вооруженными
силами Украины в кассетных снарядах РСЗО «Смерч» и «Ураган» на Востоке Украины**

Ярким примером целенаправленного уничтожения мирного населения и объектов инфраструктуры являются события на Востоке Украины, которые позволяют утверждать, что казавшиеся далекими хаос и разрушения уже стоят у наших границ и могут привести к еще более масштабной гуманитарной катастрофе (рис. 5).



Рис. 5. Фото частично разрушенного и сгоревшего панельного девятиэтажного дома, г. Донецк [12]

Для понимания масштабов происходящего на планете можно отметить тот факт, что, например, в относительно мирном 2016 г. США сбросили 26 171 бомб в семи странах мира [13]. Из них 12 192 бомб США сбросили в Сирии, 12 095 – в Ираке, 1 337 – в Афганистане, 496 – в Ливии, 34 – в Йемене, 12 – в Сомали и три – в Пакистане. Таким образом, целые страны, в которых были хоть и достаточно жесткие, но светские политические режимы, погружаются в хаос и Средневековье с элементами религиозного экстремизма (рис. 6).



Рис. 6. г. Багдад 2007 г., оккупированный Ирак [14]. Вид в прицел вертолета «Апач». Через несколько секунд вертолетчик Военно-воздушных сил США расстрелял прибывших спасателей и их микроавтобус из 30-мм пушки. За несколько минут до этого он расстрелял группу гражданских лиц, включая ребенка. Вся их вина состояла в фотоаппарате в руках фотографа Reuters Намира Нур-эд-Дина (Namir Noor-Eldeen). В случае с беспилотниками такая «охота» превращается в «компьютерную стрельбку» для оператора БПЛА, находящегося, зачастую, за тысячи километров в центре управления

Анализ защитных свойств штатной экипировки пожарных и спасательных подразделений показывает, что они обеспечивают защиту, в основном, от поражающих факторов пожара, а именно, от высокой температуры, теплового потока, продуктов горения и недостатка кислорода. Защиту от поражающих факторов современных боеприпасов, прежде всего, таких как осколочное и фугасное действие, экипировка пожарного-спасателя не обеспечивает.

По сути, произошло следующее – средства поражения непрерывно развивались более 70 лет после окончания Второй мировой войны, а средства защиты сотрудников пожарно-спасательных подразделений и экстренных медицинских служб от поражающих факторов боеприпасов не совершенствовались, и это общемировая проблема, которая иногда частично решается приспособлением стандартных «армейских» и «полицейских» средств защиты, не всегда совместимых с пожарно-спасательным оборудованием и затрудняющих выполнение поставленных задач (рис. 7).



Рис. 7. Врачи во время проведения хирургической операции используют стандартные шлемы и бронежилеты

Министерство обороны Российской Федерации, ФСБ и МВД России и отечественный военно-промышленный комплекс накопили колоссальный опыт разработки и применения различных средств защиты в ходе боевых действий, полицейских и контртеррористических операций (рис. 8).



Рис. 8. Фото осмотра сапером Вооруженных сил Российской Федерации разрушенных зданий в Сирийской Арабской Республике [15]

Отечественные производители средств защиты не останавливаются на достигнутом и непрерывно ведут работы по совершенствованию своей продукции с учетом накопленного опыта боевой эксплуатации. Они предлагают свои новые разработки для внедрения с целью снижения наших потерь. Интересной разработкой для применения пожарно-спасательными формированиями может явиться, например, взрывозащитный комплект «БУЧА» [16] (рис. 9), обеспечивающий защиту от поражающих факторов взрыва – фугасного, осколочного и термического воздействия.



