

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТЕХНОСФЕРЕ**
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT
№ 2 (54) – 2020

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 **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз 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, профессор **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Секретарь совета:

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

Редакционная коллегия

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

Заместитель председателя – кандидат технических наук майор внутренней службы **Турсенев Сергей Александрович**, заместитель начальника центра – начальник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности 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 по учебной работе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент **Пелех Михаил Теодозиевич**, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств 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 экономики 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

Ударцева О.В. Анализ условий и причин возникновения аварийных ситуаций на нефтегазовых предприятиях	6
Николаев Д.В., Вострых А.В., Проценко Т.В. Оценка специализированных программ расчета безопасности потенциально опасных объектов	11
Монашков В.В., Ключ В.В. Устройство заземления в Арктическом регионе	17
Мартынович В.Л., Хайруллина Л.Б. Эффективность защитных экранов на объектах производства сжиженного природного газа	24
Ляшук А.Н., Чашин Е.А., Завьялов С.А. Система связи с мобильными подразделениями аварийно-спасательных служб МЧС России в районах Крайнего Севера	28
Рева Ю.В. Технология изготовления и способ сборки электрических машин открытого исполнения на средствах водного транспорта	36
Астанков А.М., Некрасов И.Н., Вагин А.В. Система комплексного мониторинга технического состояния специальных объектов	40
Седнев В.А., Копнышев С.Л., Седнев А.В., Онов В.А. Технология взрывной утилизации бочкотары и вышедшей из строя техники для решения экологических проблем труднодоступных районов Крайнего Севера	46

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Белов А.С., Кулек Н.В. Анализ современных аппаратов защиты от аварийных режимов работы электрических сетей, возможные перспективные направления их развития	53
Лабинский А.Ю. Оценка тепловой эффективности теплообменных аппаратов с помощью нечеткой логики	56
Юнцова О.С., Дорошенко С.А. Проблемы нормативного регулирования контрольно-надзорной деятельности в области огнезащитной обработки и производства огнезащитных материалов	60
Савенкова А.Е., Кондрашин А.В., Завьялов Д.Е. Многокритериальный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты	63
Богущий С.Ю., Шидловский Г.Л., Иванов А.Н. Проблемы проектирования и экспертной оценки установок газового пожаротушения, связанные с негерметичностью защищаемых помещений	68

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

Савчук О.Н., Громов В.Н. Проблемы и пути обеспечения пожарной и экологической безопасности при перевозке железнодорожным транспортом нефтепродуктов	74
Медведева Л.В. Формирование экологического сознания человека как стратегическая задача образования в условиях глобальных рисков	82
Вилков В.Б., Черных А.К., Горшкова Е.Е. Прогнозирование числа пострадавших при пожаре в результате чрезвычайной ситуации	86
Назаров А.А., Мартинович Н.В., Мельник А.А. Определение комплексного показателя защищенности на основе исследования системы защиты населения и территории от техногенных рисков	94

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Филановский А.М., Бесков М.С., Иванов Р.Ю. Обзор пожарной техники для проведения аварийно-спасательных работ на высоте	104
Гутовский А.В., Морозов А.Ю., Турсенев С.А. Анализ формы средства защиты людей от лесного пожара	108

Сысоева Т.П., Кухарев А.А., Калач А.В. Комплексная методика исследования металлов и сплавов с целью установления условий и причин пожаров на маломерных судах 116

Сведения об авторах 126

Информационная справка. 129

Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере». 134

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 УСЛОВИЙ И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

**О.В. Ударцева, доктор технических наук, профессор.
Тюменский индустриальный университет**

Рассмотрено техническое решение, направленное на снижение вероятности наступления аварийной ситуации в резервуарном нефтяном парке. Рассмотрены причины возникновения аварий на объектах данного типа с последующей оценкой риска по наиболее вероятному сценарию. Предложено техническое решение, направленное на передачу сигнала при повышении давления в системе.

Ключевые слова: аварийная ситуация, взрыв, резервуарный парк, взрывопожароопасные вещества

ANALYSIS OF CONDITIONS AND CAUSES OF EMERGENCIES AT OIL AND GAS ENTERPRISES

O.V. Udartseva. Tyumen industrial university

This article discusses a technical solution aimed at reducing the probability of an emergency in a tank oil Park. The causes of accidents at this type of facility are considered, followed by a risk assessment based on the most likely scenario. A technical solution aimed at transmitting a signal when the pressure in the system increases is proposed.

Keywords: emergency, explosion, tank farm fire, explosion hazardous substances

Технологические процессы нефтегазовых предприятий характеризуются большим количеством обращающихся взрывоопасных веществ, представляющих высокую потенциальную опасность. Особое место в функционировании предприятий данного вида занимает процесс хранения продуктов в резервуарных парках. Горючие газы (ГГ), сжиженные углеводороды (СУГ), легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) и горючие жидкости (ГЖ) при смешении с кислородом могут образовывать газопаровоздушные смеси во взрывоопасной концентрации, способные детонировать.

Цель исследования – провести оценку вероятности наступления аварийных событий, связанных в разгерметизацией резервуаров хранения нефти.

Основные причины возникновения аварийных ситуаций на предприятии можно условно объединить в следующие взаимосвязанные группы, характеризующиеся [1]:

- свойствами обращающихся в процессе веществ;
- особенностями технологического процесса, наличием источников зажигания, источников давления выше расчетного давления аппаратов;
- отказами (неполадками) оборудования;
- ошибочными действиями персонала.

К техническим причинам нарушения технологического процесса относятся:

- прекращение подачи энергоресурсов (электроэнергии, пара, воды, воздуха и т.п.);
- коррозия и эрозия оборудования и трубопроводов;
- физический износ, механическое повреждение или воздействие на штуцеры оборудования нагрузки от температурного удлинения трубопроводов;
- образование локальных трещин сварного шва в местах приварки штуцера к корпусу аппарата.

Следствием нарушения технологического процесса является, как правило, разгерметизация оборудования. Перечень основных возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварии, свидетельствует о возможности развития ситуации на насосном оборудовании, в системе технологических трубопроводов, в емкостном оборудовании, в теплообменном оборудовании. В рамках данного исследования рассмотрена вероятность развития аварийной ситуации при разгерметизации одного из объектов хранения нефти как наиболее опасного.

Типовой сценарий возможного развития аварии, связанный с разгерметизацией резервуаров, насоса, емкостного оборудования и т.д., представлен на рис. 1 (табл. 1).

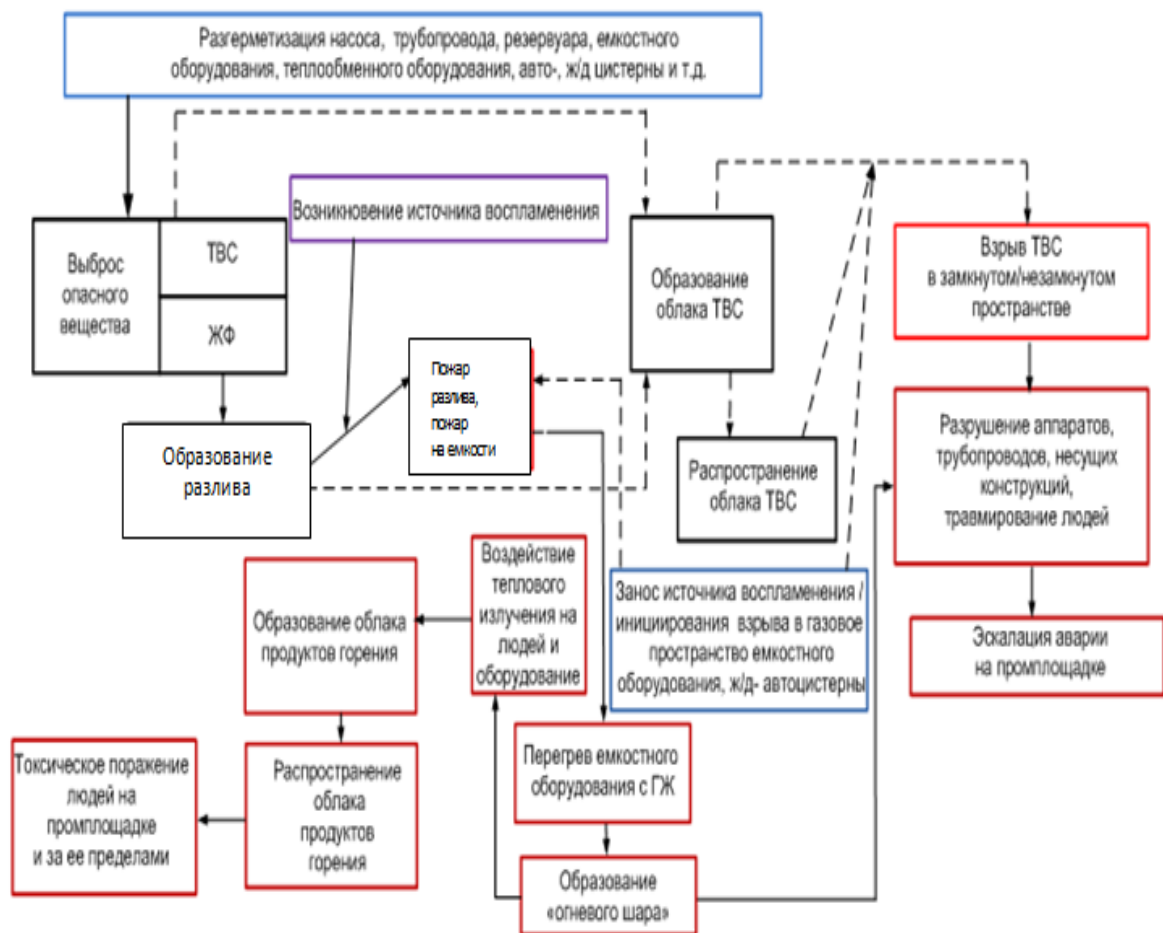


Рис. 1. Типовой сценарий возможного развития аварийной ситуации, связанный с нарушением технологического процесса при использовании взрывопожароопасных веществ:
ТВС – топливно-воздушная смесь; ЖФ – жидкая фаза

Выбор описанного сценария обоснован тем, что расположение данных резервуаров условно находится в непосредственной близости к зданиям с постоянным пребыванием людей, а также по причине того, что взрыв является наиболее опасным фактором аварий.

Таблица 1. Описание алгоритма развития события при разгерметизации

№ сценария	Описание сценария
Б-2 (1) 2.4.	Разгерметизация одного из резервуаров с дизельным топливом Р-1 – Р-4 → разлив дизельного топлива в обваловании → образование зеркала разлива → испарение с площади разлива и образование облака ТВС → возникновение источника инициирования взрыва → взрыв облака ТВС → барическое воздействие на людей, оборудование, здания и сооружения

Количество опасного вещества, участвующего в создании поражающих факторов при аварийной ситуации, связанной с разгерметизацией оборудования, представлено в табл. 2.

Таблица 2. Данные о количестве опасного вещества

№ сценария	Результат развития аварии	Основной поражающий фактор	Количество опасного вещества, т	
			участвующего в аварии	участвующего в создании поражающих факторов
Б-2(1). 2.4	Взрыв ТВС	Избыточное давление	509,6	1,430

Для оценки вероятности развития аварийной ситуации проведен расчет технического риска. При расчете технического риска использованы известные статистические данные частот разгерметизации типизированного оборудования [2].

В табл. 3 представлены частоты разгерметизации сосудов под давлением.

Таблица 3. Статистические данные частот разгерметизации типового оборудования

Тип оборудования	Частота разгерметизации, год ⁻¹	
	полное разрушение, мгновенный выброс	продолжительный выброс, через отверстие диаметром 10 мм
Технологические аппараты (ректификационные колонны, конденсаторы и фильтры)	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Насосы без дополнительного оборудования	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$

После определения частот инициирующих событий проведено построение сценариев развития аварий, отражающих технологические особенности рассматриваемого объекта, связанных в первую очередь с возможными режимами взрывного превращения образовавшейся в результате разгерметизации оборудования взрывоопасной среды [3, 4].

Расчет вероятностей реализации принятых сценариев проводился с помощью деревьев событий, представленных на рис. 2, 3.

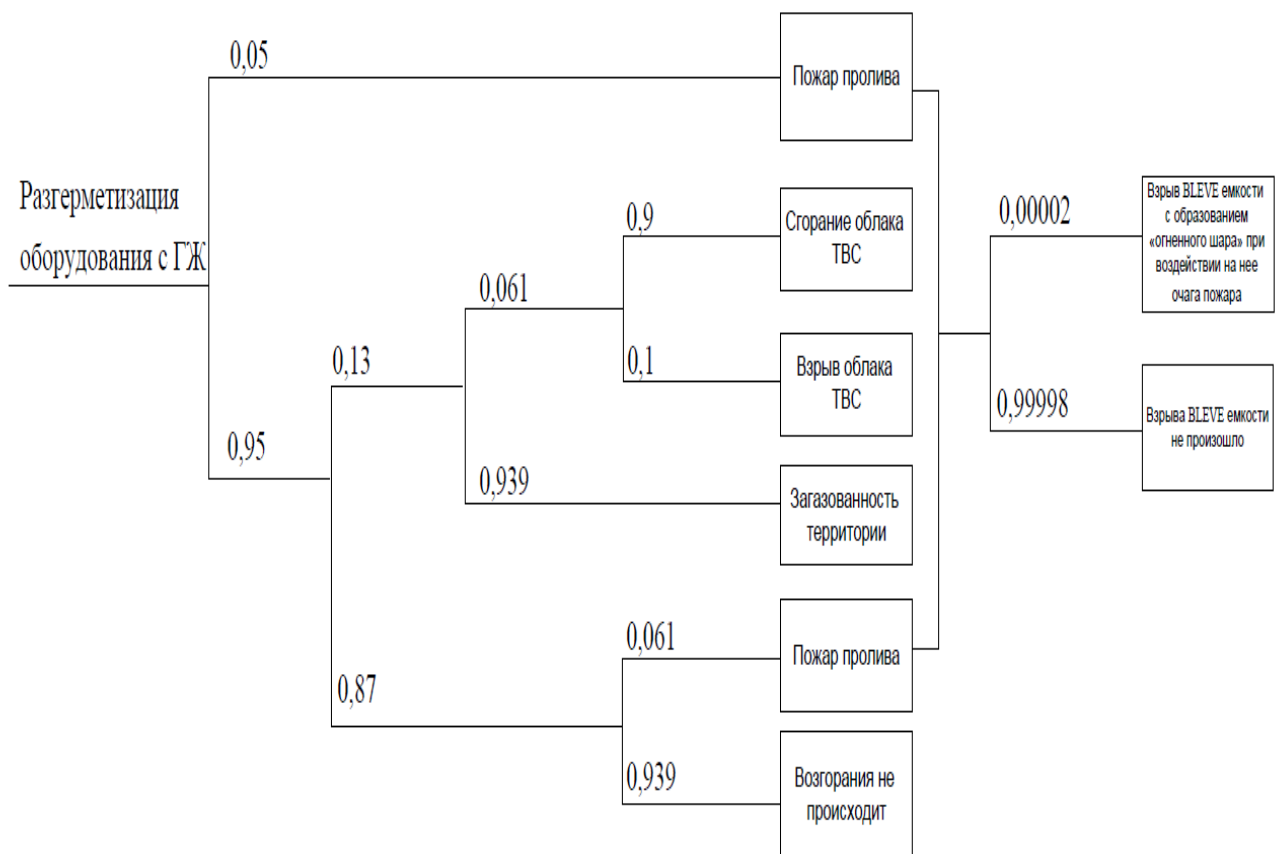


Рис. 2. «Дерево событий» при разгерметизации оборудования с ГЖ, расположенного на открытой площадке

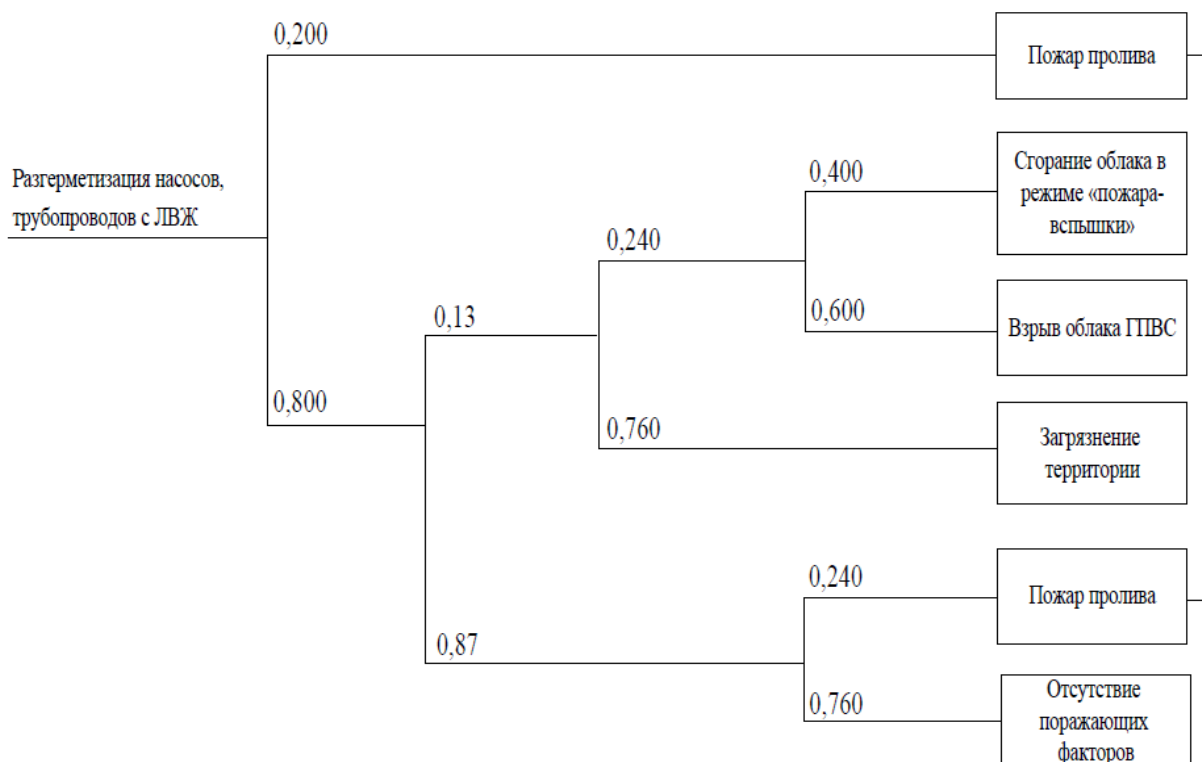


Рис. 3. «Дерево событий» при возникновении аварий, связанных с авариями на трубопроводах, насосном оборудовании: ГПВС – газопаровоздушная смесь

Технический риск как частота отказа оборудования с последствиями определенного уровня за определенный период функционирования опасного производственного объекта рассчитан по формуле:

$$RT = \lambda_j \cdot f_i,$$

где λ_j – интенсивность аварии на j участке технологического процесса, год⁻¹; f_i – вероятность возможных последствий i сценария аварии.

$$RT = 5 \cdot 10^{-5} (0,95 \cdot 0,13 \cdot 0,061 \cdot 0,1 \cdot 0,99998) = 3,8 \cdot 10^{-9}.$$

Результаты расчетов предоставлены в табл. 4.

Таблица 4. Частота реализации сценариев аварий

Шифр сценария	Последствия	Основной поражающий фактор	Частота (вероятность), 1/год
Б-2(1). 2.4.	Взрыв ТВС	Избыточное давление	$3,8 \cdot 10^{-9}$

Вероятность реализации сценария на интервале 1 год – $3,8 \cdot 10^{-9}$.

В связи с тем, что предприятие по хранению нефти находится в промышленной зоне с постоянным пребыванием людей, проведен расчет индивидуального риска.

Оценка индивидуального риска для наиболее опасного сценария производилась по формуле:

$$RI = Q(C_i) \cdot P(C_i),$$

где $Q(C_i)$ – условная вероятность смертельного поражения человека в случае реализации C_i сценария аварии с возгоранием газов; $P(C_i)$ – вероятность реализации в течение года C_i сценария аварии:

$$RI = 0,6 \cdot 3,8 \cdot 10^{-9} = 2,28 \cdot 10^{-9}.$$

Риск гибели персонала находится на предельно допустимом уровне.

Но вместе с тем возникает необходимость принятия мер по предупреждению аварийных ситуаций на объектах хранения нефтепродуктов.

В качестве технического решения по исключению разгерметизации оборудования и предупреждения аварийных выбросов опасных веществ предлагается использовать датчик контроля повышения давления выше допустимого регламентом значения. В настоящее время широкое применение получили малогабаритные интеллектуальные датчики давления СДВ «Standard» (рис. 4). Отличительной особенностью таких датчиков является использование современной микропроцессорной электроники, которая обеспечивает их высокую надежность.

В случае отказа предохранительных клапанов работа датчика обеспечит снижение вероятности возникновения аварии, благодаря передаче сигнала «Авария».

Алгоритм работы датчика давления заключается в следующем:

- отказ стального пружинного предохранительного клапана;
- повышение давления в системе;
- датчик СДВ «Standard» под воздействием избыточного давления преобразует сопротивление деформации тензорезистора в электрический сигнал;
- сигнал от датчика избыточного давления поступает на щит управления ДС-050, где загорается индикатор «Авария».

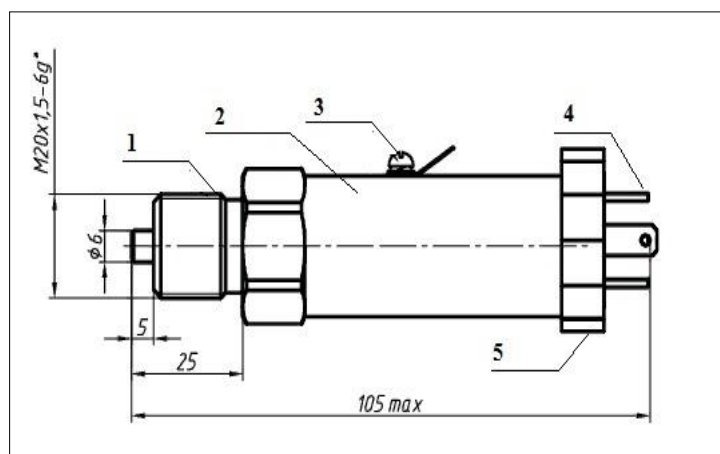


Рис. 4. Схема устройства датчика СДВ «Standard»:
1 – штуцер; 2 – первичный преобразователь; 3 – винт заземления;
4 – соединитель; 5 – электронный блок обработки сигналов

Преимуществом данного датчика является высокая степень надежности, невысокая погрешность, быстрая скорость преобразования сопротивления тензорезистора в электрический сигнал.

Проведенное исследование по определению наиболее вероятного сценария развития события, связанного с разгерметизацией оборудования, позволило предложить техническое решение, направленное на предотвращение возникновения аварии путем установки датчика измерения избыточного давления. Данное предложение позволит сократить не только количество техногенных аварий, но минимизировать ущерб окружающей среде.

Литература

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий / под ред. К.Е. Кочаткова, В.А. Котмеревского, А.В. Забегаева. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2016. Кн. 2.

2. Об утверждении Руководства безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценке риска аварий на опасных производственных объектах»: приказ Ростехнадзора от 11 апр. 2016 г. № 144. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Тараканов Д.А., Гапонов В.М. Разработка технических решений, направленных на предотвращение возникновения эффекта BLEVE в резервуарных парках объектах хранения нефтепродуктов // Мавлютовские чтения: материалы XI Всерос. молодеж. науч. конф. Уфа: Уфимский гос. авиац. техн. ун-т, 2017. С. 292–294.

4. Пожар и взрыв на ЛПДС «Конда». URL: <http://travmatizma.net/pozhar-i-vzryv-na-lpds-konda> (дата обращения: 03.03.2020).

ОЦЕНКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММ РАСЧЕТА БЕЗОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.В. Николаев, кандидат педагогических наук, доцент;

А.В. Вострых;

Т.В. Проценко.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Основой качественного функционирования подразделений МЧС России, выполняющих должностные обязанности с использованием различных программных средств, является

эффективность и качество применяемых программ для проведения расчетов, мониторинга, прогнозирования и анализа. Проблема отсутствия в настоящее время средств, позволяющих производить рациональный выбор наиболее подходящего программного обеспечения, является предпосылкой к менее эффективному выполнению поставленных задач по причине использования иллогичного программного обеспечения.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, параметрическая карта, основная форма интерфейса, графический элемент

EVALUATION OF SPECIALIZED PROGRAMS FOR CALCULATING THE SAFETY OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS

D.V. Nikolaev; A.V. Vostrykh; T.V. Protsenko.

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

The basis for the high-quality functioning of the EMERCOM of Russia divisions performing official duties using various software tools is the effectiveness and quality of the programs used for calculations, monitoring, forecasting and analysis. The problem of the lack of currently available tools to make a rational choice of the most suitable software is a prerequisite for less effective performance of tasks due to the use of illogical software.

Keywords: graphical user interface, parametric map, main form of interface, graphic element

В современном мире от правильности выбора программных продуктов (ПП) зависит успех и эффективность решения поставленных задач [1–3]. В структуре МЧС России значительная часть подразделений ежедневно выполняет свои функциональные обязанности с помощью различных специализированных ПП, многие из которых имеют ряд серьезных недостатков [4]. Проблема выбора оптимального программного обеспечения является сложной задачей, состоящей из множества факторов.

На сегодняшний день не существует многокритериального автоматизированного программного средства, позволяющего сравнивать и оценивать ПП на степень соответствия общепринятым стандартам качества [5–13] и потребностям целевой аудитории [14]. Отсутствие комплексной форматизированной оценки приводит к расплывчатому пониманию качественного программного обеспечения, что впоследствии приводит к ошибкам в работе специалистов и когнитивному диссонансу от неудовлетворения результатами и процессом работы [15].

Особенно эта проблема касается многочисленных ПП, используемых органами надзорной деятельности МЧС России для расчета безопасности критически важных и потенциально опасных объектов. Сбои и ошибки в таких программах недопустимы, поэтому разработанная модель преследует цель определения наиболее качественного программного обеспечения за счет математического аппарата и существующих стандартов.

Одной из главных составляющих любого ПП является графический пользовательский интерфейс (ГПИ) [4]. Данный элемент является посредником между пользователем и ПП, главная задача которого заключается в упрощении понимания логики взаимодействия с ПП, поэтому оценка качества ПП сводится к оценке его ГПИ как элемента, непосредственно взаимодействующего с пользователем.

Довольно часто сложность понимания ГПИ сводится к проблемам отсутствия четкой структуры элементов, входящих в состав ГПИ, высокой насыщенностью элементами, притягивающими внимание пользователей, нерациональным распределением элементов управления ГПИ в основной форме. Создание математической модели основной формы ГПИ и структуры распределения графических элементов, входящих в нее, позволит проводить оценку по таким параметрам, как скорость работы пользователей в системе, субъективная удовлетворенность, степень сохранения навыков оперирования.

Основным нормативным документом, описывающим ГПИ как форму, состоящую из множества графических элементов, является стандарт [10]. Элементом формы является графический элемент ГПИ, относящийся к этой форме. В состав основной формы могут входить n количество графических элементов, состоящих из различных компонентов и элементов (рис. 1).

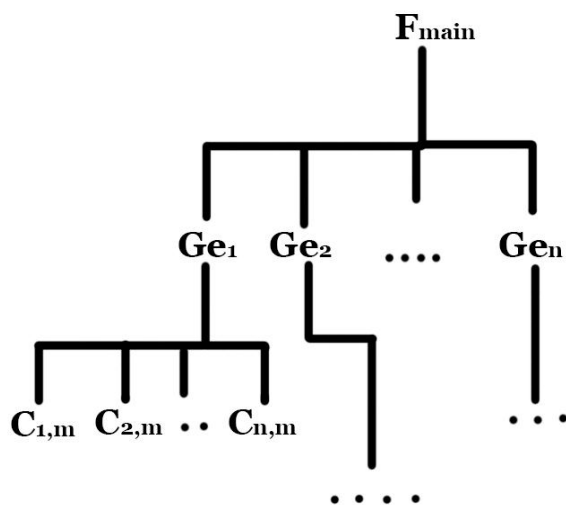


Рис. 1. Дерево элементов основной формы ГПИ

Таким образом, имеет место отношение вложенности между основной формой ГПИ и ее графических элементов. Вложенные элементы могут быть как видимыми, так и скрытыми для пользователей (пример скрытого вложенного элемента является «раскрывающийся список»). Главная форма ГПИ F_{main} является основным контейнером, в котором размещены все ее графические элементы Ge_n .

Графические элементы Ge основной формы ГПИ, в свою очередь, определяются множеством компонентов и элементов входящих в него $C_{n,m}$, описанием графического элемента Con , множеством состояний St , множеством свойств условий использования Uc , множеством способов использования Wu и множеством дополнительных параметров Set :

$$Ge \equiv \{ \{C\}, Con, \{St\}, \{Uc\}, \{Wu\}, \{Set\} \}. \quad (1)$$

Так, например, графический элемент «поле с выпадающим списком» в соответствии со стандартом [10] определяется следующим образом:

– описание Con : «поле с выпадающим списком» является элементом ГПИ, объединяющим в себе текстовое поле ввода и окно со списком, позволяющее выбрать вариант из списка;

– компоненты C : заголовок, индикатор отображения состояния, поле данных (отображает текущие выбранные данные), средства разворачивания списка и список;

– состояния St : с фокусом или без фокуса, активное или неактивное, заполненное или пустое, свернутое или развернутое;

– условия использования Uc :

а) результатом является выбор или переключение состояния;

б) варианты выбора являются взаимоисключающими;

в) свободное пространство ограничено;

г) пользователю необходимо видеть только текущий вариант;

– способы использования Wu : если элемент неактивен, он отображает одно значение, если активен, то выпадает список значений. Как только значение выбрано, элемент возвращается в исходное состояние.

Для проведения полноценного анализа оценки ГПИ необходимо провести классификацию графических элементов, размещенных в основной форме ГПИ. Это позволит более детально представить их основные параметры. В стандарте [10] приведен лишь список графических элементов с указанием их описания, компонентов, возможных состояний, условий использования и способов использования. Так, согласно ГОСТ Р ИСО 9241-161–2016 [10] в состав основной формы ГПИ входят следующие графические элементы: окно, гармошка, аналоговый элемент формы (ползунок, слайдер), карусель, чек-бокс (кнопка с отметкой), разворачиваемый контейнер, комбинированное поле/поле со списком, диалоговое окно, текстовое поле, поле с выпадающим списком, поле ввода, географическая карта, группа/групповое окно, иерархический список, окно списка, кнопка списка/кнопка меню, меню/панель меню, всплывающее меню/контекстное меню, индикатор выполнения, нажимаемая (командная) кнопка, радиокнопка, полоса прокрутки, набор вкладок, кнопка-переключатель, панель инструментов, курсор. Классификация графических элементов полностью отсутствует в данном стандарте. В работе [16] описана оптимальная иерархия элементов ГПИ, которая используется в данной статье, рис. 2.

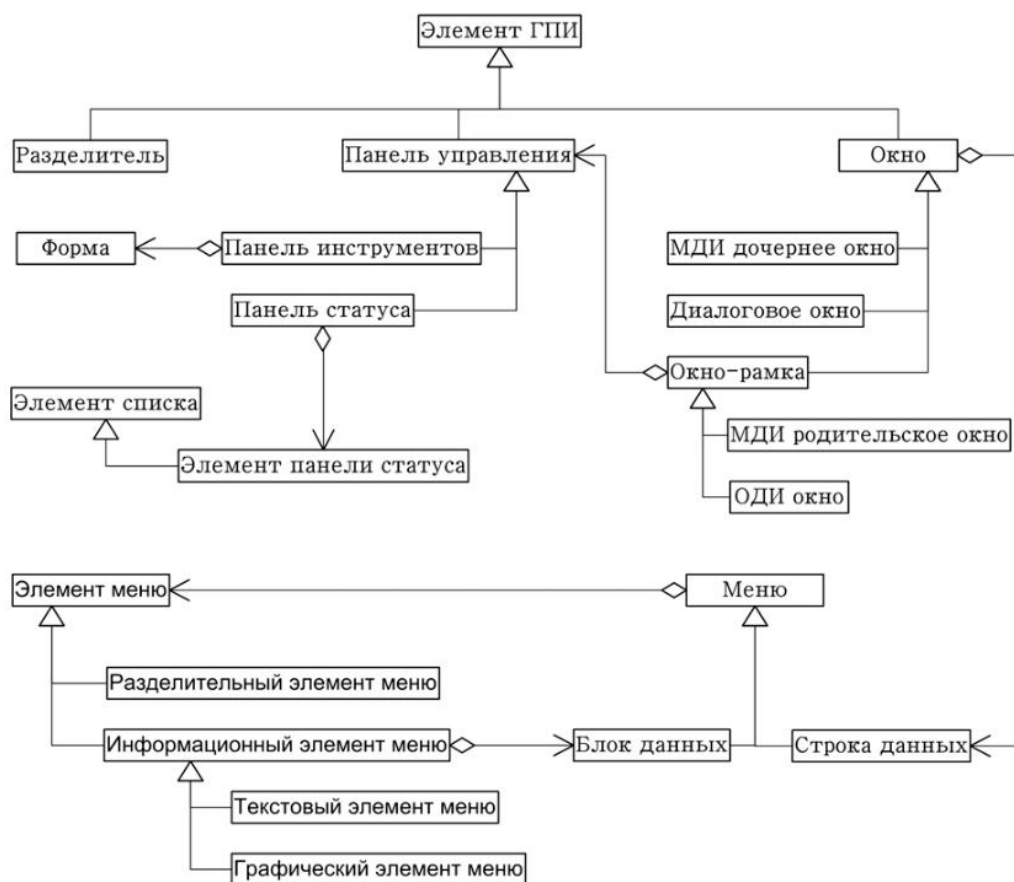


Рис. 2. Иерархия элементов ГПИ:
МДИ – многооконный интерфейс; ОДИ – однооконный интерфейс

В качестве дополнительных параметров *Set*, входящих в состав формулы (1), предлагаются следующие.

1. Параметр обратной связи:

$$F_b \equiv \langle v_a, B_f \rangle,$$

где v_a – скорость активации графического элемента ГПИ; $B_f \in \{b_{f0}, \dots, b_{fn}\}$ – множество сочетаний клавиш или отдельных клавиш быстрого доступа к элементу, в случае отсутствия такой клавиши используется b_{f0} ; n – мощность множества B_f .

2. Параметр информативности:

$$I_f \equiv \langle T_i, P_i, I_{in}, I_{ou} \rangle,$$

где T_i – множество текстовой информации; P_i – множество графической информации; I_{in} – информационная нагрузка на пользователей при вводе информации; I_{ou} – информационная нагрузка на пользователей при восприятии.

3. Сложность структуры графического элемента $C_C \langle c_1, \dots, c_i \rangle$, которая определяется множеством элементов и компонентов, входящих в его состав.

Таким образом, математическую модель графического элемента основной формы ГПИ можно описать следующим образом:

$$Ge \equiv \langle Con, \{C\}, \{St\}, \{Uc\}, Wu, Set \rangle \equiv \left\{ \begin{array}{l} Con, \\ Com \equiv Com \in \{com_i\}, \\ St \equiv St \in \{st_i\}, \\ Uc \equiv Uc \in \{uc_i\}, \\ Wu, \\ Set \equiv \langle F_b, I_f, \{C_C\} \rangle \end{array} \right\}.$$

Проведя описание графических элементов, входящих в состав ГПИ, перейдем к описанию основной формы.

Расположение элементов внутри основной формы определяются ее геометрическими координатами в соответствии с характеристиками экранной системы координат D . Экранной системой координат является координатная система, заданная на плоскости экрана. Две ее оси параллельны сторонам экрана, а третья – перпендикулярна ему. Экранной плоскостью является плоскость, на которой проецируются все объекты для получения изображения на экране. Так как в памяти видеокарты пиксели хранятся построчно слева направо и сверху вниз, то первый пиксель храниться в левом верхнем углу с координатами $(0; 0)$.

Введем понятие характеристики координатного пространства D :

$$D \equiv \langle \Delta_x, \Delta_y, N_x, N_y \rangle,$$

где Δ_x – шаг координатной сетки по оси ординат; Δ_y – шаг координатной сетки по оси абсцисс; N_x – число узлов координатной сетки по оси ординат; N_y – число узлов координатной сетки по оси абсцисс.

Графическая структура основной экранной формы ГПИ состоит из пикселей, представляющих собой прямоугольники, имеющие определенный цвет c_{ij} . Тогда $\check{g}_{ij} \equiv \langle x_{ij}, y_{ij}, c_{ij} \rangle$ – координаты пикселя основной формы ГПИ. Цвет c_{ij} задается с помощью аддитивной цветовой модели RGB [17]. Таким образом, математическую модель основной формы ГПИ можно описать следующим образом:

$$M_{df} \equiv \langle Kom, \check{G} \rangle,$$

где Kom – структурное описание главной формы ГПИ (описание графических элементов, расположенных в ней):

$$Kom \equiv \langle \{Ge\}, Or \rangle,$$

где Ge – множество графических элементов основной формы ГПИ; Or – порядок, определяющий логическую последовательность, в которой элементы расположены в основной форме ГПИ.

$$\check{G} \equiv [\check{g}_{ij}], i = \overline{0..(N_x - 1)}, j = \overline{0..(N_y - 1)},$$

где \check{G} – описание главной формы ГПИ как графической архитектуры.

Данная модель позволит проводить оценку ГПИ ПП, используемых органами надзорной деятельности МЧС России для расчета безопасности критически важных и потенциально опасных объектов по таким критериям, как скорость работы пользователей в системе, субъективная удовлетворенность, степень сохранения навыков оперирования ГПИ и количество ошибок. Реализация разработанного подхода в виде программного приложения позволит проводить оценку без ручных расчетов с динамичной визуализацией результатов.

Литература

1. О национальной стратегии развития искусственного интеллекта: Указ Президента Российской Федерации от 10 окт. 2019 г. № 490. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг.: Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. Цифровая экономика Российской Федерации: национальная программа (утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Рос. Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7). URL: <http://government.ru> (дата обращения: 02.03.2020).

4. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // Актуальные проблемы инфо-телекоммуникаций в науке и образовании. 2019: сб. науч. статей VIII Междунар. науч.-техн. конф. СПб., 2019. С. 179–184.

5. ГОСТ Р ИСО 14915-1–2016. Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Ч. 1. Принципы проектирования и структура (от 2 нояб. 2016 г.). // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.03.2020).

6. ГОСТ Р ИСО 14915-2–2016. Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Ч. 2. Навигация и управление мультимедийными средствами (от 2 нояб. 2016 г.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.03.2020).

7. ГОСТ Р ИСО 14915-3–2016. Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Ч. 3. Выбор и сочетание медиаформ (от 25 нояб. 2016 г.). // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.03.2020).

8. ГОСТ Р ИСО 9241-110–2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Ч. 110. Принципы организации диалога // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.03.2020).

9. ГОСТ Р ИСО 9241-129–2014. Эргономика взаимодействия человек-система. Ч. 129. Руководство по индивидуализации программного обеспечения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.03.2020).

10. ГОСТ Р ИСО 9241-161–2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Ч. 161. Элементы графического пользовательского интерфейса // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.03.2020).

11. ГОСТ Р ИСО 9241-210–2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Ч. 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.03.2020).

13. ГОСТ Р ИСО 9241-11–2010. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Ч. 11. Руководство по обеспечению

пригодности использования // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.03.2020).

14. Ахунова Д.Г., Вострых А.В. Преимущества перехода на целеориентированное проектирование интерфейсов для мобильных пользователей информационных систем // РОСИНФОКОМ-2019: V Всеросс. конф. с междунар. участием. СПб., 2019. С. 5–9.

15. Уэйншенк С. 100 новых главных принципов дизайна. Как удержать внимание. СПб.: Питер, 2016. 169 с.

16. Грибова В.В., Тарасов А.В. Модель онтологии предметной области «графический пользовательский интерфейс» // Интеллектуальные системы. 2005. № 1 (9). С. 80–90.

17. Иофис Е.А. Синтез цвета // Фотокинетика: Энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1981. 447 с.

УСТРОЙСТВО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

В.В. Монашков, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский государственный университет Петра Великого.

В.В. Ключ, кандидат педагогических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Статья посвящена особенностям устройства заземления (рабочего и защитного) электрических сетей и электроустановок в континентальной зоне Арктики. Традиционные заземляющие устройства, обеспечивающие заземление электрических сетей и электроустановок, в районах Арктики являются малоэффективными или их устройство невозможно. Эти выводы определяются параметрами климата и свойствами грунтов в рассматриваемой зоне. Предлагаются специальные способы устройства защитного заземления – естественные заземлители, химические, глубинного заложения, выносные, с применением способа утепления поверхности и зоны вокруг заземлителей, способы специальной обработки грунта. Приводятся условия их применения и особенности устройства.

Ключевые слова: заземление, электрические сети, электроустановки, грунты, континентальная зона Арктики, заземлители химические и глубинного заложения

GROUNDING DEVICE IN THE ARCTIC REGION

V.V. Monashkov. Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university.

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

The article is devoted to the features of the system grounding and device of electrical networks and electrical installations in the continental zone of the Arctic. The traditional grounding devices providing grounding of electrical networks and electrical installations in the Arctic regions are ineffective or their device is impossible. These conclusions are defined by parameters of climate and properties of soil in the considered zone. There are special methods of ground protection device – natural grounding, chemical, deep-laid, extended, with the method of the warming of the surface and area around the grounding methods of the special treatment of the soil. The conditions of their application and device features are given.

Keywords: grounding, electrical networks, electrical installations, soils, the Arctic continental zone, chemical and deep-laid earthing devices

В настоящий момент многие страны проявляют интерес к освоению территории Арктики. Возрастающая потребность мировой экономики в энергетических и минеральных ресурсах делают эти планы стратегическими [1, 2]. Арктика является уникальной территорией с большим экономическим потенциалом – громадные запасы углеводородного сырья,

полезные ископаемые, стратегический морской путь и другие ресурсы. В настоящее время Арктика является малозаселенной и труднодоступной территорией со слабо развитой инфраструктурой. Социально-экономическое развитие Арктической зоны потребует развития энергетики, и значительное место в этом развитии будут иметь электрические сети (ЭС) и электроустановки (ЭУ). Важным вопросом при эксплуатации ЭС и ЭУ является обеспечение безопасности персонала и посторонних лиц от действия электрического тока. Безопасность может обеспечиваться различными техническими способами защиты ЭУ и организационно-техническими мерами [3–6].

К организационно-техническим мерам относятся:

- недоступность токоведущих частей ЭУ;
- применение блокировок;
- использование сигнализаций и предупреждающих знаков безопасности;
- средства индивидуальной защиты и др.

Перечисленные организационно-технические меры не могут обеспечить полную защиту персонала и посторонних лиц от действия электрического тока.

Для обеспечения более полной защиты человека необходимо применение технических способов защиты ЭУ. Такими способами являются [7–12]:

- заземление;
- защитное зануление;
- разделяющие трансформаторы;
- защитное отключение;
- выравнивание потенциалов и др.

Все перечисленные способы могут быть применимы только при наличии заземления.

Заземление необходимо применять в следующих случаях [5, 13–17]:

- при напряжении более 50 В в сетях переменного тока и более 120 В в сетях постоянного тока;
- в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках при напряжении от 25 до 50 В в сетях переменного тока и при напряжении от 60 до 120 В в сетях постоянного тока;
- для всех ЭУ, находящихся во взрывоопасных зонах, в особо опасных помещениях и в наружных установках;
- для трансформаторов, применяемых при сварочных работах;
- для оболочек силовых кабелей и в ряде других случаев.

Заземлению подлежат следующие части ЭУ и оборудования:

- металлические части (корпуса) электрических машин, светильники, трансформаторы измерительные;
- щиты управления и распределительные при напряжении выше 25 В переменного тока и более 60 В постоянного тока;
- переносной и передвижной электроинструмент (металлические корпуса) и электрооборудование, установленное на движущихся механизмах, и другое электрооборудование.

Нормативные требования безопасной работы ЭС и ЭУ обеспечиваются при соблюдении следующих показателей:

- электрическое сопротивление заземления;
- напряжение прикосновения человека к корпусу ЭУ.