Рис. 9. Взрывозащитный комплект «БУЧА» [16]

По заявлениям разработчиков, комплект обладает повышенной эргономичностью и обитаемостью, его конструкция позволяет снизить перегрев, нагрузку на позвоночник и оперативно менять уровень и площадь защиты применительно к конкретным условиям выполнения задач за счет модульного исполнения отдельных деталей и применения унифицированных защитных элементов различных классов и обеспечивает, в том числе, защиту суставов. Ценным свойством комплекта может явиться возможность амортизации энергии удара при падении или завале. К недостаткам следует отнести его значительную массу (до 19 кг), что делает актуальным проведение исследований по созданию специализированного защитного комплекта для пожарно-спасательных формирований, возможно, с элементами так называемого «экзоскелета».

Другим перспективным направлением развития средств защиты является разработанная Центральным научно-исследовательским институтом точного машиностроения боевая экипировка – «Ратник» [17], которая объединяет в себе современное стрелковое вооружение и эффективные комплекты защиты.

Разработка экипировки началась еще в 2000-х гг. конструктором Владимиром Лепиным, за основу комплекса был взят комплект «Бармица», но с некоторыми усовершенствованиями. Противоосколочный бронешлем весом всего 1 кг гарантирует тот же уровень защиты, что и зарубежные аналоги массой не менее 1,3 кг. Регулируемое подтулейное устройство помогает подогнать шлем по размеру головы и обеспечивает дополнительную амортизацию при ударах и попадании осколков. Удобный и достаточно

легкий бронежилет со встроенной системой быстрого сброса надевается и снимается очень легко, а для того чтобы разэкипировать раненного бойца, надо просто дернуть чеку (ранее приходилось снимать жилет через голову или разрезать ремни).

Бронежилеты из комплекта «Ратник» оснащены керамико-композитными бронепанелями из слоя керамической плитки и композитной подложки. Керамика отличается очень высокой твердостью при относительно небольшой массе. Керамический внешний слой эффективно разрушает пулю, а армированная композитная подложка удерживает ее осколки и осколки керамики. В стандартной комплектации бронежилет «Ратника» весит чуть больше 7 кг, что значительно меньше массы его предшественника.

Существует еще и штурмовая комплектация бронежилета, в которой уровень защиты увеличен до максимального (шестого) класса, обеспечивается противопопульная защита боковых зон и паховой области. В этом случае масса бронежилета достигает 15 кг. Комбинезон выдерживает открытое пламя до 15 с. Новый защитный комплект для экипажей боевых бронированных машин (ББМ), в котором есть огнестойкие перчатки, противоударные накладки на колени и локти. Эксперты уверены, что «массовое поступление такой экипировки в войска радикально повышает шансы на выживание экипажей боевых машин в ходе военных действий» (рис. 10).



Рис. 10. Комплект экипировки для танкистов и экипажей ББМ [17]

Суровая реальность бесконечно далека от представлений о рыцарских поединках. То, что происходит на планете, зачастую нельзя трактовать иначе, как «военные преступления» и «целенаправленный геноцид». Прогноз участия пожарно-спасательных подразделений в операциях периода военного времени [18] по их основному назначению показывает, что убыль личного состава формирований от безвозвратных и возвратных потерь будет очень трудно восполнить, так как подготовка спасателя даже минимального уровня «Спасатель Российской Федерации» «с нуля» занимает 2,5 месяца. Таким образом, выполнение задач пожарно-спасательными подразделениями в зонах вооруженных конфликтов (включая задачи гражданской обороны) может оказаться под угрозой срыва из-за нарастающего некомплекта личного состава в связи с мероприятиями противника по его систематическому уничтожению. Таким образом, можно сделать вывод о необходимости обеспечения средствами защиты от поражающих факторов современных боеприпасов пожарно-спасательных подразделений МЧС России для решения задач по их прямому предназначению в зонах вооруженных конфликтов.