Нормативные требования к сопротивлению заземляющих устройств (R) ЭУ напряжением до 1 000 В при заземлении нейтралей зависят от значений удельного сопротивления грунта (ρ) и для линейного напряжения источника тока 220 В составляют:

- для ρ до 100 Ом*м значение R равно 8 Ом;
- для ρ более 100 и менее 1 000 Ом*м значение R равно 0,08 Ом;
- для ρ более и равным 1 000 Ом *м значение R равно 80 Ом.

Для ЭС напряжением свыше 1 000 В с эффективно заземленной нейтралью значения R составят:

- для ρ до 500 Ом*м значение R равно 0,5 Ом;
- для ρ от 500 до 5 000 Ом*м значение R равно 0,01 Ом;
- для ρ более и равным 5 000 Ом *м значение R равно 5 Ом.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам (табл. 1) [4].

Таблица 1. Ток через тело человека при 50 В, 50/60 Гц при наименьших значениях сопротивления человека

Путь тока	Сопротивление тела, Ом	Ток через тело человека, мА
Рука – рука	1 450	35
Обе руки – обе ноги	580	86
Обе руки – туловище	360	139

В табл. 2, 3 даны зависимости предельно допустимых уровней напряжения прикосновения от времени воздействия для нормальных и аварийных режимов [4].

Напряжения прикосновения и тока, проходящего через тело человека, при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки не должны превышать значений, приведенных в табл. 2, 3. Данные в табл. 3 относятся к ЭУ всех классов напряжений как с изолированной, так и с заземленной нейтралью.

Таблица 2. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме

Род тока	U, В не более	I, мА
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Переменный 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Примечание: Для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25 °С) и влажности (более 75 %), приведенные в таблице значения должны быть уменьшены в три раза

Напряжение прикосновения и токи, проходящие через тело человека при аварийном режиме работы ЭУ до 1 кВ с заземленной или изолированной нейтралью и выше 1 кВ с изолированной нейтралью, не должны превышать значений, приведенных в табл. 1, 3.

Таблица 3. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме ЭУ напряжением до 1 кВ с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1 кВ с изолированной нейтралью

Род тока		Ипер 50 Гц	Ипер 400 Гц	Ипост
Нормируемая величина I, мА		U, В	U, В	U, В
Предельно допустимое значение	0,01–0,08	650	650	650
	0,1	500	500	500
	0,2	250	500	400
Предельно допустимое значение прикосновения при продолжительности воздействия, с	0,3	165	330	350
	0,4	125	250	300
	0,5	100	200	250
	0,6	85	170	240
	0,7	70	140	230
	0,8	65	130	220
	0,9	55	110	210
	1,0	50	100	200
	Свыше 1,0	36(6)	36(8)	40(15)

Напряжения прикосновения и токи, проходящие через тело человека при аварийном режиме работы ЭУ напряжением выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью, не должны превышать значений, представленных в табл. 4.

Таблица 4. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и тока при аварийном режиме ЭУ напряжением с частотой до 50 Гц напряжением выше 1 кВ с глухим заземлением нейтрали

Продолжительность воздействия t, с	Предельно допустимый уровень I, mA	Предельно допустимый уровень Uприкос, В
До 0,1	500	500
0,2	400	400
0,5	200	200
0,7	130	130
1,0	100	100
Свыше 1,0 до 5,0	65(50/t)	65(50/t)

Безопасная эксплуатация ЭУ и обеспечение безопасности персонала возможны при применении заземляющих устройств, удовлетворяющих нормативным требованиям [3–7, 13, 18]. Нормативные требования безопасной работы ЭС и ЭУ обеспечиваются путем периодических измерений нормативных показателей в течение всего периода эксплуатации установок. Эти показатели зависят от характеристик и температуры грунта, а также от конструктивных параметров заземляющего устройства.

В качестве источников электроэнергии в арктических районах используются в основном дизельные электростанции единичной мощности до 1 000 кВт. Распределение электроэнергии осуществляется на напряжение 6–0,4 кВ. Для данного типа ЭУ безопасность обеспечивается применением рабочих и защитных заземлений, сопротивление растеканию тока в которых должно быть равным от 0,5 до 40 Ом. Нормативные значения искусственных защитных заземлений обеспечиваются путем заглубления определенного числа заземлителей (стальных стержней, уголков, полос и т.д.) в грунт. При этом число заземлителей и глубина их заложений зависят от характеристик грунта и температурных условий, в которых эксплуатируется устройство [5, 6, 19].

Одним из основных параметров, определяющих число заземлителей в устройстве, является удельное сопротивление грунта. Для типичных грунтов Европы и характерных показателей климата удельное сопротивление может составлять до 103 Ом*м и соответственно число заземлителей – до 20–40 единиц.

Число заземлителей (n) может быть рассчитано по формуле [7, 18]:

$$n = R1 \setminus R2 K1,$$

где R1 – электрическое сопротивление одиночного электрода (заземлителя); R2 – допустимое сопротивление защитного заземления; K1 – коэффициент эффективности использования электродов, значение которого определяется числом электродов и расстоянием между ними.

Электрическое сопротивление одиночного электрода (R1) может быть рассчитано по формуле:

$$R1 = R3 \setminus 2\pi l * \ln 2l \setminus (d + 1) \setminus 2 \ln(4h + 3l) \setminus 4h + 1,$$

где R3 – удельное электрическое сопротивление грунта; l – длина электрода; d – диаметр электрода; h – глубина заложения электрода.

Общее электрическое сопротивление заземляющего устройства (R0) может быть рассчитано по формуле:

$$R0 = R1 R4 \setminus n R4 K1 + R1 K2,$$

где R_4 – сопротивление полосы, соединяющей все электроды; K_2 – коэффициент эффективности использования полосы, значение которого определяется расстоянием между электродами и длиной полосы.

Сопротивление полосы соединяющей все электроды (R_4) может быть рассчитано по формуле:

$$R_4 = R_5 \sqrt{2\pi} * (\ln 2l / 2b),$$

где R_5 – удельное электрическое сопротивление металла полосы; l – длина полосы, соединяющей все электроды; b – ширина полосы.

Особые требования к заземляющим устройствам ЭС и ЭУ в арктических условиях вызваны климатом Арктики и характеристиками ее почв. Грунты континентальной Арктики представлены следующими видами:

- дисперсные связные – ледово-грунтового образования (преимущественно суглинки мощностью выше 10 м);
- дисперсные несвязные (преимущественно пески, галечник, супеси, реже суглинки, глины);
- карбонатные; скальные, полускальные (около половины всех грунтов).

Основной отличительной особенностью грунтов Арктической зоны является наличие многомерзлых грунтов. В связи с наличием в составе грунтов льда, они претерпевают сезонное оттаивание, и это состояние способствует ослаблению несущей способности, ползучести и просадке.

Климат характеризуется широким годичным перепадом температур (от -62 °С зимой и до $+40$ °С летом в некоторых районах Республики Саха Якутия). Холодный период имеет большую продолжительность (до девяти и более месяцев). При этом удельное электрическое сопротивление грунтов возрастает в десять и более раз [13, 19].

Перечисленные выше характеристики грунтов в условиях низких температур обладают очень высоким сопротивлением до $50 * 10^4$ Ом*м и, соответственно, расчетное число заземлителей может составлять сотни единиц. Кроме того, сами грунты имеют также высокую твердость и плотность, что создает трудности при заложении заземлителей. Грунты в холодный период промерзают на десятки метров, и для эффективного использования заземлителей они должны быть заложены ниже глубины промерзания. Перечисленные выше условия устройства заземляющих устройств, удовлетворяющего нормативным требованиям, в общепринятой практике для наиболее неблагоприятных условий его эксплуатации (холодный период года в Арктике) в большинстве случаев представляются очень сложным или невозможным.

Более целесообразным являются следующие способы устройства заземляющих устройств – естественные заземлители, химические, глубинного заложения, выносные, с применением способа утепления поверхности и зоны вокруг заземлителей, способы специальной обработки грунта.

Для того чтобы более точно определить удельное сопротивление в данной области, на которой планируется установка заземлителей, необходимо проводить предпроектные изыскательные работы. Такие изыскания проводят обычно на площадке, где будет размещена ЭУ или производственное здание. Результатом проведения изысканий является определение особенностей грунта на данной территории и локации с пониженным электрическим сопротивлением грунта. В ходе этих изысканий важно обнаружить тонкий проводящий слой в земле по результатам методов вертикального электротзондирования и электропрофилирования. В этих случаях применимо использовать в качестве заземлителей плоскостные электроды, погружаемые в данный слой.

В качестве методов изысканий для грунтов Арктической зоны подходят следующие методы – пробного электрода и вертикальное электрическое зондирование. Многослойную структуру грунтов целесообразно приводить к двухслойной. Параметры этой схемы могут быть определены по методу пробного электрода. Технология проведения работ заключается

в установке одиночных заземлителей (вертикальных или горизонтальных) одних размеров, предусмотренных проектом на заземляющее устройство. Метод позволяет производство земляных работ в удобный климатический период. Однако метод не дает значений по показателям грунта за пределами установки одиночных заземлителей. Этот метод применяют сейчас лишь в отдельных случаях для установок малой мощности. Метод пробного электрода целесообразно применять как добавочный к методу вертикального электрического зондирования. Этот метод применяют, когда электрическая структура земли имеет сложное строение: многочисленные включения (линзы) грунтов с иным удельным сопротивлением, чем у основного слоя, резко изменяющаяся мощность слоев в горизонтальном направлении. Метод электрического зондирования позволяет строить графики изменения удельных электрических сопротивлений с глубиной. Для рассматриваемых типов грунтов при вертикальном электрическом зондировании заземлитель может погружаться до 50 м.

Особенности климата и характеристик грунтов в континентальной Арктике делают целесообразным использование естественных заземлителей, к которым относятся железобетонные фундаменты бытовых и промышленных зданий, обсадные трубы газовых скважин, трубопроводы на проводящих опорах и другие металлические и заземленные конструкции. При использовании свайных железобетонных фундаментов для устойчивости их соединяют в единую конструкцию, в том числе и в единую электрическую цепь, путем применения электродуговой сварки.

При наличии около места установки заземляющего устройства на допустимых расстояниях грунтов с малым сопротивлением целесообразно устройство выносного заземления.

В отдельных случаях заземлители можно закладывать вокруг заземляемого оборудования – так называемое контурное заземление. В этом случае условия безопасности увеличиваются за счет повышенного потенциала внутри контура. С целью выравнивания потенциала внутри контура здесь можно устанавливать горизонтальные заземлители.

Способ утепления поверхности земли в зонах вокруг заземлителей уменьшает электрическое сопротивление грунта в холодный период года. В теплый период года производится засыпка площадки над местом установки заземлителя. В качестве теплоизоляционных материалов можно использовать древесные опилки, шлаки, полимерные материалы, бытовые отходы и т.д. Толщину слоя следует выбирать по результатам расчетов и технологическим возможностям. Для предохранения от попадания влаги утепляемая поверхность может быть покрыта полихлорвиниловой пленкой. Для подогрева грунта вокруг заземлителей устанавливают специальные электрические нагреватели.

Заземлители глубинного заложения позволяют снизить или снять зависимость сопротивления защитного заземления от сезонных колебаний температур. Глубина установки может составлять до 10–15 м. На этих глубинах могут находиться грунтовые воды, и за счет влажности электрическое сопротивление заземлителя снизится. Кроме того, на такой глубине температура также может иметь положительные значения, что приводит к снижению сопротивления грунта. Технология установки глубинных заземлителей заключается в том, что скважина бурится на глубину, где пробы грунта имеют меньшую величину сопротивления. В свободное пространство скважин может заливаться глинистый (суглинистый) раствор. С целью снижения электрического сопротивления заземлителя за счет лучшего контакта с грунтом установку заземлителя нужно осуществлять в теплое время года. В скважину целесообразно заливать горячие растворы. Ограничением применения данного метода является большая глубина нахождения грунта с малым сопротивлением. Для правильного выбора места для заземлителей глубинного заложения необходимо использовать данные геоэлектрического разреза земли, который выполняется при предпроектных изысканиях на месте строительства объекта. Преимущества заземлителей глубинного заложения заключаются в стабильности значений удельного сопротивления грунта, так как сезонные колебания температур не достигают глубин заложения.

Химические заземляющие устройства могут быть применены для многих грунтов Арктики, обладающих в большинстве случаев высоким удельным сопротивлением.

Химический заземлитель состоит из медной трубы с отверстиями, которая заполняется электролитической солью. При этом:

- закладывается глина, которая является натуральным материалом с низким сопротивлением;
- может устраиваться инспекционный лючок, позволяющий обеспечить электроду вентиляцию.

При таком способе:

- обеспечивается предотвращение промерзания грунта вокруг заземлителя;
- повышается проводимость грунта;
- снижается электрическое сопротивление грунта;
- происходит уменьшение площади для размещения заземляющего устройства, благодаря особенностям конструкции и монтажа химического электрода;
- увеличивается срок службы устройства.

Грунты рассматриваемой зоны в зависимости от пород, образующих почву, содержат карбонат и соли, растворимые водой, и имеют слабокислую или слабощелочную реакцию среды, которая вызывает коррозию заземлителей.

Повысить устойчивость устройства к коррозии можно за счет следующих мероприятий:

- предотвращать попадание влаги особенно в места соединений элементов заземляющего устройства;
- изоляционные материалы, используемые в технологических операциях соединения элементов заземляющего устройства, также должны быть устойчивы к коррозии;
- знать и принимать во внимание возможные возникновения гальванических эффектов при контактах заземляющего устройства с металлами.

Общие требования к заземляющим устройствам заключаются в следующих условиях:

- они должны обеспечивать срок эксплуатации в течение 20–30 лет;
- в течение срока эксплуатации должна обеспечиваться механическая прочность всех элементов устройства и мест их монтажа (сварка и другие способы соединения);
- все составляющие устройства должны выдерживать токи, протекающие через них, то есть обладать достаточной термической устойчивостью;
- обладать достаточной коррозионной устойчивостью в агрессивных грунтах.

Альтернативой заземляющего устройства, при отсутствии возможности его установки, является создание условий надежной изоляции человека от токоведущих и металлических частей ЭУ (барьеры, оболочки, ограждения и др.).

Территория Арктической зоны и Крайнего Севера России достаточно сложна по своим инженерным и геологическим условиям. Здесь только пятая часть от общей площади пригодна для установки заземляющих устройств, удовлетворяющих требованиям безаварийной работы и обеспечения безопасности персонала, эксплуатирующего ЭС и ЭУ.

При проектировании и выполнении заземляющих устройств в районах низких температур проблемой являются: особенности температурных режимов грунтов; фазовое состояние воды в порах этих пород; значительные сезонные колебания. В зимнее время удельное сопротивление слоев земли, которое зависит от типа грунта, наиболее высокое, что осложняет устройство заземлений.

Для снижения электрического сопротивления необходима специальная обработка грунта:

- насыщение растворами солей;
- закладка вокруг заземлителей тонкой фракции угля;
- вместо естественного грунта загружают материал с более низким электрическим сопротивлением.

При использовании естественных заземлителей можно применять железобетонные свайные фундаменты, которые обеспечивают постоянную хорошо проводящую среду. Характерные для Арктики большие изменения температур по сезонам требуют применения

заземлителей, установленных на большую глубину. При таком способе достигается снижение электрического сопротивления и расход металла на заземляющее устройство.

Литература

1. Burlov V., Popov N. Management of the application of the space geoinformation system in the interests of ensuring the environmental safety of the region // *Advances in the Astronautical Sciences*. 2017. 161. С. 751–760.
2. Istomin E., Abramov V. Database in geoinformation management of the territory development // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2017. 17 (21). С. 951–959.
3. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1987. 400 с.
4. Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Защитное заземление и защитное зануление электроустановок: справочник. СПб.: Политехника, 2007. 400 с.
5. Мотуско Ф.Я. Защитные устройства в электроустановках. М.: Энергия, 1983. 200 с.
6. Заземляющие устройства электроустановок / Р.К. Борисов [и др.]. М.: Изд. дом МЭИ, 2013. 360 с.
7. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок. М.: ЗАО «Энергосервис», 2006. 518 с.
8. Бухаров А.И., Петунин В.В. Основы безопасной эксплуатации электроустановок. М., 1989. 272 с.
9. Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Виды защит, обеспечивающие безопасность ЭУ. СПб.: Нестор-История, 2011. 372 с.
10. Бычков А.М., Иванов В.Г. Справочник по электробезопасности. 1981. 156 с.
11. Манойлов В.Е. Основы электробезопасности. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 480 с.
12. Кораблев В.П. Устройства электробезопасности. М.: Энергоатомиздат, 1985. 88 с.
13. Коструба С.И. Измерение электрических параметров земли и заземляющих устройств. М.: Энергоатомиздат, 1983. 168 с.
14. Крикун И.В. Испытание заземляющих устройств и зануляющих устройств электроустановок. М.: Энергия, 1973. 213 с.
15. Карякин Р.Н. Нормативные основы устройства электроустановок. М.: «Энергосервис», 1999. 126 с.
16. *Electrical Shock Safety Criteria. Proceedings of the First International Symposium of Electrical Shock Criteria*. Toronto. Pergamon Press. 1985.
17. Biegelmeier G., Kriefer K.H. Schutz in elektrischen Strom. VDE – Verlag GMBH. Berlin. – Offenbach. 1996.
18. Максименко Н.Н., Попов А.А. Расчет и эксплуатационный контроль параметров заземляющих устройств в районах Крайнего Севера. Норильск, 1987. 88 с.
19. Зайцева Н.М., Зайцев Д.С., Клецель М. Зависимости удельного электрического сопротивления грунта от влажности и температуры // *Электричество*. 2008. № 9. С. 30–34.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ОБЪЕКТАХ ПРОИЗВОДСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

В.Л. Мартынович, кандидат технических наук;

Л.Б. Хайруллина, кандидат технических наук.

Тюменский индустриальный университет

Проведен анализ возможности и целесообразности выполнения требований нормативных документов по применению экранов для защиты зданий, сооружений и наружных установок от воздействия поражающих факторов аварий на соседнем

оборудовании, а также сокращения противопожарных расстояний между зданиями, сооружениями, наружными установками на объектах сжижения, хранения и отгрузки природного газа.

Ключевые слова: защитный экран, безопасность, сжиженный природный газ

EFFICIENCY OF PROTECTIVE SCREENS ON OBJECTS OF PRODUCTION OF LIQUEFIED NATURAL GAS

V.L. Martynovich; L.B. Khayrullina. Tyumen industrial university

The article analyzes the possibility and feasibility of meeting the requirements of regulatory documents for the use of screens to protect buildings, structures and outdoor installations from the impact of damaging factors of accidents on neighboring equipment, as well as reducing fire-prevention distances between buildings, structures, outdoor installations at natural gas liquefaction, storage and shipment facilities.

Keywords: protective screen, safety, liquefied natural gas

В настоящее время в рамках реализации программы ПАО «Газпром» по развитию производственно-сбытовой инфраструктуры сжиженного природного газа (СПГ) с целью использования его в качестве моторного топлива для транспорта и нужд автономной энергетики осуществляется разработка проектной документации строительства малотоннажных комплексов по производству, хранению и отгрузке СПГ.

Одним из основных нормативных документов, в соответствии с которым разрабатываются мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на вышеуказанных объектах, является СП 326.311500.2017 [1].

Согласно СП 326.311500.2017 [1] с целью защиты зданий, сооружений и наружных установок от воздействия поражающих факторов аварий на соседнем оборудовании, а также сокращения противопожарных расстояний между зданиями, сооружениями, наружными установками, рекомендуется применение защитных экранов, отвечающих требованиям СП 326.311500.2017.

В пункте 6.12 [1] приведены требования к защитным экранам: «должны обеспечивать предотвращение выброса струи природного газа в различных фазовых состояниях при аварийной разгерметизации оборудования и разлета осколков при физическом разрушении этого оборудования в сторону защищаемого объекта в горизонтальном направлении». Тут же приведены требования к геометрическим параметрам, материалу, конструкции защитного экрана: «Экран изготавливается из железобетона толщиной не менее 150 мм. Несущие конструкции экрана имеют предел огнестойкости не менее R45. Ширина защитного экрана, предусматриваемого для заправочного островка, превышает не менее чем на 0,5 м в обе стороны длину заправочного островка, а высота – не менее чем на 0,5 м высоту управляемых транспортных средств, предусматриваемых проектом».

Предположительно, возможность применения защитных экранов для предотвращения воздействия на соседнее оборудование давления расширяющегося природного газа, струи природного газа, а также разлета осколков при физическом разрушении оборудования, заимствовано из СП 156.13130.2014 [2]. Стоит отметить, что в СП 156.13130.2014 защитные экраны предлагается применять преимущественно для автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), на которых обращается компримированный природный газ (КПГ).

Оценим эффективность применения предложенных защитных экранов для объектов по производству, хранению и отгрузке СПГ.

Возможные сценарии аварий на объектах, в которых обращается КПГ, в том числе АГНКС, приведены, например, в нормативной документации по анализу риска на площадочных объектах магистрального транспорта природного газа [3, 4].

Так, согласно п. 7.5.5–7.5.7 [3], п. 6.3.7.5–6.3.7.7 [4] на объектах, в которых обращается КПП, возможны следующие сценарии аварий: ГП1 «Пожар колонного типа», ГП2 «Струевое пламя», ГП3 «Рассеивание низкоскоростного шлейфа газа», ГП4 «Рассеивание двух струй газа», ГНН1 «Пожар колонного типа в загроможденном пространстве», ГНН2 «Струевые пламена», ГНН3 «Рассеивание струй газа без воспламенения», ГНВ1 «Пожар колонного типа в загроможденном пространстве», ГНВ2 «Рассеивание газа без воспламенения».

Сценарии аварий, сопровождающиеся взрывом облака газозооушной смеси на открытой местности при разгерметизации технологического оборудования с КПП, не рассматриваются, так как основным компонентом природного газа является метан (до 98 %), который значительно легче воздуха и при попадании в атмосферу уносится потоками воздушных масс, не образуя значительных объемов газозооушных смесей, способных к взрыву.

При реализации вышеуказанных сценариев с участием КПП на защитный экран возможны следующие воздействия:

- барическое воздействие воздушной ударной волны, образовавшейся вследствие расширения сжатого газа;
- барическое и(или) термическое воздействие струи газа, образовавшейся вследствие разгерметизации технологического оборудования, работающего под давлением;
- механическое воздействие осколков технологического оборудования, образовавшихся вследствие разгерметизации технологического оборудования, работающего под давлением.

Имеющиеся статистические данные аварий на площадочных объектах, на которых обращается КПП, свидетельствуют о том, что вышеуказанные воздействия не обладают значительными уровнями потенциального поражения и применение защитных экранов, конструкция и материал которых описаны в СП 326.1311500.2017 [1], СП 156.13130.2014 [2], является обоснованным и достаточно эффективным решением.

СПГ относится к нестабильным горючим жидкостям. Согласно п. 7.5.9 [3] возможными сценариями аварий на объектах, в которых обращаются нестабильные горючие жидкости, являются: ЖН1 «Пожар разлиия», ЖН2 «Сгорание парового облака в дефлаграционном режиме», ЖН3 «Утечка продукта и рассеивание парового облака без воспламенения».

Сценарий ЖН2 можно описать следующим образом: разгерметизация или полное разрушение трубопровода или технологического оборудования с нестабильным продуктом → утечка (пролив) продукта → вскипание и двухфазное истечение струи продукта из трещины или отверстия → образование лужи (пролива) продукта → интенсивное испарение (кипение) продукта → дисперсия в атмосфере и перенос на некоторое расстояние взрывопожароопасного парового облака топливно-воздушной смеси (ТВС) как по территории объекта, так и за его пределы → «задержанное» воспламенение парового облака от источника зажигания → сгорание облака паров в дефлаграционном режиме → образование воздушной волны сжатия в результате сгорания ТВС, а также прямое огневое и радиационное тепловое воздействие на оборудование, сооружения, здания, людей, оказавшихся в пределах облака или вблизи него → разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений на объекте, гибель или получение людьми ожогов различной степени тяжести → переход пламени на источник утечки продукта и лужу пролива с возникновением пожара разлиия.

Так, при разрушении единичного криогенного резервуара хранения СПГ в атмосферном воздухе может оказаться от 2,822 т (8 м³) до 91,715 т (260 м³) природного газа.

Расчет размеров зоны с максимальным избыточным давлением взрыва при реализации сценария ЖН2 осуществлялся с помощью компьютерного комплекса «ТОХИ+Risk». Результаты расчета приведены в таблице.

Таблица. Результаты расчета размеров зон с максимальным избыточным давлением взрыва

Резервуар хранения СПГ (объем)	Масса вещества в аварии, т	Максимальное давления взрыва, кПа	Расстояние от центра облака до границы зоны, м
V=8 м ³	2,822	23	57
V=16 м ³	5,644	29	72
V=25 м ³	8,81875	34	81
V=50 м ³	17,6375	43	100
V=63 м ³	22,22325	47	101
V=100 м ³	35,275	55	115
V=260 м ³	91,715	75	168

Степень повреждения зданий и сооружений (в том числе железобетонных) при барическом воздействии на них воздушной ударной волны приведены в табл. № 1 приложения № 11 [4].

Согласно табл. № 1 приложения № 11 [4] уже при значении избыточного давления на фронте воздушной ударной волны более 20 кПа возможны значительные разрушения кирпичных и железобетонных конструкций зданий и сооружений.

Анализ результатов расчета избыточного давления взрыва при разгерметизации криогенных резервуаров хранения СПГ разного объема, которые приведены в таблице, свидетельствуют о том, что на расстоянии менее 60 м от самого маленького по объему криогенного резервуара фактические значения избыточного давления взрыва парогазовоздушной смеси значительно превысят нормативные значения, при которых защитный экран, отвечающий требованиям п. 6.12 СП 326.311500.2017 [1], сохранит свою целостность и устойчивость.

В то же время в примечании 3 к табл. 3 [1] указано, что минимальное противопожарное расстояние между наружными установками зоны хранения СПГ и наружными установками производственной зоны допускается принимать равным 10 м при условии отделения наружных установок зоны хранения СПГ и производственной зоны защитным экраном, отвечающим требованиям СП 326.1311500.2017 [1]. То есть минимальное расстояние от защитного экрана до наружной установки каждой из рассматриваемых зон может составлять 5 м.

Стоит также отметить, что как показывает практика и отмечено в ряде научных изданий, при распространении воздушной ударной волны и встрече на пути препятствия в виде стены поражающее воздействие части воздушной ударной волны, обогнувшей препятствие, может значительно усилится и, соответственно, привести к еще более существенному ущербу.

На основании вышеизложенного, по мнению авторов, применение рекомендуемых СП 326.1311500.2017 [1] защитных экранов на объектах сжижения, хранения и отгрузки СПГ следует ограничить участками (зонами), на которых располагаются здания, сооружения и наружные установки, в которых обращается КПП.

Литература

1. СП 326.1311500.2017. Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности (утв. приказом МЧС России от 27 дек. 2017 г. № 597; введ в действие с 1 янв. 2018 г.). М., 2017. 32 с.

2. СП 156.13130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности (утв. приказом МЧС России от 5 мая 2014 г. № 221; введ в действие с 1 июля 2014 г.). М., 2014. 44 с.

3. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»: СТО Газпром 2-2.3-351–2009: (утв. распоряжением ОАО «Газпром» от 30 марта 2009 г. № 83; ввод в действие с 30 дек. 2009 г.). М.: ООО «Газпром-экспо», 2009. 377 с.

4. Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа: руководство по безопасности: утв. приказом Ростехнадзора от 26 дек. 2018 г. № 647; ввод в действие 26 дек. 2018 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

СИСТЕМА СВЯЗИ С МОБИЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ МЧС РОССИИ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А.Н. Ляшук, кандидат технических наук;

Е.А. Чашин;

С.А. Завьялов, кандидат технических наук, доцент.

Омский государственный технический университет

Приводятся результаты натурных испытаний оборудования радиосвязи средневолнового диапазона, предназначенного для передачи коротких сообщений на расстояния 150 ... 200 и более километров при установке оборудования на транспортное средство. Предлагается система радиосвязи, которая может быть использована при проведении аварийно-спасательных работ мобильными подразделениями на удаленных территориях с полным отсутствием телекоммуникационной инфраструктуры.

Ключевые слова: средневолновый диапазон, радиостанция, поверхностная радиоволна, аварийно-спасательные отряды, укороченная антенна

COMMUNICATION SYSTEM WITH RESCUE MOBILE TEAMS OF EMERCOM OF RUSSIA IN THE ARCTIC

A.N. Lyashuk; E.A. Chashchin; S.A. Zavyalov.

Omsk state technical university

The results real-conditions tests of medium-wave range radio communication equipment designed to transmit short messages over distances of 150 ... 200 and more kilometers when installing the equipment on a vehicle are presented. Radio communication system is proposed that can be used in emergency rescue operations by rescue mobile teams in remote areas with a complete lack of telecommunication infrastructure.

Keywords: medium-wave band, radio communication equipment, ground radio wave, rescue teams, short antenna

МЧС России совместно с федеральными органами исполнительной власти и научными организациями реализует комплекс мероприятий по обеспечению безопасности Арктической зоны Российской Федерации. Эта работа ведется в соответствии с Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу, Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. и другими стратегическими документами.

В декабре 2019 г. Совбез России уже одобрил «Основы государственной политики в Арктике», а в марте 2020 г. вышел Указ Президента Российской Федерации от 5 марта 2020 г. № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года». Также в декабре был утвержден план развития инфраструктуры Северного морского пути (СМП) на период до 2035 г. В Арктической зоне развернуло свою работу Агентство по развитию человеческого капитала и Фонда развития Дальнего Востока и Арктики.

Основная цель – повышение уровня защищенности населения и территорий Арктики за счет создания эффективной системы мониторинга, увеличения оперативности действий при проведении поисково-спасательных и аварийно-спасательных работ [1].

Для обеспечения режима постоянной готовности и экстренного реагирования на любую чрезвычайную ситуацию в Арктике функционируют пять арктических комплексных аварийно-спасательных центров (АКАСЦ) – в г. Воркуте, г. Мурманске, г. Нарьян-Маре, г. Архангельске и г. Дудинке, а также Арктический спасательный учебно-научный центр «Вытегра» в Вологодской области общей численностью 477 человек и еще пять создаются – в г. Архангельске, пос. Тикси, г. Анадыре, г. Певеке, пос. Сабетте.

Для организации взаимодействия в ближней зоне (до 300 км) при проведении поисково-и аварийно-спасательных работ создаваемым в арктическом регионе АКАСЦ требуется надежная и постоянная радиосвязь. Одной из проблем, с которой столкнулись спасатели в Арктике, является проблема обеспечения качественной радиосвязью мобильных групп подразделений МЧС России, выполняющих задачи в удалении от населенных пунктов [2].

Районы Крайнего Севера и Арктическая зона Российской Федерации имеют свою специфику в части распространения радиоволн коротковолнового диапазона, выражающееся в аномально повышенном поглощении радиоволн в полярной ионосфере, что является одной из главных причин нарушения радиосвязи. Вблизи полярных районов ионосфера более возмущена, при этом ее ближайший к Земле слой D поглощает большую часть энергии проходящих через него радиоволн (эффект Делинджера) [3]. Степень поглощения сигналов зависит от высоты солнца над горизонтом, широты места, солнечной активности, а так же от географии радиотрассы и может достигать 100 дБ. В этом регионе на состояние ионосферы большее значение (из-за относительной близости) оказывают магнитные полюса земли. В периоды магнитных бурь, которые напрямую связаны с деятельностью Солнца, это влияние может увеличиваться многократно. Прохождение радиоволн в коротковолновом диапазоне в такие периоды может полностью отсутствовать. В этом случае необходимо (по возможности) для организации радиосвязи переходить на более низкие частоты в область средних волн.

Концепция организации бесперебойной голосовой связи и передачи данных по радиоканалу в северных широтах России должна быть основана на использовании средневолнового диапазона длин волн. Большая длина волны позволяет связываться поверхностной волной на расстояниях, значительно превышающих зону прямой видимости за счет явлений дифракции и рефракции, что дает возможность обеспечить связь в этом диапазоне на расстояния до нескольких сотен километров, осуществляя загоризонтную радиосвязь без мертвых зон [4, 5]. Такое решение задачи обеспечения постоянной радиосвязи является так же экономически наиболее выгодным и позволит достаточно быстро развернуть такую систему, так как она не требует сложной инфраструктуры.

Комплекс современных технических решений в области радиосвязи для средневолнового (СВ) диапазона длин волн, разработанный в Омском государственном техническом университете (ОмГТУ), позволяет создавать информационно-телекоммуникационную систему в Арктической зоне Российской Федерации на основе мобильных радиостанций малой и средней мощности (рис. 1) [6] для обеспечения связью в Арктике спасательных подразделений МЧС России.



а)

б)

Рис. 1. Приемопередающее оборудование средневолнового диапазона длин волн «Ноэма-СВ»

На рис. 1 а представлены опытные образцы приемопередающего оборудования средневолнового диапазона длин волн в составе: приемопередатчик (400 ... 500) и (1600 ... 2850) кГц 10 Вт со встроенными аккумуляторами с классом пылевлагозащиты IP67; подключаемые к приемопередатчику тангента, GPS-датчик, GSM-радио-удлинитель, пульт (реализует прием-передачу сообщений в режиме цифрового избирательного вызова (ЦИВ; система ЦИВ является составной частью ГМССБ); усилитель мощности 100 Вт; смартфон с разработанным программным обеспечением под операционной системой (ОС) Android для управления приемом-передачей коротких сообщений (более удобный эквивалент пульта ЦИВ). На рис. 1 б представлены опытные образцы приемопередающего оборудования средневолнового диапазона длин волн в составе: приемопередатчик (400 ... 500) кГц 10/100 Вт со встроенным Wi-Fi модулем; тангента; смартфон с разработанным программным обеспечением под ОС Android для дистанционного переключения радиочастотных каналов, изменения громкости приемопередатчика, а также приема-передачи коротких сообщений с возможностью их ретрансляции в сети GSM. В состав оборудования входит укороченная резонансная штыревая антенна размером 6,5 м (соотношение длина волны/физическая длина антенны составляет примерно 100), состоящая из автоматического антенно-согласующего устройства (размер около 0,5 м) и излучающего элемента (телескопический алюминиевый штырь длиной 6 м). Высокая эффективность антенны обеспечивается точной автоматической настройкой антенны (за время 4 с) по максимально излучаемой мощности в радиоэфир. Благодаря прочной, надежной, пыле и влагозащищенной конструкции, отсутствию в конструкции подвижных частей, антенна допускает установку как на транспортном средстве при мобильном использовании (например на бампере автомобиля), так и на крыше здания при стационарном размещении антенны.

Возможность использования средневолнового диапазона длин волн для передачи сообщений на больших расстояниях (100 ... 200 км) подтверждается результатами натурных испытаний [7], проведенных совместно Омским государственным техническим университетом и Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России в окрестностях г. Воркуты на базе Воркутинского арктического комплексного аварийно-спасательного центра МЧС России на основе Соглашения о сотрудничестве от 3 марта 2017 г. между ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» и ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». При проведении натурных испытаний [7] использовалась система ЦИВ для приема-передачи коротких сообщений (частотное телеграфирование, класс излучения F1B с частотным сдвигом 170 Гц и скоростью передачи данных 100 бит/с (информационная

скорость 35 бит/с). Применение более эффективного вида модуляции дает возможность получить выигрыш в дальности радиосвязи.

В переработанной модемной части приемопередающего оборудования средневолнового диапазона длин волн «Ноэма» используется 64-позиционная частотная манипуляция (64-ЧМн или 64-FSK). Низкоскоростной модем позволяет обеспечить передачу коротких сообщений на дальностях, превышающих дальность голосовой связи. Низкоскоростной модем разработан в виде программного модуля обработки сигналов и управления, входящий в состав разработанного оборудования радиосвязи, в состав которого также входят модуль приемопередатчика и программный модуль для выносного интерфейсного терминала. Эффективность перехода на многопозиционную манипуляцию подтверждается моделированием кривых помехоустойчивости на рис. 2.

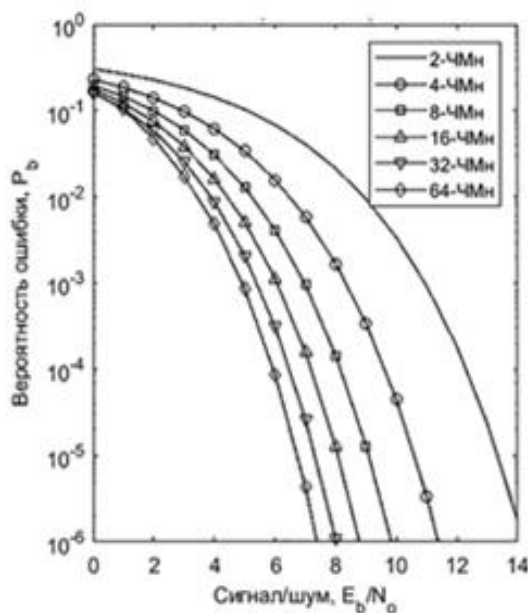


Рис. 2. Вероятность битовой ошибки для М-ЧМн в канале с аддитивным белым гауссовским шумом для некогерентного приема

Так, например, из рис. 2 видно, что при переходе от двухпозиционной (2-ЧМн) частотной манипуляции к 64-ЧМн при одинаковой скорости передачи и излучаемой мощности теоретический выигрыш при заданной вероятности ошибки может составить порядка 6 дБ [8]. Еще больший выигрыш может быть достигнут и, как следствие, получено увеличение дальности радиосвязи за счет уменьшения скорости передачи (при использовании частотной манипуляции к 64-ЧМн).

Для практической проверки и верификации выигрыша по дальности радиосвязи, полученного по результатам имитационного моделирования и лабораторного исследования [9–14], были организованы натурные испытания, разработанного ОмГТУ средневолнового радиооборудования.

При проведении испытаний оценивалась дальность радиосвязи, обеспечиваемая двумя уровнями мощности сигнала: 10 и 100 Вт. Использовались тестовые короткие цифровые сообщения с модуляцией 64-ЧМн, класс излучения F1B, информационной скоростью 2,4 бит/с, формат посылки: синхрослово и информационная часть = 7×1 символ (T_s) + $31 \times T_s$, где T_s – длительность символа = 1,152 с. Одно короткое сообщение позволяет передать до 13 печатных символов включительно. В одном коротком сообщении при реальном использовании оборудования возможно передать: координаты с точностью 30 м, указатели передающей и приемной радиостанций, назначение передаваемых координат.

Два опытных образца радиостанции «Ноэма СВ» (комплект приемопередатчик рис. 1 б и антенна) были установлены: первый на уровне земли на территории пос. Верхний Карбуш

(рис. 3), второй на автомобиль Hyundai (рис. 4), движущийся по трассе Р254 «Иртыш» и удаляющийся от пос. Верхний Карбуш. Цель испытаний – сравнение потенциальной дальности двусторонней радиосвязи в средневолновом диапазоне при различной мощности передатчика с использованием малогабаритной антенны, с расположением точки приема в умеренной шумовой обстановке.



Рис. 3. Антенна на треноге (пос. Верхний Карбуш, Омская область)

Испытания проводились в виде последовательности сеансов радиосвязи при номинальном напряжении электропитания, в реальных климатических условиях на частоте 440 кГц. Испытания проводились по проверке дальности двухсторонней радиосвязи в режиме приема-передачи цифровых коротких сообщений. Мощность, подводимая к антенне, составляла 10 Вт или 100 Вт. Контроль за уровнем излучаемого сигнала, уровнем шумов и сосредоточенных помех в точке приема осуществлялся с помощью анализатора кабелей и антенн ZVH-4 фирмы Rohde & Schwarz.



Рис. 4. Антенна на автомобиле

Результаты испытаний

Условия проведения испытаний:

- точка приема и передачи «город» – на земле вблизи дома в пос. Верхний Карбуш. Антенна установлена на почве, размер антенны – 6,5 м;
- погода в день испытаний: ясная, температура -4 °С;
- поверхность земли: обледеневший снег, наст;
- координаты расположения: 54,892322° С.Ш. 73,22110° В.Д.;
- точка приема и передачи на трассе «машина» – автомобиль Hyundai (рис. 4), перемещавшийся по трассе Р-254 «Иртыш» от пос. Верхний Карбуш в направлении г. Новосибирск; размер антенны – 6,5 м;
- рельеф трассы – равнинный.

Результаты испытаний приведены в таблице. На рис. 5 и рис. 6 соответственно показаны поперечный профиль рельефа радиотрассы № 5 и размещение точек приема и передачи при радиосвязи.

Таблица. Результаты испытаний 24 марта 2020 г.

№	Координаты/место	Расстояние, км	Наличие связи мощностью 10 Вт		Наличие связи мощностью 100 Вт	
			машина > поселок	поселок > машина	машина > поселок	поселок > машина
1	54°55'23" С.Ш. 73°43'40" В.Д. 5 км от поворота на пос. Октябрьский	32,6	Есть	Есть	Есть	Есть
2	55°3'1" С.Ш. 74°47'59" В.Д. граница Омской и Новосибирской обл.	102	Есть	Есть	Есть	Есть
3	55°9'28" С.Ш. 75°44'42" В.Д. поворот на г. Татарск	164	Есть	Есть	Есть	Есть
4	55°15'11" С.Ш. 76°44'10" В.Д. поворот на пос. Чаны	227	Есть	Есть	Есть	Есть
5	55°20'1" С.Ш. 77°39'26" В.Д. 9,5 км от поворота на аул Тебис	286	Нет	Есть	Есть	Есть



Рис. 5. Поперечный профиль рельефа трассы № 5

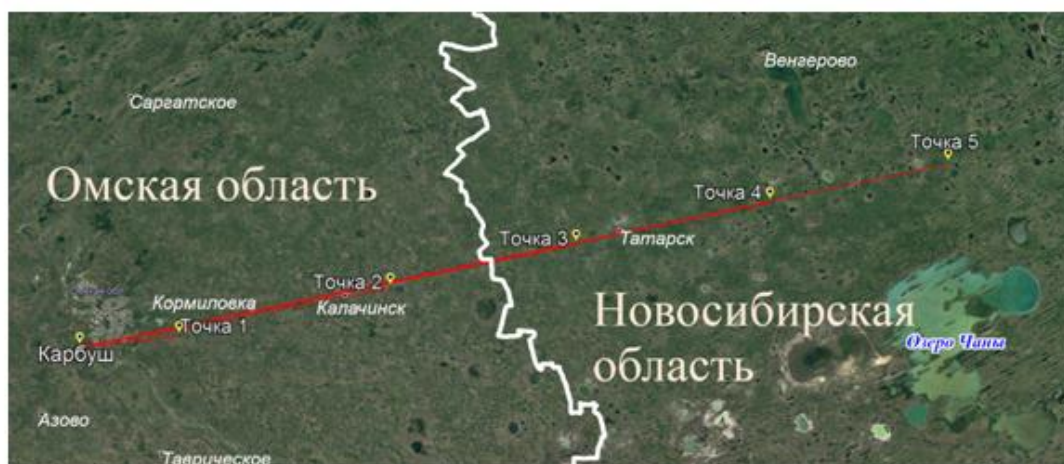


Рис. 6. Размещение точек приема и передачи при радиосвязи

Выводы

В ходе испытаний были определены:

- расстояние двусторонней радиосвязи в СВ диапазоне с использованием малогабаритной мобильной антенны, модуляции 64-FSK при приеме в умеренной шумовой обстановке и мощностью передатчика 10 Вт составляет не менее 227 км, порядка 250 км. Возможная зона связи в районе пос. Верхний Карбуш (Омская обл.) показана на рис. 7;

- для компенсации высокого уровня шума в точке приема необходимо использовать увеличенную мощность передачи (100 Вт) или использовать ретрансляцию из точки приема с умеренной шумовой обстановкой, но расположенную на небольшом удалении (порядка 15 км) в пределах действия GSM канала связи.



Рис. 7. Возможная зона связи с расположением базы в пос. Верхний Карбуш (Омская обл.)

Перспективная комплексная система связи подразделений МЧС России, в том числе мобильных подразделений, выполняющих задачи в Арктической зоне Российской Федерации на основе средневолнового радиооборудования «Нозма-СВ» и на основе накопленного опыта, отображенного, в частности, в работе [15], может быть построена так, как изображено на рис. 8.

Особенности средневолновой системы связи следующие:

- большой радиус действия – до 250 ... 300 км при передаче коротких сообщений;
- распространение радиосигнала за счет поверхностной (земной) волны гарантирует минимальную зависимость от текущей геомагнитной обстановки;
- выход в телефонную сеть общего пользования обеспечивает передачу сообщений и координат на несколько смартфонов с локализацией местоположения на карте;
- два диапазона рабочих частот – средневолновый/коротковолновый обеспечивает расширение функциональности действующего парка коротковолновых радиостанций, например, радиостанции «Карат».