Литература

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2016 году: гос. доклад // МЧС России. URL: http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/MUUuMnux6f.pdf (дата обращения: 10.10.2017).
2. МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 03.10.2017).
3. Справочник пожарного-спасателя. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2012. 356 с.
4. Технические средства добровольных пожарных формирований: учеб.-справ. пособие / А.И. Преснов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 456 с.
5. Подготовка добровольных пожарных формирований: учеб.-метод. пособие / А.М. Лабардин [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 436 с.
6. Гражданская оборона: учеб. / под. общ. ред. В.А. Пучкова. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 378 с.
7. Воробьев Ю. Пожарная охрана в годы Великой Отечественной войны: доклад. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/interview/item/3872684> (дата обращения: 03.10.2017).
8. Авиация Великобритании во Второй мировой войне. Бомбардировщики. Ч. 1, 2, 3. М.: Техинформ, 1997.
9. Дональд Д. Американские военные самолеты Второй мировой войны. М.: Астрель, АСТ, 2002. 255 с.
10. Павелек М. Люфтваффе 1933–1945. Ростов н/Д: Феникс, 2012. 189 с.
11. Уничтожение Дрездена, 1945 год. URL: <https://topwar.ru/8378-unichtozhenie-drezdena-1945-god.html> (дата обращения: 03.12.2017).
12. «Вот так молодежь поздравили»: ВСУ обстреляли из гранатометов и БМП жителей Донецка, праздновавших свадьбу». URL: <https://inforeactor.ru/102731-vot-tak-molodezh-pozdravili-vsuo-obstrelyali-iz-granatometov-i-bmp-zhitelei-donecka-prazdnovavshikh-svadb> (дата обращения: 03.12.2017).
13. В 2016 году США сбросили более 26 тысяч бомб в семи странах мира. URL: <https://aftershock.news/?q=node/510600> (дата обращения: 03.12.2017).
14. «Пушки Apache против фотокамер корреспондентов Reuters. Обнародована запись расстрела американскими боевыми вертолетами мирных иракцев». URL: http://www.compromat.ru/page_29053.htm (дата обращения: 03.12.2017).
15. Официальный сайт МО России. URL: <http://мультимедиа.минобороны.рф/multimedia/photo/gallery.htm?id=35384@cmsPhotoGallery> (дата обращения: 03.12.2017).
16. Официальный сайт НПО Специальных материалов. URL: http://www.npo-sm.ru/individualnaya_bronezashita/vzryvozashitnyj_komplekt_bucha/ (дата обращения: 03.12.2017).
17. Ратник (экипировка) – подробный обзор. URL: <https://forma-odezhda.ru/encyclopedia/ratnik-ekipirovka/> (дата обращения: 03.12.2017).
18. Булатов В.О. О пригодности экипировки пожарно-спасательных формирований к участию в операциях периода военного времени // Комплексная безопасность и физическая защита: XIII Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2017.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрюшкин Александр Юрьевич – зав. каф. «Технология конструкц. материалов и пр-ва ракетно-космич. техн.» Балт. гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21), канд. техн. наук, доц.;

Булатов Вячеслав Олегович – доц. каф. практич. подгот. сотр. пож.-спасат. формирований СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Виноградов Владимир Николаевич – инж. отд. планир., орг. и коорд. науч. исслед. центра СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Войтенко Олег Викторович – нач. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Воронин Сергей Владимирович – ст. инспектор группы контроля кач-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Данилевич Андрей Васильевич – нач. отд. практ. обуч. ин-та проф. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: andrej-d@mail.ru;

Дорохова Олеся Валерьевна – ст. препод. каф. гос. надзора Воронежского ин-та – филиала Ивановской акад. ГПС МЧС России (394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231);

Дмитриев Алексей Иванович – магистрант СПб гос. эконом. ун-та (191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д. 21);

Елисеев Игорь Борисович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: eliseeff.gosha2014@yandex.ru;

Захматов Владимир Дмитриевич – ст. науч. сотр. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zet.pulse@gmail.com, д-р техн. наук, проф.;

Каверзнева Татьяна Тимофеевна – доц. Высш. шк. техносфер. безопасн. СПб политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, Гидрокорпус), канд. техн. наук, доц.;