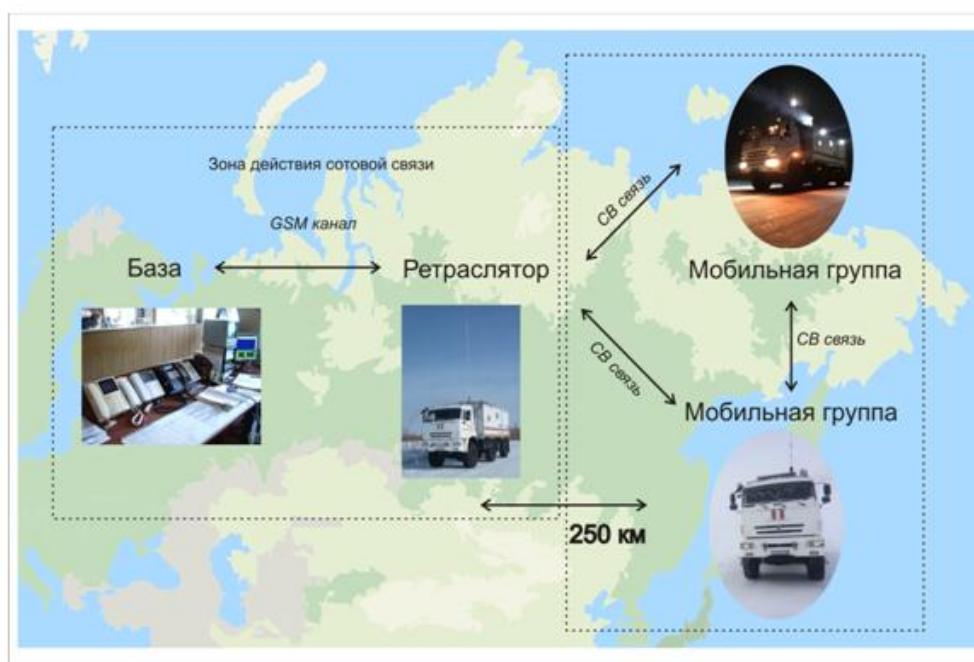


Рис. 8. Система связи с мобильными подразделениями аварийно-спасательных служб МЧС России в районах Крайнего Севера на основе средневолнового радиооборудования «Нозма-СВ»

Дальнейшая модернизация оборудования – внесение изменений в функциональную часть приемопередающего оборудования – возможна только при тесном взаимодействии разработчика и потребителя для решения конкретно поставленных задач.

Научно обоснованные и практически верифицированные разработки ОмГТУ в части создания современного СВ приемопередающего и антенно-фидерного оборудования радиосвязи могут быть рекомендованы для совершенствования материально-технической базы поисково-спасательных подразделений МЧС России, выполняющих задачи в Арктической зоне Российской Федерации.

Литература

1. Лутошкин А.В. Комплексное обеспечение безопасности в Арктическом регионе // Общество за безопасность: VI Форум МЧС России и общественных организаций. 13–16 июля 2017 г. Вытегра, 2017.
2. Папырин В.В., Сидоров В.К. Некоторые аспекты организации цифровой коротковолновой радиосвязи в Арктике // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 3. С. 1–6.
3. Черенкова Е.Л., Чернышов О.В. Распространение радиоволн: учеб. для вузов связи. М.: Радио и связь, 1984. 272 с.

4. Liashuk A.N., Zavyalov S.A., Molodtsov A.S. Peculiarities of RF propagation predicting in the northern latitudes // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON–2015). Proceedings. Omsk: The Tomsk IEEE Chapter & Student Branch. Russia, Omsk, May 21–23, 2015.
5. Папырин В.В., Сидоров В.К. Радиосвязь в Арктике: история и современность // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 1–8.
6. Liashuk A.N., Zavyalov S.A., Chashin E.A. Small monopole transceiver antenna for medium frequencies: материалы XVII Междунар. конф. молодых спец-в по микро/нанотехнологиям и электронным устройствам. Новосибирск, 2016.
7. Протокол натурных испытаний дальности радиосвязи в средневолновом диапазоне частот на реальной радиотрассе. Воркута, 2017.
8. Прокис, Дж. Цифровая связь: пер. с англ. / Дж. Прокис; под ред. Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.
9. Низкоскоростной модем для передачи данных малого объема в средневолновом диапазоне частот для территории Арктики / П.И. Пузырев [и др.] // Омский научный вестник. 2018. № 4 (160). С. 145–150.
10. Puzyrev P.I., Shein V.Y., Erohin V.V. Orthogonal multiple chirp modulation for tasks of robust data transmission // 19th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM) (Erlagol, Altai, 29 June–3 July 2018). Novosibirsk, 2018. P. 1–4.
11. Пузырев П.И., Завьялов С.А. Способ оценки частоты несущей и времени прихода сигнала по ЛЧМ-подобной фазокодированной последовательности // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. Т. 5. № 4. С. 259–264.
12. Puzyrev P.I., Zavyalov S.A. Orthogonal Phase-Coded Signals with Additional Differential Phase Shift Keying // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines – Dynamics 2018: 12th International Scientific and Technical Conference. Omsk, 2018. С. 1–7.
13. Пузырев П.И., Квачев М.А., Ерохин В.А. Самоорганизующаяся сеть низкоскоростных радиосистем передачи коротких сообщений средневолнового диапазона // Россия Молодая: Передовые Технологии – В Промышленность! 2019. № 1. С. 156–160.
14. Puzyrev P.I. Multiple Frequency-Shift Keying with Differential Phase-Shift Keying of Subcarriers // Far East Journal of Electronics and Communications. 2018. Vol. 18. Issue 6. P. 829–840.
15. Перспективы использования средневолнового диапазона для радиосвязи с мобильными группами спасателей МЧС России / И.Ф. Бажуков [и др.] // Динамика систем, механизмов и машин Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). 2017. № 4. С. 187–194.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СПОСОБ СБОРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ НА СРЕДСТВАХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

**Ю.В. Рева, кандидат военных наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с повышением высокой надежности и работоспособности электрических машин средств водного транспорта, работающих в морской воде при добыче полезных ископаемых и углеводородов со дна Мирового океана и в Арктической зоне. Показаны конкретные высокотехнологические механизмы и устройства, которые могут быть использованы в данном процессе, а также

высокая надежность обмотки статора с высоким сопротивлением изоляции на большие ресурсы выработки.

Ключевые слова: средства водного транспорта, погружные электрические машины, погружные электрические двигатели, обмоточные провода, обмотки статора, сопротивление изоляции, фторопласты

MANUFACTURING TECHNOLOGY AND METHOD OF ASSEMBLY OF ELECTRIC MACHINES OF OPEN EXECUTION ON WATER TRANSPORT VEHICLES

Yu.V. Reva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article is devoted to the issues related to improving the high reliability and efficiency of electric vehicles of water transport vehicles operating in seawater during the extraction of minerals and hydrocarbons from the bottom of The world ocean and in the Arctic zone. Specific high-tech mechanisms and devices that can be used in this process are shown, as well as high reliability of the stator winding with high insulation resistance for large production resources.

Keywords: water transport vehicles, submersible electric vehicles, submersible electric motors, winding wires, stator windings, insulation resistance, fluoroplastics

Для обеспечения высокой надежности и работоспособности электрической машины (ЭМ), работающей в морской воде на любой глубине погружения при наличии в ней биоорганизмов, взвешенных инородных частиц, песка, ила и т.д. и с учетом ее высокой химической активности, необходима высокая надежность обмотки статора с высоким сопротивлением изоляции (500 МОм) на большие ресурсы (более 10 000 ч). Это обеспечивается благодаря исполнению каждой фазы без соединений из обмоточного провода с полимерной изоляцией, например, из облученного полиэтилена и фторопласта. Соединение «звезда» и начала фаз с питающим кабелем изолируется запеченной полимерной пленкой из облученного полиэтилена. При этом запеченная полимерная пленка должна представлять собой монолитное изоляционное соединение без воздуха, пористости, выбоин и трещин.

При намотке статоров этих машин были проверены различные способы укладки фаз обмотки, а именно:

- укладка катушек, намотанных на станке, с заданным шагом из единого куска провода, через раскрытие пазов;
- укладка куска провода фазы через раскрытие пазов, предварительно отмерив длину провода фазы и смотав ее в виде сплюсненной бухты, челночным методом протаскивают ее через расточку статора, укладывая провод поочередно через раскрытие каждой пары пазов;
- укладка куска провода в пазы методом челночной протяжки поочередно через каждые пары пазов с использованием технологических стальных спиц, которыми заполняют эти пазы перед намоткой по количеству, равному числу проводов в пазе.

Первые два способа не обеспечивают намотку статора без повреждения верхнего слоя изоляции провода. Третий способ обеспечивает высокую надежность обмотки при протяжке провода вручную или полуавтоматически с использованием барабанов, устанавливаемых по торцам статора для обмотки и смотки обмоточного провода, и исключает повреждение изоляции провода. Этот способ применяют фирмы: PLEUGER – ФРГ, TEYLOR – Великобритания, ASKO – Япония и другие для герметичных масло- и водонепроницаемых машин с нейтральным водородным показателем рН воды.

Однако для ЭМ открытого типа средств водного транспорта (СВТ), работающих в морской воде, необходимо его усовершенствовать и защитить лобовые части от различных механических частиц, находящихся в соленой среде морской воды, которая при поступлении внутрь машины движется с большими скоростями при вращении ротора.

В настоящее время ведутся опытные работы по разработке способа изготовления обмотки статора, а также разрабатывается технологическая инструкция с описанием всего технического процесса укладки обмотки.

На рисунке показана лобовая часть обмотки статора ЭМ:

- 1 – выкладка паза фторлакотканью марки Ф-4-МДЭ в три слоя;
- 2 – выходные концы выкладки паза длиной $l=25-30$ мм;
- 3 – обмоточные провода в пазу;
- 4 – нижний слой липкой полимерной пленки, например, из липкого фторопласта марки Ф-4-ЭОЛН;
- 5 – средний слой полимерной пленки, например, из фторопласта марки Ф-4-ЭО;
- 6 – верхний слой из липкой полимерной пленки той же марки, что и нижний слой, наложенный с захватом выходных концов выкладки паза;
- 7 – пакет сердечника статор.

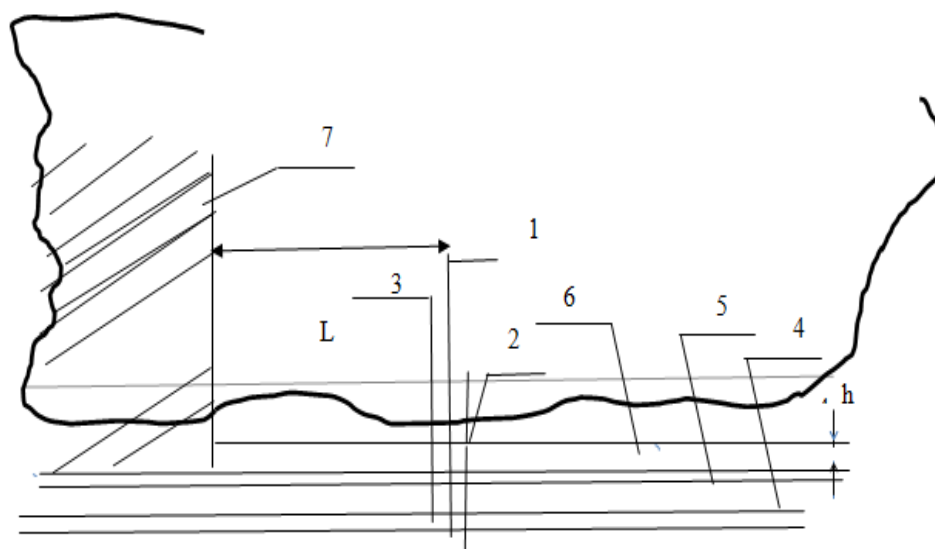


Рис. Конструкция лобовой части обмотки статора ЭМ

По данному способу, вначале производят выкладку двух пазов одной катушки фазы полимерной пленкой, например фторлакотканью 1 марки Ф-4-МДЭ, в три слоя. Для этого отмеряют фторлакоткань по ширине, достаточную для трех слоев, и по длине, равной длине паза плюс выход концов из паза на длину $L=30$ мм с обоих концов, образуя выходные концы выкладки 2. Сворачивают в трубку и протягивают в паз, расправляют ее по форме паза. Вставляют в вышеупомянутые пазы технологические стальные спицы по количеству, равному числу проводов 3 в пазу. Обмоточным проводом 3 выталкивают спицу из паза и протягивают провод, после чего выполняют то же во втором пазу с обратной стороны. Операция повторяется до полного заполнения двух пазов обмоточным проводом вместо спиц. Перед намоткой оставшимся проводом на лобовые части образовавшейся катушки накладывают слой 4 в полнахлеста из липкой полимерной пленки, например фторопласта марки Ф-4-ЭОЛН, встык с выходным концом 2 выкладки паза, затем слой 5 полимерной пленки, например марки Ф-4-ЭО, тоже встык с выходным концом 2 выкладки паза, и сверху накладывают слой 6 полнахлеста из липкой полимерной пленки с захватом выходных концов выкладки пазов встык с ярмом сердечника статора 7. После этого производят выкладку фторлакотканью следующей пары пазов по аналогичной технологии до полной укладки фазы обмотки. Суммарная толщина h наложенных слоев на каждой лобовой части составляет 0,5–0,7 мм, а количество защитных полимерных пленок равняется нечетному числу.

Две другие фазы наматываются по аналогичному техпроцессу с учетом их сдвига друг относительно друга на 120 электрических градусов.

Намотку каждой фазы производят от ее середины сначала в левом направлении, а затем в правом для сокращения числа циклов трения провода по пазам в два раза.

По окончании намотки производят проверку сопротивления изоляции каждой фазы методом погружения статора в соленую воду (3,5 % NaCl) и выдержки его не менее одного часа. Сопротивление изоляции должно равняться исходному сопротивлению изоляции обмоточного провода и быть не менее 500 МОм.

В дальнейшем производят соединение концов фаз в схему «звезда» и осуществляют погружение статора в соленую воду для проверки сопротивления изоляции. Если в результате погружения сопротивление изоляции какой-нибудь из фаз меньше 500 МОм, то фаза перематывается этим же проводом.

По окончании намотки и проверки сопротивления изоляции статора все механические доработки и работы на статоре запрещены, статор направляется на окончательную сборку ЭМ.

Для обеспечения монолитности изоляции и для обеспечения большого ресурса наработки ЭМ в морской воде разработаны в настоящее время конструкции соединения питающего кабеля с началами фаз обмотки и соединения «звезда», которые осуществляются в соединительных коробках внутри ЭМ.

Этот несложный способ сборки ЭМ, в результате, повышает ее надежность, а также соответствующий моторесурс. За счет исключения поврежденной изоляции обмотки срок службы данного агрегата может увеличиться в разы.

Предлагаемый алгоритм действий позволяет сократить время сборки машины, ввиду того что сам процесс сборки осуществляется на одном рабочем месте.

В целом стоимость машины позволяет снизить исключение возможности повреждений изоляции обмоточного провода, потому что обмоточные провода с полимерной изоляцией, например, по стоимости составляют примерно 25 % стоимости ЭМ. А если они еще и получены из облученного сшитого полиэтилена и фторопласта, то стоимость может быть и меньше. Налицо прямая эффективность и экономическая целесообразность в производстве [1].

Конструкционные материалы для активных частей ЭМ, материалы подшипниковых пар, обмоточные провода, материалы для электрохимической протекторной защиты выбираются в соответствии с основами гидролитической стойкости материалов, из которых изготавливаются детали двигателя на соответствующих участках предприятия по единому техпроцессу для всех ЭМ. Сборка ЭМ производится только на сборочном участке. К способу сборки для ЭМ с гильзой и полюсными колесами на роторе добавляются некоторые операции техпроцесса. После укомплектования роторов разогревают гильзы до 300–500 °С и запрессовывают на пакеты или на концы насосных колес и закрепляют их.

Разработанные машины типа ЭМ с гильзой из композиционного высокопрочного порошкового магнитоэлектропроводящего материала являются дальнейшей модернизацией ЭМ с короткозамкнутым ротором. Магнитоэлектропроводящая гильза на роторе позволяет получить мягкую механическую характеристику по сравнению с ЭМ с короткозамкнутым ротором, улучшить пусковые характеристики, что очень важно для применения их в качестве приводов якорно-швартовых механизмов глубинных подводных аппаратов (ГПА). Материал гильзы обладает свойством поглощения собственных механических и электромагнитных колебаний, что особенно существенно для механизмов ГПА с точки зрения улучшенного качества виброакустических характеристик (ВАХ).

Использование винтоканавочной нарезки на самой гильзе или внешней поверхности ротора дает возможность создать приемлемый насосный эффект с целью прогнать морскую воду с обильным содержанием инородных частиц и микроорганизмов по рабочему немагнитному зазору. Это может в значительной степени повысить надежность двигателя и исключить возможность его торможения при выходе на заданный режим работы. Кроме того, винтоканавочная нарезка с симметричным шагом относительно центра улучшает ВАХ за счет снижения турбулентного движения морской воды в полости двигателя и придания ему ламинарного движения по винтовым канавкам при любом направлении вращения ротора. При этом канавки на величину эквивалентного немагнитного зазора существенного влияния не оказывают, отношение площади канавок к поверхности ротора составляет не более

4 % и, соответственно, происходит небольшой рост тока холостого хода не более 4 %. На КПД и рабочий номинальный режим нарезка практически не влияет, потери мощности на насосный режим составляют всего около 20–25 Вт при мощности двигателя 10 кВт или не более 1 % от суммарных потерь машины.

Технические предложения балансировки ротора с помощью эксцентричных втулок или дисков с радиальным сечением в виде эллипса позволяют более качественно устранить дисбаланс ротора по сравнению с общепринятым методом. Это производится с помощью грузов, ввинчиваемых в балансировочные круговые диски, грузы которых адекватны несимметричному центробежному насосу, создающему собственный дисбаланс. Поэтому применение эксцентрических втулок или дисков со смещением оси в сторону уменьшенной массы ротора позволяет качественно улучшить ВАХ погружных электрических машин [2].

Литература

1. Акимов В.А. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в Арктике: Междунар. науч.-практ. конф. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009.
2. Молчанов В.П., Соколов Ю.И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011.

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.М. Астанков;

И.Н. Некрасов, кандидат технических наук.

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского.

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложен подход к диагностированию технических систем специальных объектов на примере объектов наземной инфраструктуры ракетно-космических комплексов путем создания комплексной системы мониторинга. Определена специфика технических систем как объекта диагностирования. Приведены требования к разрабатываемому математическому и алгоритмическому обеспечению, положенному в основу системы комплексного мониторинга. Разработана математическая модель контроля работоспособности технических систем.

Ключевые слова: технические системы, система мониторинга технического состояния, техническое диагностирование, контролируемые параметры

THE SYSTEM OF INTEGRATED MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF SPECIAL OBJECTS

A.M. Astankov; I.N. Nekrasov. Mozhaisky military space academy.

A.V. Vagin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The suggested approach to the diagnosis technical systems of special objects using the example of ground-based infrastructure facilities for rocket and space complexes by creating a comprehensive monitoring system. The specificity of the technical systems as the object of diagnosis. Given the requirements for developing mathematical and algorithmic providing, put the basis for an integrated monitoring system. The mathematical model of operability of technical systems.

Keywords: technical system, system condition monitoring, technical diagnostics, control parameters

Развитие деятельности в космической сфере является приоритетным направлением в нашем государстве. Орбитальная группировка в настоящий момент позволяет решать множество задач в области экономики, геологии, метеорологии, радиовещания, навигации и связи.

Важнейшая роль, которая отводится наземным комплексам (НК), определяет высокие требования к устойчивости и согласованности процессов функционирования всех систем данных комплексов. Отказ одной из них создает предпосылки к срыву выполнения задач по запуску ракет космического назначения или управлению космическими аппаратами.

Выполнение указанных выше задач в настоящее время сопряжено с рядом трудностей: еще не полностью восстановлено взаимодействие предприятий военно-промышленного комплекса, обеспечивающих производство и ремонт космических средств, перевод производства комплектующего оборудования на территорию России из стран ближнего зарубежья еще не завершен.

Состояние технических систем (ТхС) НК вызывает еще более серьезную озабоченность, чем состояние основного оборудования. Существенные недостатки в функционировании данных систем обуславливаются как общим состоянием НК, так и другими причинами. В частности, в большинстве систем из состава комплекса ТхС оборудование является общепромышленным. Требования к общепромышленному оборудованию при его проектировании и изготовлении ниже, чем, например, к узкоспециализированным пусковым системам. Кроме того, сроки эксплуатации такого оборудования превышают гарантийный ресурс в значительно большей степени, чем обычно применяются для технологического оборудования [1].

Существующая система эксплуатации ТхС предусматривает применение жестких стратегий технического обслуживания [2], которые базируются на среднестатистических оценках изменения технического состояния (ТС) объектов определенной структуры и назначения. Такой подход не учитывает особенностей конкретного объекта, условий его эксплуатации, в результате чего профилактические работы могут проводиться несвоевременно (исходя из фактического ТС). Это значительно ухудшает эксплуатационные характеристики данных систем, в том числе снижает безотказность. В связи с тем, что в составе ТхС практически только объекты общепромышленного назначения, которые, как известно, характеризуются большим разбросом показателей надежности даже среди однотипных агрегатов [3], ориентация на среднестатистические оценки становится еще более неоправданной. А поскольку сроки эксплуатации ТхС намного превышают гарантийные, то для этапа применения указанных систем за пределами гарантийных сроков отсутствуют и представительные статистические оценки изменения ТС.

В сложившихся условиях особого внимания заслуживают те подходы к управлению техническим состоянием, которые позволяют решать проблемы поддержания работоспособного состояния ТхС существующих комплексов. Среди таких направлений необходимо выделить следующие.

Первое направление – переход к гибким стратегиям технического обслуживания, предусматривающим варьирование сроками и объемами профилактических работ в зависимости от фактического ТС оборудования. Теоретические исследования и экспериментальная отработка полученных результатов подтверждают целесообразность внедрения гибких стратегий в практику эксплуатации НК.

Второе направление – применение системы расширенного технического обслуживания, которая базируется на гибких стратегиях, но, кроме того, предусматривается выполнение и определенных ремонтных работ силами и средствами эксплуатирующего персонала. Внедрение такого варианта позволяет отказаться от ряда услуг предприятий промышленности, а, следовательно, снизить стоимость ремонтных работ, исключить затраты времени и ресурсов на транспортировку оборудования. Таким образом, повышается и готовность ТхС к применению.

Но реализация указанных мероприятий связана с необходимостью решения ряда вопросов организационного и научно-технического характера.

К настоящему времени на множестве объектов других сфер функционируют системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Требования к данным системам регламентируются целым рядом нормативно-правовых актов. Основной задачей данных систем является предупреждение различного рода чрезвычайных ситуаций путем контроля множества рабочих процессов.

Основным недостатком использования данных систем в качестве источника информации о состоянии ТхС НК является отсутствие технической возможности выявления постепенных отказов оборудования. В случае несвоевременного обнаружения данного вида отказов они могут повлечь за собой полную потерю работоспособности того или иного элемента. Данная проблема объясняется отсутствием аппарата получения адекватной информации о техническом состоянии ТхС.

Такая информация поступает в результате проверки функциональной пригодности объектов. Функциональная пригодность ТхС определяется совокупностью свойств, оценивание которых производится на основе экспериментальных исследований, реализуемых в рамках эксплуатационно-технического контроля. В составе указанных мероприятий выделяется контроль работоспособности [4]. При осуществлении контроля проверяется соответствие объекта заданным эксплуатационно-техническим требованиям.

В случае несоответствия хотя бы одному из установленных требований объект необходимо исследовать дополнительно с целью установления причин этого несоответствия, то есть отказов объекта. Поиск отказов составляет задачу технического диагностирования.

Математическое обеспечение контроля и диагностирования ТхС

Разработка математического обеспечения контроля и диагностирования технического состояния ТхС наземных комплексов всегда сопровождается необходимостью преодоления факторов сложности и неопределенности. Данное обстоятельство зависит от ряда причин:

1. Переход объекта из одного ТС в другое определяется воздействием множества самых различных факторов, точный учет которых невозможен.

2. Поиск отказов производится с точностью до функциональных элементов (ФЭ) некоторого уровня, который определяется, с одной стороны, заданными требованиями к глубине диагностирования, а с другой – составом имеющихся контролируемых признаков. Отказы внутри этих ФЭ являются неразличимыми. В результате истинная причина перехода объекта в неработоспособное состояние остается неизвестной.

3. В связи с ограниченным количеством контролируемых признаков отказы отдельных ФЭ функциональных элементов на множестве этих признаков могут проявляться почти одинаково.

4. Как правило, имеет место недостаток статистических данных о неработоспособных состояниях объекта.

При разработке математического обеспечения контроля и диагностирования ТхС возникает проблема сопряжения разнородных математических моделей между собой. В итоге модель ТхС в целом может иметь высокую сложность и размерность. Несмотря на это, такая модель малоприспособна для контроля и диагностирования на этапе эксплуатации. Это объясняется необходимостью обработки сложных зависимостей, что отрицательно сказывается на оперативности принятия решения о ТС объекта, а, кроме того, использование большого объема исходной информации, измеряемой с погрешностями, снижает достоверность диагностирования при прочих равных условиях.

Для устранения данных недостатков необходима разработка модели на более высоком уровне абстракции, которая имела бы меньшую размерность и позволяла рассматривать все подсистемы с одних и тех же методологических позиций. При этом для описания всех подсистем должен использоваться единый математический аппарат, обеспечивающий

адекватность отображения основных закономерностей ТхС как объекта контроля и диагностирования ТС.

Посредством применения метода агрегирования математическая модель контроля и диагностирования ТхС строится на множестве обобщенных элементов, каждый из которых заменяет определенное подмножество элементов исходной системы в соответствии с выбранным критерием эквивалентности. В качестве обобщенных элементов математической модели контроля и диагностирования рассматривается множество агрегированных состояний объекта. Под агрегированным состоянием $E_i, i = \overline{0, m}$ понимается совокупность признаков $e_{ij}, i = \overline{0, m}, j = \overline{1, n}$, характеризующих общие свойства состояний объекта, по которым они могут быть объединены в рамках одного класса. Таким образом, агрегированные состояния:

$$E_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in})^T, i = \overline{0, m}$$

получаются путем разбиения множества ТС ТхС на ряд классов. Причем разбиение на классы осуществляется так, чтобы подмножества ТС ТхС, охватываемые каждым классом, соответствовали отказам его ФЭ (агрегированные состояния $E_i, i = \overline{1, m}$) и работоспособному состоянию E_0 . Это означает, что каждый класс соответствует определенному виду ТС ТхС.

Каждому состоянию объекта $X_{<h>}$, при заданном входном воздействии $\check{U}_{<w>}$, в определенный момент времени t соответствует выходная реакция $\check{Y}_{<v>}$ в виде вектора контролируемых признаков (КП). Для получения информации о ТС объекта используются контролируемые признаки $y_j, j = \overline{1, n}$ (координаты наблюдаемых состояний $Y_{<n>}$), так как переменные состояний $x_k, k = \overline{1, n}$ для измерений недоступны.

Таким образом, и каждому классу (то есть подмножеству состояний $X_i, i = \overline{0, m}$) будет соответствовать определенное подмножество $Y_i, i = \overline{0, m}$ наблюдаемых состояний. Указанное соответствие схематически отражено на рис. 1.

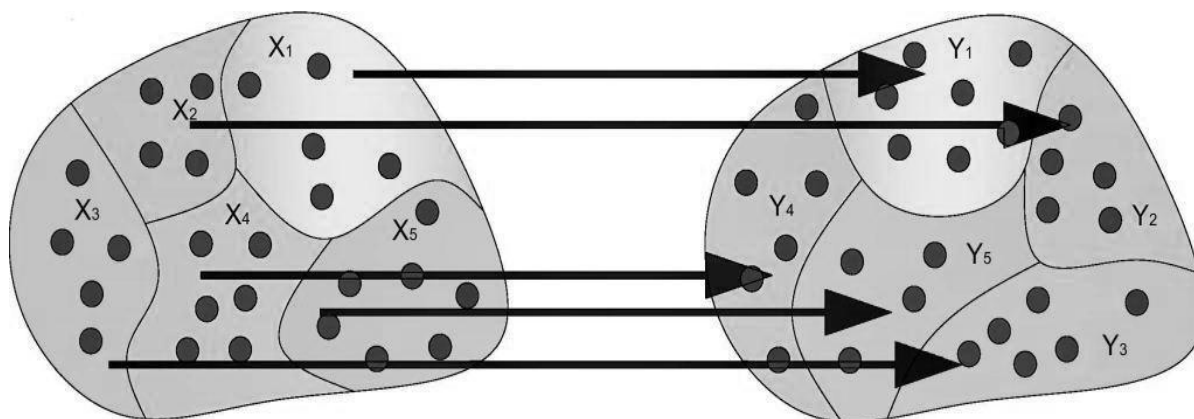


Рис. 1. Соответствие между подмножествами состояний и наблюдаемых состояний объекта

В модели контроля и диагностирования ТхС подмножества $X_i, i = \overline{0, m}$ являются видами ТС контролируемого объекта. По этой причине подмножества $Y_i, i = \overline{0, m}$ также могут трактоваться как виды ТС. В процессе синтеза модели контроля и диагностирования все операции по построению изображений видов ТС будут производиться на подмножествах Y_i . Но это означает, что все указанные операции будут тождественно отображаться и на соответствующие подмножества X_i .

Под декомпозицией понимается метод исследования, при котором система в целом рассматривается как комплекс взаимосвязанных подсистем [4].

На практике имеют место две схемы декомпозиции – вертикальная и горизонтальная. При исследовании реальных систем чаще всего производится комплексная декомпозиция,

то есть обе схемы используются одновременно. Вертикальная декомпозиция позволяет представить исходную систему как иерархию взаимодействующих подсистем. При этом полагается возможность последовательного управления со стороны подсистем более высоких уровней подсистемами низших уровней, которая проявляется в виде изменения параметров нижележащих подсистем.

Результатом комплексной декомпозиции системы является ее многоуровневая иерархическая структура, уровни которой представляют собой множества составных частей объекта, рассматриваемых как элементы по отношению к вышестоящему уровню и как системы по отношению к нижестоящему. Типовая иерархическая структура представлена на рис. 2.

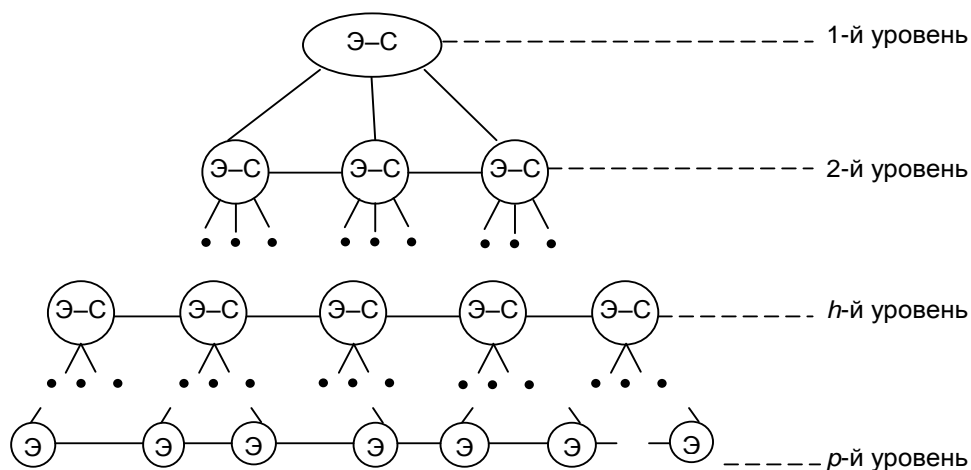


Рис. 2. Схема комплексной декомпозиции системы

На представленной выше схеме блоками «Э-С» обозначены составные части системы, которые могут рассматриваться и как элементы, и как системы, а блоками «Э» обозначены составные части системы, которые рассматриваются только как элементы. Горизонтальные линии, указанные на схеме, подразумевают наличие функциональных связей на каждом уровне иерархии.

Изменение масштаба агрегирования при переходе от одного уровня к другому позволяет производить диагностирование поэтапно, с осуществлением последовательной локализации отказов.

В процессе осуществления контроля работоспособности при помощи КП первого уровня вся система в целом рассматривается как один ФЭ, который может находиться в двух взаимоисключающих состояниях – работоспособном и неработоспособном. В случае если контролируемые параметры данного уровня находятся в допустимых пределах изменения, то объект считается работоспособным и процедура на этом заканчивается.

При фиксации факта неработоспособности осуществляется переход к поиску отказов. Объект уже рассматривается как система, а составные части второго уровня – как элементы. После идентификации на множестве КП второго уровня наблюдаемого состояния с одним из агрегированных состояний осуществляется переход на третий уровень, а идентифицированный элемент второго уровня рассматривается как система. Процесс диагностирования заканчивается после локализации отказа на нижнем уровне иерархической структуры. Целесообразность контроля работоспособности объекта на первом уровне определяется тем, что количество КП на этом уровне минимально.

Преимущество комплексной декомпозиции объекта перед интегрированным представлением состоит в том, что при формировании математической модели контроля и диагностирования один массив исходной информации заменяется несколькими массивами

меньшей размерности, которые в процессе диагностирования обрабатываются последовательно.

При наличии представительной обучающей выборки о функционировании объекта в работоспособном состоянии целесообразно использовать методы параметрической статистики как значительно более простые в методологическом и вычислительном отношении. В этом случае для определения значений КП в работоспособном состоянии объекта необходимо установить зависимости изменения выходных переменных (координат нормированных наблюдаемых состояний) от входных воздействий, которые также нормированы. В общем виде данные зависимости можно представить как:

$$y_j = \hat{f}(U_{<l>}), j = \overline{1, n}.$$

Особенности построения моделей контроля работоспособности для рассматриваемого случая заключаются в следующем. Выбирается состав КП первого уровня, на множествах значений которых задается структура n_1 -мерного евклидова пространства. Затем выбираются входные переменные, на множествах значений которых задается структура l_1 -мерного евклидова пространства. Это позволяет строить зависимости КП от сочетаний входных переменных на основе вычислительных схем, в частности, на основе метода наименьших квадратов.

Для каждого КП синтезируются многофакторные регрессионные зависимости:

$$y_{0j} = b_0 + \sum_{r=1}^{l_1} b_r u_r + F(u_1, u_2, \dots, u_r) + \varepsilon, j = \overline{1, n_1},$$

где $u_r, r = \overline{1, l_1}$ – определяющие факторы уравнения регрессии (входные переменные объекта); $F(u_1, u_2, \dots, u_r)$ – нелинейная часть уравнения; ε – остаточная случайная компонента.

Объект считается пригодным к целевому применению, если установлено, что все КП соответствуют допустимым пределам, то есть выполняется условие:

$$\bigcap_{j=1}^{n_1} (y_i \in [y_{0i}^H, y_{0i}^B]) . \quad (1)$$

Данное условие однозначно определяет в n_1 -мерном евклидовом пространстве гиперплоскость, которая отделяет области работоспособного и неработоспособного состояний. Невыполнение условия (1) рассматривается как количественное задание критерия отказа.

Таким образом, изложенный подход к построению математической модели контроля работоспособности ТхС позволяет осуществлять контроль пригодности его применения по целевому назначению без задания в явном виде агрегированного состояния неработоспособного ТхС. Это значительно упрощает структуру модели.

Полученная математическая модель контроля работоспособности является составной частью системы комплексного мониторинга ТхС. Следующим шагом в разработке данной системы является получение математических моделей диагностирования ТхС, а также разработка методик и алгоритмов по повышению достоверности этого процесса.

Разработанные модели могут послужить основой в разработке программного обеспечения системы комплексного мониторинга ТхС.

Литература

1. Сеньченков В.И. Математическое обеспечение контроля технического состояния мехатронных комплексов // Авиакосмическое приборостроение. 2005. № 10. С. 27–32.

2. Абраменко Б.С., Маслов А.Я., Немудрук Л.Н. Эксплуатация автоматизированных систем управления. М.: МО, 1984. 485 с.
3. Хубаев С.-М.К. Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции. М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2006. 71 с.
4. Сеньченков В.И. Модели, методы и алгоритмы анализа технического состояния. Saarbrücken.: LAP Lambert, 2013. 377 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЗРЫВНОЙ УТИЛИЗАЦИИ БОЧКОТАРЫ И ВЫШЕДШЕЙ ИЗ СТРОЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

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

С.Л. Копнышев, кандидат технических наук, доцент.

Академия ГПС МЧС России.

А.В. Седнев.

Московский государственный технический университет

им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет),

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук.

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматривается возможность утилизации взрывом пустой негодной бочкотары и вышедшей из строя техники, скопившихся в удаленных и труднодоступных районах Крайнего Севера.

Ключевые слова: бочкотара, взрывная технология, заряд, утилизация, экологическая безопасность, управление

TECHNOLOGY OF EXPLOSIVE UTILIZATION OF BARRELS AND EQUIPMENT THAT HAS FAILED TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS THAT ARE DIFFICULT TO ACCESS FAR NORTH REGIONS

V.A. Sednev; S.L. Kopynshev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Sednev. Moscow state technical university them. N.E. Bauman

(national research university), Institute of machine science of A.A. Blagonravov of the Russian academy of sciences.

V.A. Onov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article deals with the possibility of disposal by explosion of empty, unusable barrels and out-of-order equipment accumulated in remote and hard-to-reach areas of the Far North.

Keywords: barrel, explosive technology, charge, disposal, environmental safety, management

Использованная и пришедшая в негодность бочкотара, которая была завезена в отдаленные районы севера Российской Федерации при снабжении горюче-смазочными

материалами (ГСМ) воинских частей и других потребителей, исчисляется, по официальным данным, десятками миллионов штук.

В ряде случаев бочкотара и другие емкости имеют повреждения. В некоторых емкостях сохранились остатки ГСМ, которые, попадая в почву, водоемы, загрязняют окружающую среду и, в ряде случаев, ограничивают возможность обитания живых существ на данной территории ввиду высокой концентрации вредных компонентов.

При достижении в воздухе и внутренних объемах бочкотары взрывоспособной концентрации ГСМ существует опасность возникновения несанкционированных взрывов топливо-воздушной смеси. Многочисленные данные по несанкционированным взрывам топливо-воздушных смесей показывают, что государству наносится ущерб, исчисляемый сотнями миллионов рублей.

Вышедшая из строя и подлежащая восстановлению техника также, как правило, не утилизируется, а оставляется в определенных районах. Отправка такой техники на утилизацию требует специального оборудования, значительного времени и больших материальных затрат.

Вместе с тем металл, из которого произведена бочкотара и техника, представляет определенную ценность и может быть использован для вторичной переработки. При этом одним из главных условий является уменьшение объема бочкотары путем ее прессования или расчленения на фрагменты, удобные для последующего пакетирования и транспортировки. В соответствии с существующей в настоящее время технологией у бочки механическим способом срезается крышка, выжигаются остатки топлива и прессованием бочка сминается. Получившийся «блин» отправляется на переплавку.

Более мобильным и менее затратным в условиях труднодоступной местности будет применение взрывной технологии. Взрывчатые вещества (ВВ) концентрируют в малом объеме и массе огромную энергию, правильное использование которой может иметь большой экономический эффект.

В естественном состоянии ВВ практически безопасны в экологическом отношении. Однако в процессе их применения на окружающую среду могут оказывать вредное влияние следующие параметры:

- продукты взрыва;
- избыточное давление на фронте ударной волны;
- сейсмические волны;
- осколки бочкотары, образующиеся в результате взрыва;
- остатки ГСМ.

Для разработки методики взрывной утилизации бочкотары было оценено количество ВВ, необходимое для фрагментации одной 230-литровой бочки [1, 2] при различном ее расположении на земной поверхности.

Расчеты показали, что при использовании контактных удлиненных зарядов для срезания двух крышек и фрагментации напополам корпуса бочки потребуется заряд весом около 200 г в тротиловом эквиваленте. В качестве контактных зарядов могут использоваться отрезки детонирующего шнура (ДШ) или удлиненный заряд из пластичного ВВ.

При применении неконтактных сосредоточенных зарядов даже для фрагментации бочки с достаточно большими отверстиями (то есть когда воздух, содержащийся в бочке, не оказывает существенного противодействия процессу фрагментации) масса заряда тротила должна быть более значительной – 600–700 г.

При использовании сосредоточенных неконтактных зарядов смятие вертикально расположенной на поверхности земли бочкотары будет возможно только зарядами достаточно большой массы (несколько килограммов). Так, даже для 50 л бочки, имеющей небольшие начальные неправильности формы (вмятины, прогибы, деформации), масса сосредоточенного заряда для смятия обечайки должна быть не менее 7,5 кг тринитротолуола (ТНТ), а для бочки без явных дефектов масса ВВ должна быть увеличена до 14,8 кг. При меньших массах зарядов будет возможен только срыв верхней крышки без деформации обечайки.

Был рассмотрен также вариант использования взрыва зарядов, помещаемых внутрь бочкотары через сливные отверстия. Очевидно, что использование для этой цели малых по массе зарядов не сможет дать требуемого результата ввиду того, что разрушения бочки может не произойти, а использование больших зарядов приводит к образованию множества мелких осколков, способных вызвать поражение как объектов окружающей среды, так и человека, поэтому определение оптимального диапазона массы внутренних зарядов приобретает важное значение.

Результаты расчетов показали, что при массе внутреннего заряда ТНТ до 40 г будут возможны лишь незначительные деформации 200-литровой бочки без ее фрагментации, а при массе 40–200 г – выбивание торцевых крышек.

Фрагментация обечайки возможна при массе заряда, превышающей 200 г, причем количество фрагментов с увеличением заряда будет возрастать, а их размеры уменьшаться.

Возможность образования большого количества мелких и трудно пакетируемых фрагментов неправильной формы и отсутствие явного выигрыша в массе используемых зарядов при таком варианте утилизации делает его менее привлекательным по сравнению с вариантом использования удлинённых контактных зарядов.

Для уменьшения количества мелких фрагментов и снижения потребной массы заряда целесообразно в этом случае взрывную технологию утилизации сочетать с предварительным механическим утоньшением обечайки или продельваем прорезов по границам требуемых фрагментов бочкотары (не менее двух).

Проведенные расчеты позволили сделать следующие выводы:

- использование сосредоточенных внешних неконтактных зарядов для взрывной утилизации бочкотары при любом ее расположении в пространстве следует признать нецелесообразным;

- наиболее приемлемым вариантом взрывной утилизации бочкотары следует считать вариант использования накладных удлинённых контактных зарядов;

- в качестве накладных зарядов могут использоваться отрезки ДШ или заряды из пластичного ВВ, а для утилизации толстостенной бочкотары может использоваться заряд СЗ-1Э, представляющий собой гибкую ленту из эластичного ВВ, или шнуровой кумулятивный заряд ШКЗ-1.

Результаты проведенных исследований позволили разработать методику взрывной утилизации бочкотары. В основу методики была положена схема организации взрывных работ, при которой осуществляется одновременный подрыв двадцати единиц бочкотары при общей массе используемых зарядов в тротиловом эквиваленте 4 ... 6 кг.

При взрыве заряда такой массы объем токсичных продуктов взрыва, пересчитанных на окись углерода (СО), не превысит 350 ... 400 л [3].

Примерно такое же количество токсичных веществ выделяется в атмосферу при работе в течение 1 ч дизельного генератора мощностью 8 кВт, питающего 45-тонный пресс [4], и, следовательно, при средней производительности пресса до 20 бочек/час взрывной способ и механическое прессование в экологическом плане оказываются равнозначными.

Кроме того, при взрыве тротила массой до 10 кг уже через 20 ... 30 с концентрация токсичных газов в облаке продуктов взрыва становится практически безопасной для работающего персонала [3].

Безопасное расстояние по действию ударной волны, осколочному и сейсмическому воздействиям в этом случае не превысит 300 м [5].

Для организации работ предлагается сформировать специальные команды из взрывников, механизаторов, связистов, обеспечивающего персонала и других специалистов, действующие на высокопроходимой технике (вездеходах, тягачах, автомобилях).