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

Клейменов Андрей Владимирович – нач. упр. науч.-техн. развития Департамента развития нефтепереработки и нефтехимии, Дирекция нефтепереработки ПАО «Газпром нефть» (190000, Санкт-Петербург, ул. Почтамтская, д. 3–5), e-mail: 430279@mail.ru, д-р техн. наук;

Комаров Максим Ильич – доц. каф. практ. подгот. сотр. пож.-спасат. формирований СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук;

Комашинский Владимир Ильич – зам. дир-ра по науч. работе Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: kama54@rambler.ru, д-р техн. наук, доц.;

Кудрин Борис Иванович – проф. каф. «Электроснабжение промышленных предприятий» Моск. энергет. ин-та (111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 1), зам. гл. ред. журнала «Промышленная энергетика», рук-ль секции «Философия техники и общей ценологии» Рос. философского общества, e-mail: coenose@rambler.ru, д-р техн. наук, проф.;

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.;

Кузьмина Татьяна Анатольевна – науч. сотр. отд. расчет. методов и информ. технол. в экспертизе пожаров Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), тел. (812) 441-07-46 (доб. 6135), e-mail: kuzmina@spbugps.ru, канд. пед. наук;

Куслин Илья Алексеевич – магистрант СПб гос. эконом. ун-та (191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д. 21);

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.;

Лопухова Нина Вячеславовна – соискатель Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4) тел. (495) 617-26-59, e-mail: teterina.agps@yandex.ru;

Нефедьев Сергей Аркадьевич – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Пермяков Алексей Александрович – ИО зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: jouker2005@yandex.ru, канд. пед. наук;

Печурин Александр Алексеевич – доц. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: past-ax@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Преснов Алексей Иванович – доц. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: spbidro@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

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

Пугачёв Станислав Александрович – аспирант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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

Родионов Владимир Алексеевич – проф. каф. горноспасат. дела и взрывобезопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: romanov_n.n@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Савчук Олег Николаевич – проф. каф. сервиса безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: savchuk.o@igps.ru, канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почетный проф. ун-та;

Сай Василий Валерьевич – нач. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sai1982@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

Седнев Владимир Анатольевич – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. школы РФ, почетный работник науки и техн. РФ, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. науки и техники, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. образования РФ;

Сорокин Алексей Юрьевич – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: aleksey.sorokin.1987@list.ru;

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

Сметанкина Галина Иульевна – доц. каф. гражд. ГО и УЧС Воронежского ин-та – филиала Ивановской акад. ГПС МЧС России (394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231), канд. техн. наук, доц.;

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149); зав. лаб. проблем безопасн. транспортных систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: t_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Тарима Сергей Васильевич – препод. каф. психол. и пед. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: elpromir_82@mail.ru;

Троянов Олег Михайлович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д.149), тел. (812) 369-25-85, канд. воен. наук, доц.;

Турсенев Сергей Александрович – нач. отд. планирования, орг. и координации науч. исслед. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д.149), канд. техн. наук;

Чубарев Карп Сергеевич – проф. каф. сервиса техн. систем СПб гос. эконом. ун-та (191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д. 21), канд. воен. наук., проф.;

Шарапов Сергей Владимирович – нач. Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: sharapov@igps.ru, д-р техн. наук, проф.



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

Сегодня Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в мировое научно-образовательное пространство. Университет по очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий формам обучения осуществляет обучение по программам среднего, высшего профессионального образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России. В целом в университете – 91 направление образовательных программ.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы Чижиков Эдуард Николаевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность», вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, высшей математики, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, бюджетного учета и аудита в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. Инновационными программами подготовки стало 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 специальностям «Горное дело» и «Технологическая безопасность и горноспасательное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают 1 член-корреспондент РАН, 5 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 13 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой

квалификации в настоящее время в университете осуществляют 4 лауреата Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, 42 доктора наук, 228 кандидатов наук, 63 профессора, 155 доцентов, 20 академиков отраслевых академий, 11 членов-корреспондентов отраслевых академий, 6 старших научных сотрудников, 8 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации и 2 почетных работника общего образования Российской Федерации.

В состав университета входят:

- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт культуры;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета;
- три факультета: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Петрозаводск, Стрежевой (Томская область), Хабаровск, Сыктывкар, Бургас (Республика Болгария), Алматы (Республика Казахстан), Бар (Республика Черногория), Баку (Азербайджан), Ниш (Сербия), Севастополь, Пятигорск.

В университете по 31 направлению подготовки обучается более 8 000 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 550 специалистов.

В университете действует один диссертационный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим наукам.

В целях совершенствования научной деятельности в университете создано 12 научно-исследовательских лабораторий.

Ежегодно в университете проводятся международные научно-практические конференции, семинары и «круглые столы» по широкому спектру теоретических и научно-прикладных проблем, в том числе по развитию системы предупреждения, ликвидации и снижения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, совершенствованию организации взаимодействия различных административных структур в условиях экстремальных ситуаций и др.

Среди них: Всероссийская научно-практическая конференция «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международная научно-практическая конференция «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций», Форум МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность», Всероссийская научно-практическая конференция «Арктика – территория безопасности. Развитие системы обеспечения комплексной безопасности Арктической зоны Российской Федерации».

На базе университета совместные научные конференции и совещания проводили Правительство Ленинградской области, Федеральная служба Российской Федерации по контролю оборота наркотических средств и психотропных веществ, Научно-технический совет МЧС России, Северо-Западный региональный центр МЧС России, Международная ассоциация пожарных и спасательных служб (CTIF), Законодательное собрание Ленинградской области.

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами. Традиционно большим интересом пользуется стенд университета на ежегодном Международном салоне «Комплексная безопасность», Международном форуме «Охрана и безопасность» SFITEX.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России на протяжении нескольких лет сотрудничает с Государственным Эрмитажем в области инновационных проектов по пожарной безопасности объектов культурного наследия.

При обучении специалистов в вузе широко используется передовой отечественный и зарубежный опыт. Университет поддерживает тесные связи с образовательными, научно-исследовательскими учреждениями и структурными подразделениями пожарно-спасательного профиля Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Великобритании, Германии, Казахстана, Канады, Китая, Кореи, Сербии, Черногории, Словакии, США, Украины, Финляндии, Франции, Эстонии и других государств.

Вуз является членом Международной ассоциации пожарных и спасательных служб (СТИФ), объединяющей более 50 стран мира.

В рамках международной деятельности университет активно сотрудничает с международными организациями в области обеспечения безопасности.

В сотрудничестве с Международной организацией гражданской обороны (МОГО) Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России были организованы и проведены семинары для иностранных специалистов (из Молдовы, Нигерии, Армении, Судана, Иордании, Бахрейна, Азербайджана, Монголии и других стран) по экспертизе пожаров и по обеспечению безопасности на нефтяных объектах, по проектированию систем пожаротушения. Кроме того, сотрудники университета принимали участие в конференциях и семинарах, проводимых МОГО на территории других стран. В настоящее время разработаны пять программ по техносферной безопасности на английском языке для представителей Международной организации гражданской обороны.

Одним из ключевых направлений работы университета является участие в научном проекте Совета государств Балтийского моря (СГБМ). Университет принимал участие в проекте 14.3, а именно в направлении С – «Макрорегиональные сценарии рисков, анализ опасностей и пробелов в законодательстве» в качестве полноценного партнера. В настоящее время идет работа по созданию нового совместного проекта в рамках СГБМ.

Большая работа ведется по привлечению к обучению иностранных граждан. Открыты представительства в пяти иностранных государствах (Болгария, Черногория, Казахстан, Азербайджан, Сербия).

В настоящее время в университете обучаются более 200 граждан из 8 иностранных государств.