Для непосредственного проведения работ по расчленению бочкотары должна оборудоваться подрывная площадка с размерами не менее 20 м в длину и 4 м в ширину, ограниченная по периметру насыпью высотой 0,6 ... 0,8 м для локализации разлета осколков и находящаяся, как правило, в оврагах, низинах, впадинах и других складках местности

и располагаемая с учетом направления господствующих ветров. При количестве N бочек в одном ряду, отличном от 20, длина площадки должна корректироваться коэффициентом $0,1 \times N$.

В непосредственной близости от подрывной площадки должны оборудоваться площадка сосредоточения подлежащей утилизации бочкотары и площадка сосредоточения металлолома (фрагментированной бочкотары). Возможная схема расположения указанных выше площадок представлена на рис. 1.

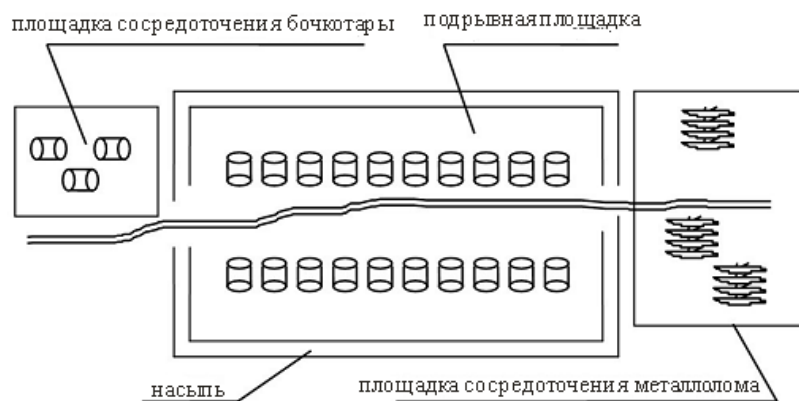


Рис. 1. Схема расположения площадок

Для обеспечения специалистов ВВ и средствами взрывания (СВ) на удалении не менее 300 м от подрывной площадки должен оборудоваться кратковременный склад взрывчатых материалов [5]. В связи с ограниченным временем функционирования площадок целесообразно обеспечивать хранение ВВ и СВ в передвижных кратковременных складах на базе автомобилей [6].

Во избежание поражения специалистов-подрывников осколками от дробления обечайки и крышек утилизируемых бочек в непосредственной близости от подрывной площадки должны оборудоваться укрытия. При ограниченном количестве времени на оборудование таких укрытий могут быть использованы передвижные железобетонные блиндажи и сооружения из местных материалов.

Работы по взрывной утилизации бочкотары должны проводиться с применением электрического способа взрывания. Электровзрывная сеть (ЭС) должна включать магистральные провода и две параллельные ветви участковых проводов с последовательно подключенными электродетонаторами (ЭД) в каждой. Количество ЭД в каждой ветви сети должно быть одинаково и соответствовать количеству единиц утилизируемой бочкотары в одном ряду. Провода должны укладываться со слабиной 10–15 % от расстояния между соединяемыми точками.

Количество специалистов-взрывников в рабочей группе должно составлять 7–9 чел., из которых руководитель работ – 1, взрывники – 2 ... 4 чел., рабочие, обеспечивающие подготовку бочкотары и очистку площадки от фрагментов металлолома – 4 чел.

На первом этапе взрывного пакетирования рабочие устанавливают бочки на взрывной площадке, при этом работы могут выполняться вручную или с использованием круглых грузоподъемных электромагнитов. Однако в последнем случае для функционирования электромагнитов будет необходима передвижная электростанция, по своим характеристикам (напряжению, мощности) соответствующая характеристикам электромагнита (табл. 1).

Таблица 1. Технические характеристики электромагнитов

Марка и тип электромагнита	Потребляемая мощность, кВт	Величина тока, потребляемого холодной катушкой, А	Масса электромагнита, кг	Грузоподъемность для стального скрапа, кг	Напряжение, В
М-21, М-22, М-22Б	2,1 ... 2,3	14,2 ... 15,8	550 ... 575	200	220
Серии ДКМ080	4,3	20	450, 550	200	36
Серии ДКМ100	6,5	20	980, 1000, 1150	320	36
Серии ДКМ120	9,7...11,5	30	1300 ... 2350	410 ... 860	36
М-41, М-42, М-42Б	6,8 ... 7,15	47 ... 49	1500 ... 1670	600	220
Серии ДКМ140	10,12,14	45,55,63	1400, 2500, 3000, 3100	600, 780, 950, 1100	36
М-61, М-62, М-62А, М-62Б	12,5	85,2	5200 ... 5500 (3500 для М-62А, М-62Б)	2000	220

Одновременно с этим, группа взрывников (4 чел.) на специально оборудованной площадке изготавливает заряды-ленты, доставляет их на подрывную площадку, устанавливает заряды на обечайки бочек, их закрепляет (рис. 2) и уходит в укрытие.

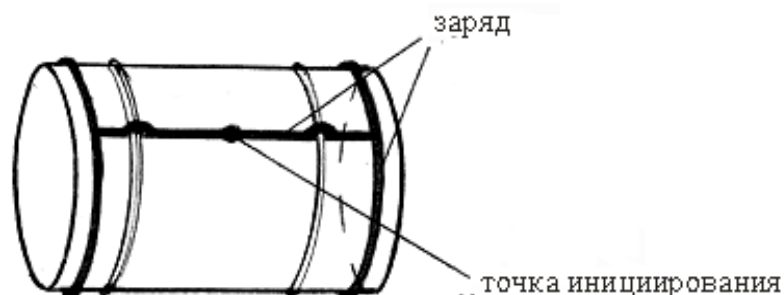


Рис. 2. Схема крепления зарядов при утилизации бочкотары накладными зарядами

На втором этапе работ осуществляется подсоединение ЭД к участковой сети и их вставка в заряды. Работы должны выполняться двумя взрывниками с руководителем. Схема перемещения взрывников на подрывной площадке представлена на рис. 3.

На третьем этапе осуществляется проверка электровзрывной цепи и подрыв зарядов.

Четвертый этап – завершение цикла взрывного пакетирования бочкотары. На этом этапе должна предусматриваться работа всей группы по очистке взрывной площадки от фрагментов металллома, при этом также могут использоваться круглые грузоподъемные электромагниты.

Алгоритм проведения работ по взрывной утилизации бочкотары представлен в табл. 2.

Предлагаемые технические решения могут быть пересмотрены в сторону уменьшения количества одновременно утилизируемых бочек и выбора применяемого ВВ, что влияет на снижение безопасных расстояний (при необходимости).

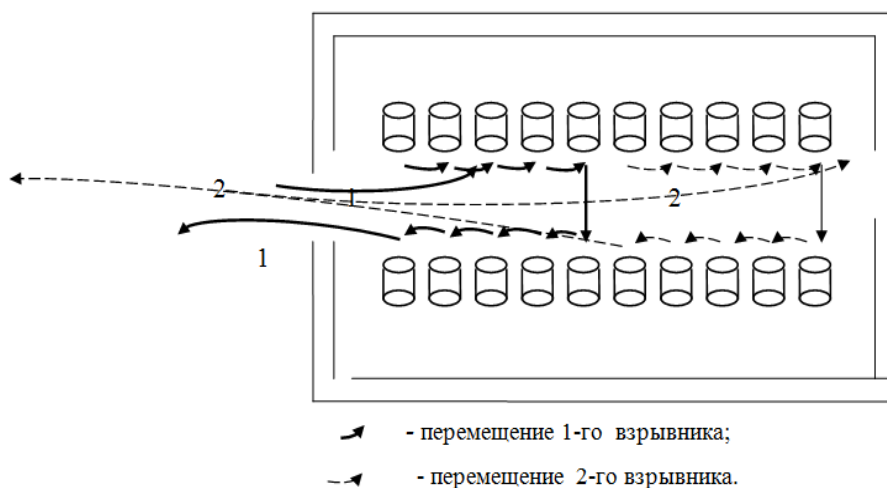


Рис. 3. Схема перемещения взрывников на подрывной площадке

Таблица 2. Методика проведения взрывных работ с использованием накладных зарядов

Этапы цикла работ	Действия специалистов		
	руководитель	подгруппа взрывников (2 ... 4 чел.)	подгруппа рабочих (4 чел.)
1. Установка и подготовка бочкотары	Получение ЭД на полевом расходном складе и их доставка на подрывную площадку	Изготовление зарядов-лент, их доставка на подрывную площадку, установка зарядов на обечайки бочек и их закрепление	Доставка и установка бочек на взрывную площадку
2. Подсоединение ЭД к участковой сети и вставка их в заряды	Выдача ЭД взрывникам, контроль работ	Получение зарядов у руководителя, подсоединение их к участковой сети и вставка в заряды	Подготовка следующей партии бочкотары для ее доставки на подрывную площадку
3. Проверка электровзрывной цепи и подрыв зарядов	Проверка электровзрывной сети, устранение «разрыва безопасности», определение ее сопротивления, отдавание команды на подключение источника тока и подрыв зарядов	По команде руководителя работ подключение источника тока и подрыв зарядов	Перемещение в укрытие
4. Перемещение фрагментов бочкотары на площадку сосредоточения металлолома	Очистка взрывной площадки от фрагментов бочкотары, руководство работами	Очистка взрывной площадки от фрагментов бочкотары, перемещение их на площадку сосредоточения металлолома	

На взрывных площадках могут также выполняться работы по взрывной фрагментации вышедшей из строя техники, при этом работы должны выполняться последовательно с каждым утилизируемым объектом.

Кумулятивные заряды на внешних поверхностях разделяемого объекта предлагается размещать таким образом, чтобы обеспечить заданные размеры габаритов лома. Для этого могут использоваться шнуровые кумулятивные заряды (ШКЗ-4, ШКЗ-5, ШКЗ-6), эластичные заряды СЗ-1Э или специально изготовленные заряды из эластичных ВВ в гибкой оболочке с кумулятивной выемкой. В целом методика проведения этих работ будет незначительно отличаться от методики проведения взрывных работ по фрагментации бочкотары накладными зарядами.

Реализация методики позволит на порядок уменьшить объем вывозимого металлолома и, как следствие, достаточно быстро ликвидировать скопление бочкотары в труднодоступных районах Крайнего Севера наряду с уже используемыми технологиями.

Литература

1. ГОСТ 13950–91. Бочки стальные сварные и закатные с гофрами на корпусе. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2002. 34 с.
2. Писаренко Д. Арктический хлам. На Крайнем Севере началась «генеральная уборка» // Аргументы и факты. 2012.
3. Гарнов В.В., Перник Л.М. Особенности распространения газового облака при наземных взрывах конденсированных взрывчатых веществ // Безопасность труда в промышленности. 2000. № 4. С. 30–32.
4. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. СПб., 2001.
5. ПБ 13-407–01. Единые правила безопасности при взрывных работах. М.: НПО ОБТ, 2002. 90 с.
6. ГОСТ Р 41.105–2005. Единообразные предписания, касающиеся транспортных средств, предназначенных для перевозки опасных грузов, в отношении конструктивных особенностей. М.: Стандартиформ, 2006. 15 с.



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РАЗВИТИЯ

А.С. Белов, кандидат технических наук;

Н.В. Кулек.

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

Представлен анализ современных аппаратов защиты от аварийных режимов работы электрических сетей, описаны их защитные свойства и рассмотрены возможные перспективные направления их развития. Аппараты защиты должны предупреждать появление аварийных ситуаций и минимизировать вероятность поражения электрическим током. Кроме прочего, важно, чтобы электрические сети, участки цепей и электрическое оборудование были максимально защищены от перегрузочного и пикового тока, короткого замыкания, являющихся причиной повреждения электросетей и энергозависимой техники или оборудования.

Ключевые слова: защита, аппарат, аварийный режим, развитие, электрическая сеть

ANALYSIS OF MODERN DEVICES FOR PROTECTION AGAINST EMERGENCY MODES OF ELECTRIC NETWORKS, POSSIBLE FUTURE DIRECTIONS OF THEIR DEVELOPMENT

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

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

The article presents an analysis of modern devices for protection against emergency operating modes of electric networks, describes their protective properties and considers possible promising directions for their development. Protection devices must prevent emergencies and minimize the likelihood of electric shock. Among other things, it is important that electrical networks, sections of circuits and electrical equipment are protected as much as possible from overload and peak currents, short circuits, which cause damage to electrical networks and volatile machinery or equipment.

Keywords: protection, device, emergency mode, development, electric network

В настоящее время все трансформаторные подстанции, воздушные и кабельные линии, а также находящиеся внутри домовладений распределительные электросети обязательно оснащаются специальными защитными аппаратами, обеспечивающими их бесперебойный и безопасный режим работы. При этом они различаются типом исполнения, а также способом подключения и наиболее важными защитными параметрами. Категория защитных устройств

сегодня очень обширна, представлена плавкими вставками (предохранителями), автоматическими выключателями, специальными токовыми, тепловыми и другими реле, устройствами защитного отключения.

В современных реалиях значительная часть аварийных ситуаций возникает при отсутствии хорошо продуманной системы защиты сетевых аппаратов, поэтому полноценному анализу и оценке современных устройств, защищающих работу электрических сетей, а также возможным перспективным направлениям их развития уделяется повышенное внимание. Основными проблемами являются: отсутствие технического перевооружения, необходимость модернизации и замены оборудования, которое устарело с физической и моральной точки зрения. Немаловажное значение уделяется сегодня таким ключевым понятиям, как информационная «прозрачность», контролируемость и управляемость, а также разработка современных и усовершенствованных автоматизированных и автоматических систем, обеспечивающих полноценное диспетчерское и технологическое управление. В условиях глобализации особенное значение вполне естественно приобретает производство элементной базы универсального типа для энергосистем. Благодаря такому подходу отмечается повышение технико-экономической эффективности исполнения с исключением дубликатов аналого-цифрового преобразователя и доступности обмена логическими и измерительными данными [1].

Правильно выполненные, грамотно выбранные аппараты защитного типа должны предупреждать вероятность повреждений и своевременно отключать электрические установки. Качественная защита рассчитана на продолжительное протекание максимальных токовых нагрузок, а также кратковременное воздействие пикового тока, возникающего при включении в электрическую сеть наиболее мощных устройств. По показателям различается максимальная защита, а также защита от перегрузочного воздействия и минимальных или нулевых напряжений. Защитные работы могут представлять собой отключение поврежденных участков системы или подачу звукового/светового сигнала, предупреждающего о наличии сбоев или отклонении от требуемого режима функционирования. Каждым системным элементом, помимо основной защитной функции, осуществляется реагирование на нарушения работоспособности. Самым оптимальным вариантом является монтаж резервного функционала, реагирующего при отказе основной защитной системы. В любом случае защита должна характеризоваться быстродействием в виде времени срабатывания системы, наличием селективности и высокой надежности, достаточной чувствительности.

Важно помнить, что развитие и усовершенствование электрических сетей на сегодняшний день является одним из наиболее важных показателей уровня государственной электроэнергетики, но только разработка высоконадежных аппаратов, предупреждающих аварийные режимы работы, обеспечит бесперебойное функционирование всей системы. Назначением существующих на сегодняшний день автоматических выключателей является защита электросетей и оборудования энергозависимого типа в автоматическом режиме. Негативное влияние могут оказывать токи короткого замыкания и перегрузки, понижение напряжения до критических показателей, а также появление магнитного поля и другие аварийные ситуации. Селективная (избирательная) защита в автоматическом защитном устройстве представлена возможностью осуществлять регулирование. При этом быстродействующей автоматикой понижается время срабатывания устройства, а также производятся ограничения отключающего тока, сопротивление появляющихся электрических дуг. Конструктивные свойства и способ действия современных автоматов напрямую зависят от сферы их использования и области назначения, а режим включения/выключения осуществляется в ручном режиме или посредством электродвигательного и электромагнитного механизма [2].

Ключевая составляющая автоматов представлена расцепителем, контролирующим необходимые параметры в обеспечиваемой защите электрической цепи. Элемент воздействует на устройство, которым отключается автоматическое защитное устройство. Сегодня к категории хорошо себя зарекомендовавших и наиболее востребованных относятся расцепляющие элементы электромагнитного типа (токи короткого замыкания), теплового типа

(перегрузки), комбинированного типа, а также полупроводниковые варианты, отличающиеся стабильным функционированием и простотой настраивания. Выпускаемые сегодня автоматы-выключатели могут эксплуатироваться в различных климатических условиях, включая наличие механических воздействий и взрывоопасных ситуаций. В зависимости от конфигурации автоматические защитные устройства обладают разной степенью защиты от влияния негативных внешних факторов. При выборе нужно ориентироваться на типовые характеристики устройства, их исполнение и другие важные параметры, регламентированные нормативно-технической документацией.

Автоматы различаются не только номинальными токовыми показателями, но и защитными свойствами, которыми определяется временной интервал, выделенный на полное отключение электрических установок от источника электрического питания в условиях любых перегрузок или проблем, связанных с коротким замыканием. В настоящее время для надежной защиты предполагается применение выключателей автоматического типа, имеющих защитные характеристики типа «В», что обусловлено наиболее оптимальным временем срабатывания в условиях токовой перегрузки. Исходя из вышесказанного, к возможным и самым перспективным направлениям развития современных аппаратов защиты от аварийных режимов работы электрических сетей можно отнести разработку более современных и высоконадежных автоматических выключателей с уменьшенным временем срабатывания в условиях значительных перегрузок и короткого замыкания. Особый интерес представляют устройства локального отключения электросети или энергозависимого оборудования. Немаловажное значение имеют габариты и вес автоматического защитного устройства, которые должны быть снижены за счет внедрения новых технологий и самых современных, инновационных решений [3].

К современным аппаратам можно отнести устройство защитного отключения (УЗО) – это электромеханическая защита, сравнивающая величину протекающего тока в фазном и нулевом проводнике. Как только ток в одном из них будет отличаться от другого, что происходит при утечке тока через корпус бытового прибора, УЗО отключит питание и обесточит участок цепи, за который оно отвечает. Этот прибор предназначен для защиты человека от поражения электротоком в случае пробоя изоляции на корпус оборудования. Дифавтомат включает в себя функции УЗО и обычного автоматического выключателя, поэтому он может среагировать и на ток утечки, и на короткое замыкание в цепи.

Таким образом, при разработке современных аппаратов защиты требуется учитывать не только возможность информационной поддержки процессов контролирования и управления в рабочем режиме, но и обязательное наличие необходимых пропускных способностей, которые должны полностью удовлетворять современные потребности. С этой точки зрения к категории наиболее важных и перспективных направлений в разработках можно отнести интеграцию с сетью связи и применение самых новейших централизованных алгоритмов, обеспечивающих максимально эффективную реализацию дополнительных требований, предъявляемых к таким аппаратам, включая показатели нагрузочной и динамической устойчивости. Только комплексный подход к типовым и индивидуальным инновационным проектам и использование очень хорошо себя зарекомендовавших принципов многофакторной оптимизации позволит в настоящее время гарантировать доступную и высокоэффективную защиту электрических сетей от работы в условиях аварийных ситуаций.

Литература

1. Почаевец В.С. Электрические подстанции: учеб. Мн.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 491 с.
2. Фигурнов Е.П., Жарков Ю.И., Петрова Т.Е. Релейная защита сетей тягового электроснабжения переменного тока: учеб. пособие. Мн.: Маршрут, 2011. 272 с.
3. Сальников А.А. Повышение надежности электроснабжения сельского хозяйства путем совершенствования релейных защит от аварийных режимов в сетях 0,38...35кВ // Молодой ученый. 2018. № 52. С. 93–97.

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

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

Рассмотрено использование аппарата нечеткой логики в оценке эффективности теплообменных аппаратов. Приведены результаты моделирования влияния массового расхода на тепловую эффективность.

Ключевые слова: тепловая эффективность, теплообменные аппараты, нечеткая логика, система нечеткого вывода

VALUATION THE HEAT EFFICIENCY OF HEAT EXCHANGERS WITH USE FUZZY LOGIC

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

This article presents the special feature of employment the fuzzy logic to valuation the heat efficiency of heat exchangers. The special feature of using a fuzzy output system with fuzzy membership functions.

Keywords: heat efficiency, heat exchangers, fuzzy logic, output fuzzy system

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

«ТА называются устройства, предназначенные для передачи теплоты от более нагретого теплоносителя к менее нагретому теплоносителю (жидкости или газу)» [1]. ТА по принципу действия делятся на контактные (смесительные) и поверхностные. «Поверхностные ТА, в свою очередь, делятся на регенеративные и рекуперативные» [1].

Тепловой расчет ТА может быть конструктивным (проектным) или поверочным. К поверочному расчету относится определение тепловой эффективности ТА в конкретных условиях эксплуатации.

Основы теории рекуперативных ТА

«Основные уравнения теории рекуперативных ТА» [1]:

– уравнение теплопередачи: $dQ=k*\Delta T*F$;

– уравнение баланса тепловых потоков: $dQ=G*c_p*dT=W*dt$.

«Проинтегрировав эти уравнения по F получим следующие соотношения» [1]:

$$Q=k*F*\Delta T_{cp}=W*(T_{вх}-T_{вых})=G*(I_{вх}-I_{вых}),$$

где k – коэффициент теплопередачи; F – площадь поверхности теплообмена; ΔT – температурный напор; W – водяной эквивалент; G – массовый расход теплоносителя; I – удельная энтальпия.

«Тепловая эффективность ТА равна» [1]:

$$\eta=q/q_{ид}=W_1*(T_{1вх}-T_{1вых})/[W_{min}*(T_{1вх}-T_{2вх})]=W_2*(T_{2вх}-T_{2вых})/[W_{min}*(T_{1вх}-T_{2вх})],$$

где водяные эквиваленты $W_1=c_{p1} \cdot G_1$ и $W_2=c_{p2} \cdot G_2$; c_{pi} – удельные теплоемкости [кДж/кг/С]; G_i – массовые расходы теплоносителей [кг/с].

Соотношение между водяными эквивалентами теплоносителей устанавливают в зависимости от функционального назначения ТА. В нагревателях требуется получить максимальную разность температур нагреваемого теплоносителя $T_{2\text{ВЫХ}} - T_{2\text{ВХ}}$, поэтому для нагревателей $W_2 \leq W_1$ и $W_{\text{min}} = W_2$. В охладителях, наоборот, требуется обеспечить наибольшее охлаждение греющего теплоносителя и получить максимальную разность температур $T_{1\text{ВХ}} - T_{1\text{ВЫХ}}$, поэтому $W_1 \leq W_2$ и $W_{\text{min}} = W_1$.