Заключены соглашения о сотрудничестве более чем с 20 иностранными учебными заведениями, в том числе Высшей технической школой профессионального обучения г. Нови Сад и университетом г. Ниш (Сербия), Академией пожарной охраны г. Гамбурга (ФРГ), Колледжем пожарно-спасательной службы г. Куопио (Финляндия), Кокшетауским техническим институтом МЧС Республики Казахстан и многими другими. Организовано обучение представителей университета в Гарвардском университете по программам подготовки руководителей в области безопасности.

В университете на основании межправительственных соглашений проводится обучение сотрудников МЧС Кыргызской Республики и Республики Казахстан.

За годы существования университет подготовил более 1000 специалистов для пожарной охраны Афганистана, Болгарии, Венгрии, Вьетнама, Гвинеи-Бисау, Кореи, Кубы, Монголии, Йемена и других зарубежных стран.

Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Издается ежемесячный информационно-аналитический сборник Центра международной деятельности и информационной политики, аналитические обзоры по пожарно-спасательной тематике. Переведен на английский язык и постоянно обновляется сайт университета.

Компьютерный парк университета составляет более 1400 единиц, объединенных в локальную сеть. Компьютерные классы позволяют курсантам работать в международной компьютерной сети Интернет. С помощью сети Интернет обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса. Необходимая нормативно-правовая информация находится в базе данных компьютерных классов, обеспеченных полной версией программ «КонсультантПлюс», «Гарант», «Законодательство России», «Пожарная безопасность». Для информационного обеспечения образовательной деятельности в университете функционирует единая локальная сеть.

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

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонд библиотеки университета составляет более 359 тыс. экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». 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 Электронную библиотеку оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: учебные центры, а также Дальневосточный филиал и библиотека учебно-спасательного центра «Вытегра». Имеется доступ к крупнейшим библиотекам нашей страны и мира (Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина, Российская национальная библиотека, Российская государственная библиотека, Библиотека академии наук, Библиотека Конгресса). Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде.

В фонде библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2017 г., в соответствии с требованиями ГОС, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. Также выписываются 3 иностранных журнала.

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 план издательской деятельности Министерства. Университет издает 7 научных журналов, публикуются материалы ряда Международных и Всероссийских научных конференций, 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. 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 должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Все слушатели и курсанты университета проходят обучение по программам первоначальной подготовки спасателей и пожарных. Обучение проходит на базе Учебно-спасательного центра «Вытегра» – филиала Северо-Западного регионального ПСО МЧС России; Центра подготовки спасателей Байкальского поисково-спасательного отряда МЧС России, расположенного в населенном пункте Никола вблизи озера Байкал; 40-го Российского центра подготовки спасателей; 179-го Спасательного центра в г. Ногинске; Центра подготовки спасателей «Красная Поляна» Южного регионального ПСО МЧС России.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. был создан Центр по обучению кадетов.

Основные цели деятельности центра – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие 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.

Центр осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учётом дополнительных образовательных программ.

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

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

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

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете институте культуры. Учащиеся университета принимают активное участие в играх КВН среди команд структурных подразделений МЧС России, ежегодных профессионально-творческих конкурсах «Мисс МЧС России», «Лучший клуб», «Лучший музей», конкурсе музыкального творчества пожарных и спасателей «Мелодии Чутких Сердец».

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



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ»

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Оформление текста:

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

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

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

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

4. Оформление формул в тексте:

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

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

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

5. Оформление рисунков и таблиц:

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

- б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);
- в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;
- г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;
- д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

- а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;
- б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Приставочные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

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

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

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

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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

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

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

Научно-аналитический журнал

Проблемы управления рисками в техносфере
№ 1 (45) – 2018

Подписной индекс № 16401 в «Каталоге российской прессы (ООО МАП)»

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.

Редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 30.03.2018. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. л. 19,0 Тираж 1000 экз. Зак. № 00

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