«Эффективности охлаждения и нагрева могут быть определены по следующим формулам» [1]:

– эффективность охлаждения: $\Phi = (T_{1\text{ВХ}} - T_{1\text{ВЫХ}}) / (T_{1\text{ВХ}} - T_{2\text{ВХ}})$;

– эффективность нагрева: $Z = (T_{2\text{ВЫХ}} - T_{2\text{ВХ}}) / (T_{1\text{ВХ}} - T_{2\text{ВХ}})$.

«Тепловую эффективность ТА можно определить при следующих допущениях» [1]:

– течение теплоносителей и температурный режим установившиеся;

– агрегатное состояние теплоносителей не изменяется;

– теплоемкости теплоносителей и коэффициент теплопередачи постоянны;

– тепловые потери малы и ими можно пренебречь.

«В этих условиях тепловую эффективность ТА можно определить по формулам» [1]:

$$1) \text{ Противоток: } \eta = \{1 - \exp[-S \cdot (1 - A)]\} / \{1 - A \cdot \exp[-S \cdot (1 - A)]\};$$

$$2) \text{ Прямоток: } \eta = \{1 - \exp[-S \cdot (1 + A)]\} / (1 + A),$$

где функция полных теплоемкостей массовых расходов $A = W_{\text{min}} / W_{\text{max}}$; безразмерный комплекс (единицы переноса теплоты) $S = k \cdot F / W_{\text{min}}$; k – коэффициент теплопередачи [Вт/кг/С], F – площадь поверхности теплообмена [м²].

Для нагревателей: $A = W_2 / W_1$, для охладителей: $A = W_1 / W_2$.

При изменении агрегатного состояния одного из теплоносителей, когда его температура постоянная, можно считать его теплоемкость бесконечно большой. Тогда водяной эквивалент $W_{\text{max}} = \infty$ и $A = 0$. В этом случае тепловую эффективность ТА можно определить по формуле: $\eta = 1 - \exp(-S)$.

Расчет тепловой эффективности ТА

Расчет тепловой эффективности ТА был выполнен для противотока. Исходные данные для расчета: массовые расходы $G_1 = 2,5 \div 7,0$ [кг/с], $G_2 = 4,5 \div 9,0$ [кг/с]; удельные теплоемкости теплообмениваемых сред $C_{p1} = 2,4$ [кДж/кг/С], $C_{p2} = 2,5$ [кДж/кг/С]; коэффициент теплопередачи 240 [Вт/кг/С], площадь поверхности теплообмена 50 [м²]. Результаты расчета тепловой эффективности ТА представлены на рис. 1, 2.

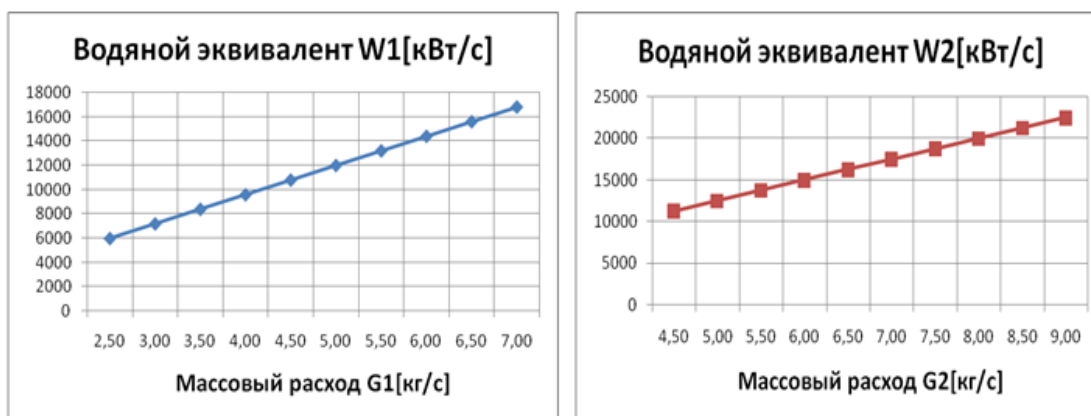


Рис. 1. Зависимости водяных эквивалентов от массовых расходов сред

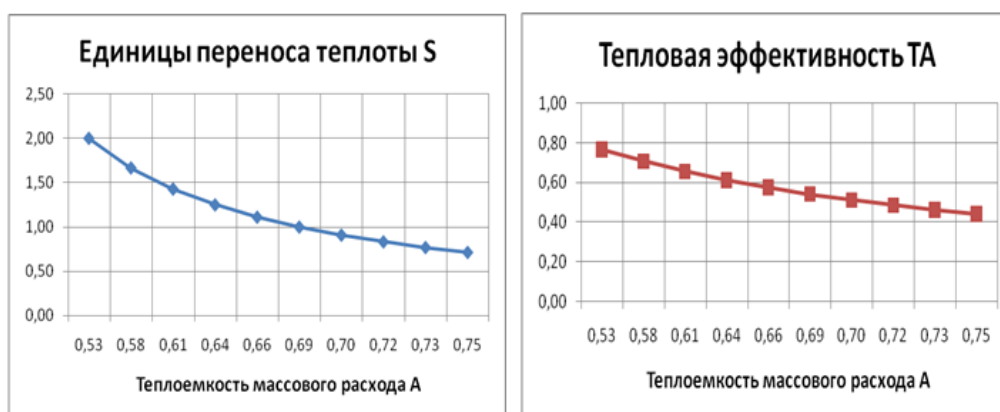


Рис. 2. Зависимости единицы переноса теплоты S и тепловой эффективности TA η от функции полных теплоемкостей массовых расходов A

Нечеткий подход к оценке эффективности TA

«Сегодня нечеткая логика рассматривается как стандартный метод моделирования и проектирования» [2]. Задача оценки тепловой эффективности TA с помощью нечеткой логики может быть сформулирована следующим образом. Имеются расчетные данные о влиянии функции полных теплоемкостей массовых расходов, связанной с массовыми расходами теплоносителей на тепловую эффективность TA. Нужно произвести моделирование указанной зависимости с помощью системы нечеткого вывода.

Искомая зависимость имеет вид:

$$Y=f(X1, X2),$$

где X1 – величина массового расхода G1; X2 – величина массового расхода G2; Y – величина тепловой эффективности TA.

В результате экспертных оценок были заданы возможные значения параметров X1 и X2, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Массовый расход	Параметр X1	Параметр X2	Функция принадлежности
Малый	От 2 до 4	От 4 до 6	Гаусса (2÷4)/(4÷6)
Средний	От 4 до 6	От 6 до 8	Гаусса (4÷6)/(6÷8)
Большой	От 6 до 8	От 8 до 10	Гаусса (6÷8)/(8÷10)

Результат экспертной оценки возможных значений Y (тепловая эффективность TA) представлен в табл. 2.

Таблица 2

Тепловая эффективность	Интервал значений Y	Функция принадлежности
Малая	0 ÷ 1	Треугольная (0,3 ÷ 0,5)
Средняя	0 ÷ 1	Треугольная (0,5 ÷ 0,7)
Высокая	0 ÷ 1	Треугольная (0,7 ÷ 0,9)

Далее были выполнены расчеты по оценке тепловой эффективности ТА. Расчеты выполнялись с использованием системы нечеткого вывода, реализованной в виде программы для ЭВМ [3]. Интерфейс программы представлен на рис. 3.

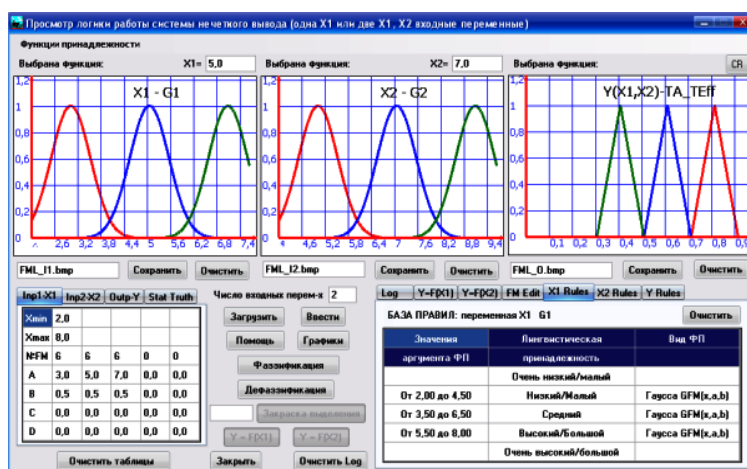


Рис. 3. Программа для ЭВМ, реализующая систему нечеткого вывода

Вверху слева представлено меню «Функции принадлежности»: для выбора девять типов функций принадлежности с возможностью просмотра их графиков.

В верхней части окна программы для ЭВМ представлены три поля для вывода графиков функций принадлежности. Слева внизу представлены три таблицы с параметрами функций принадлежности для двух входных X_1 , X_2 и одной выходной Y переменных, а также таблица со значениями истинности входных X_1 и X_2 переменных. Справа внизу представлены протокол расчета, графики зависимости $Y=F(X_1)$ и $Y=F(X_2)$, таблица базы продукционных правил и три таблицы лингвистической принадлежности с указанием значений аргумента и вида функции принадлежности для переменных X_1 , X_2 и Y .

В центре внизу расположены кнопки «Загрузить», «Ввести», «Помощь», «Графики», «Фаззификация», «Дефаззификация», «График $Y=F(X_1)$ », «График $Y=F(X_2)$ », «Сохранить», «Очистить» и «Закреть».

Укрупненная схема обработки событий в программе для ЭВМ представлена на рис. 4.



Рис. 4. Укрупненная схема обработки событий в программе для ЭВМ

В результате расчетов на ЭВМ были получены зависимости тепловой эффективности ТА η от массовых расходов X_1 и X_2 . Результаты расчетов представлены на графиках (рис. 5).

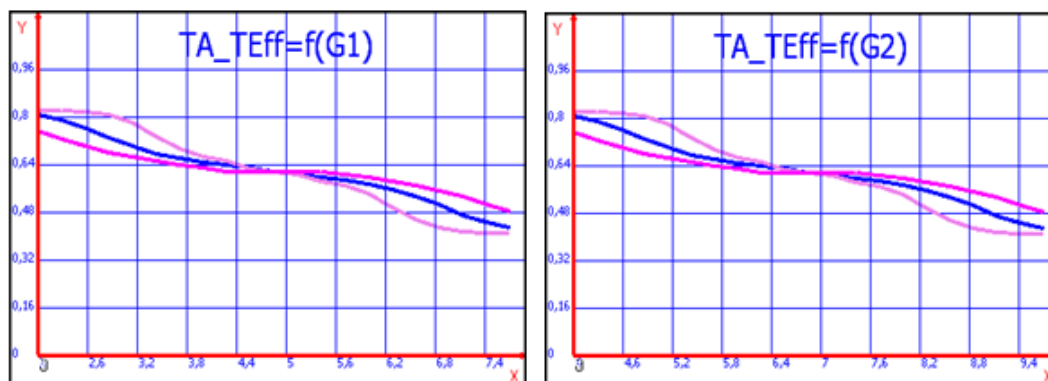


Рис. 5. Зависимость тепловой эффективности ТА от массовых расходов

Выполнено компьютерное моделирование оценки тепловой эффективности ТА с помощью нечеткой логики, которое происходит с заданием интервала возможных значений (интервала неопределенности) массовых расходов теплообменивающихся сред. В результате моделирования получен диапазон возможных значений тепловой эффективности ТА в зависимости от средних значений массовых расходов. Использование нечеткой логики позволяет учесть влияние неполных и неточных исходных значений массовых расходов теплообменивающихся сред.

Литература

1. Лабинский А.Ю. Автоматизированное проектирование сложных объектов и систем. Проектирование теплообменных аппаратов средствами Delphi: монография. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2012.
2. Новак В.П., Перфильева И.А., Мочкорж И.Е. Математические принципы нечеткой логики. М.: Лань, 2016.
3. Лабинский А.Ю. Моделирование системы нечеткого вывода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 2. С. 5–10.

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О.С. Юнцова, кандидат педагогических наук, доцент;

С.А. Дорошенко.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Вопросы огнезащитной обработки конструкций на объектах защиты являются актуальными, в связи с чем необходима постоянная доработка нормативно-технической базы. Правила производства огнезащитных составов и их дальнейшая транспортировка, хранение и нанесение на конструкции не имеют нормативного закрепления, что приводит к спорам

и конфликтным ситуациям. В данной статье положено начало рассмотрению указанных вопросов и возможные варианты решения.

Ключевые слова: огнезащитная обработка, огнезащитный состав, предел огнестойкости, нормативный документ

REGULATORY ISSUES OF CONTROL AND SUPERVISION ACTIVITIES IN THE FIELD OF FLAME RETARDANT TREATMENT AND PRODUCTION OF FLAME RETARDANT MATERIALS

O.S. Yuntsova; S.A. Doroshenko.

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

The issues of fire-retardant treatment of structures at the objects of protection are relevant, and therefore it is necessary to constantly refine the regulatory and technical base. Rules of production of fireproof structures and their further transportation, storage and drawing on designs have no normative fixing that leads to disputes and conflict situations. This article is the beginning of the consideration of these issues and possible solutions.

Keywords: fire retardant treatment, fire retardant composition, fire resistance limit, regulatory document

Огнезащитная обработка материалов, конструкций и изделий является одним из основных направлений предупреждения пожаров, что является частью большой системы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации. Огнезащитная обработка на объектах защиты представляет собой комплексные мероприятия, проводимые для повышения их огнестойкости, снижения риска возникновения очага возгорания, распространения пожара, опасности обрушения несущих каркасов или их отдельных элементов. В настоящее время существует множество различных видов огнезащитной обработки конструкций: как тонкослойной (лаки, краски, эмали), так и конструктивной (минераловатные фольгированные материалы, обмазки). Все эти виды огнезащитной обработки должны отвечать ряду критериев:

– низкая теплопроводность материала, в связи с чем конструкция не нагревается под воздействием огня, предотвращает опасность возгорания (плавления) материала и сохраняет свои прочностные и функциональные характеристики в течение долгого времени;

– затухание горения на начальной стадии;

– пассивная локализация очагов.

Выбор способа огнезащитной обработки осуществляется на стадии проектирования зданий. Кроме того, выбор огнезащиты производится на конструкциях возводимых, реконструируемых зданий, сооружений, а также элементов отделки интерьера помещений эксплуатируемых объектов. Подбор составов для огнезащитной обработки конструкций определяется следующими факторами:

1. Расположение конструкций: если конструкции находятся на открытой площадке, тогда, соответственно, будут подвергаться воздействию внешних факторов, погодных условий. Если находятся внутри здания или сооружения – тогда воздействие температурных и влажностных показателей и т.д.

2. Требования правил пожарной безопасности и нормативной документации. Например, конструкции должны иметь фактический предел огнестойкости в соответствии со степенью огнестойкости здания (табл. 21 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]).

3. Методы обработки конструкций: средства огнезащиты возможно наносить различными способами, например распылением, валиком, кистью и т.д. Расположение

конструкции не всегда способствует полноценному нанесению на конструкцию огнезащитного состава, в связи с чем необходимо при выборе средства огнезащиты исходить, в том числе, из метода обработки конструкций.

4. Один из основных факторов для организаций, выполняющих работы по огнезащитной обработке – стоимость средств огнезащиты и производства работ. В настоящее время потребительский рынок насыщен большим количеством различных огнезащитных составов, а их стоимость сильно варьируется, поэтому необходимо оценить все возможные варианты и выбрать наиболее оптимальный по характеристикам и цене.

В последние годы часто встречаются ситуации, когда конструктивные элементы объектов пожара, подвергнутые обработке огнезащитными материалами, достигали предельных состояний по потере несущей способности (R), потере целостности (E) и потере теплоизолирующей способности (I) на 15–20 мин развития пожара. В ходе проведения пожарно-технических исследований делался однозначный вывод, что созданные огнезащитные системы с применением тонкослойных материалов не выполняли свою функцию по обеспечению требуемого предела огнестойкости конструкций. При этом срок службы огнезащитных средств составлял от 2 до 12 лет. Имеющийся пробел в нормативных документах по пожарной безопасности не позволяет сделать однозначный вывод о причинно-следственной связи наступивших последствий с результатами работ по огнезащитной обработке. В данных случаях в равной степени можно рассматривать как нарушения технологии нанесения огнезащитного покрытия, так и некачественный состав, примененный для создания огнезащитной системы.

В настоящее время полномочия сотрудника государственного пожарного надзора в области огнезащитной обработки ограничиваются п. 21 постановления Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме», а именно контролем руководителей организаций на предмет обеспечения устранения повреждений средств огнезащиты, а также проверкой состояния огнезащитной обработки в соответствии с инструкцией изготовителя. Отсутствие нормативных требований к контролю функциональных характеристик систем противопожарной защиты, в том числе и огнезащитных средств на различных стадиях жизненного цикла, включая производство, хранение, транспортировку, проектирование, применение и эксплуатацию, создает условия, способствующие избеганию ответственности в случае наступления трагических последствий, связанных с пожаром, в ходе развития которого созданная система противопожарной защиты не выполнила свои функции.

Производитель огнезащитных средств может всегда аргументировать, что были нарушены условия транспортировки, хранения или нанесения произведенных им компонентов системы. А производитель работ будет ссылаться на некачественно поставленный материал, нарушения условий транспортировки или ненадлежащие условия эксплуатации созданной им системы. Сотруднику органов государственного пожарного надзора не представляется возможным установить факт соблюдения всех правил и норм при производстве материалов.

Создается замкнутый круг, в котором все негативные последствия техногенной катастрофы ложатся на плечи потребителя услуг, который в полной мере полагается на добросовестность производителя материала, так как материал имеет все атрибуты, подтверждающие возможность его применения, а также добросовестность производителя работ, чья компетенция подтверждена соответствующей лицензией на производство данного вида работ. Существующая нормативная база определяет, что именно производитель определяет параметры применения, эксплуатации и методы контроля огнезащитных составов и созданных на их основе огнезащитных систем, что, в свою очередь, нашло отражение в п. 21 Правил противопожарного режима в Российской Федерации – руководитель оценивает огнезащитную систему на основании инструкции завода изготовителя [2].

В настоящий момент необходимо создать систему нормативных документов, включающую в себя методику подтверждения огнезащитной эффективности в зависимости от условий и сроков эксплуатации, методы входного контроля и контроля за соблюдением

всех правил при производстве и эксплуатации. Соответственно, пока не будут разработаны и введены в действие данные нормативные документы, качество производимых огнезащитных составов не будет достигать требуемого уровня и будет позволять производителям осуществлять теневою политику в сфере производства огнезащитных материалов и их эксплуатации [3].

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 20.02.2020).

2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Ч. 2: Строительные конструкции, здания, сооружения и их поведение в условиях пожара: учеб. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ

А.Е. Савенкова, кандидат технических наук;

А.В. Кондрашин, кандидат технических наук, доцент;

Д.Е. Завьялов, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен многокритериальный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Проблема многокритериального анализа является актуальной ввиду того, что защита объекта содержит большое число мероприятий и параметров, оценить которые можно только на основании четко структурированной аналитической методики.

Ключевые слова: пожарная безопасность, объект защиты, многокритериальный анализ

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF THE SYSTEM OF FIRE SAFETY PROTECTION OBJECT

A.E. Savenkova; A.V. Kondrashin; D.E. Zavyalov.

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

A multi-criteria analysis of the state of the fire safety system of the object of protection is considered. The problem of multi-criteria analysis is relevant due to the fact that object protection contains a large number of measures and parameters that can only be evaluated on the basis of a well-structured analytical methodology.

Keywords: fire safety, object of protection, multi-criteria analysis

Согласно Конституции Российской Федерации государство обязано обеспечивать пожарную безопасность населения. Такой функционал выполняется посредством эффективно сформированной и оперативно действующей системы обеспечения противопожарной безопасности, в структуру которой включены различные подразделения [1].

В состав комплексного противодействия пожарам входят задачи:

- осуществление государственных контрольно-надзорных мероприятий;
- отраслевой мониторинг;
- внутренние контролирующие меры на каждом предприятии;
- совокупность экспертной оценки степени пожарной безопасности объектов защиты;
- структуры для формирования штатных единиц, ответственных за вопросы пожарной безопасности и их выполнение на предприятии;
- сертификационные испытания противопожарных технических устройств;
- заключение страховых договоров по рискам ответственности за недобросовестную эксплуатацию объектов, причинившую урон объекту защиты из-за пожара.

Эти задачи реализуются под эгидой государственной контрольно-надзорной службы.

Многокритериальный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты проводят комплексно, охватывая различные аспекты безопасности – уровень риска возникновения пожара, предпринятые меры безопасности, а также принимают во внимание и экономический аспект проблемы – рациональность издержек на профилактику или минимизацию урона от возможного возгорания, исходя из концепции стохастической и/или нечеткой неопределенности [2].

Многокритериальный анализ требует также учета такого значимого фактора, как определенное промедление администрирующего воздействия из-за малой мобильности при выполнении предписаний или норм.

Методика многокритериального анализа состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты не предполагает использование методик последовательного анализа относительно вычисления ответа системы на администрирующий агент, так как выполнить тестирование противопожарной обстановки на объекте путем сознательной инициации возгорания недопустимо. Следовательно, анализ предлагает только прогностические заключения [3].

Научный фундамент многокритериального анализа представлен методиками и моделями скрупулезно рассмотренной и испытанной единой концепции управления случайными процессами.

Данная концепция базируется на классических аналитических доктринах:

- детерминистической теории оптимального управления (теории систем с управлением, вариационном исчислении, математическом программировании, принципе максимума Понтрягина);
- теории случайных процессов (теории марковских процессов, теории нестационарных гауссовских процессов, теории корреляционного и других видов многомерного анализа статистически устойчивых закономерностей);
- многомерной математической статистике (теории оценок, теории связей и теории структур).

Также в концепции управления случайными процессами применяются и исследовательские подходы смежных наук:

- прогностических – оценка фактографическая и экспертная, верификационные проверки;
- операционной аналитики – приемы концепций запасов, игр, массового сервиса;
- математического программирования – приемы линейного, динамического, стохастического программирования;
- квалиметрические – приемы оценивания качества количественно;
- экономической логистики – эконометрические приемы.

Многокритериальный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты предполагает выполнение лимитов по выраженности рисков в процессе эксплуатации объекта [4].

Базис детерминистической концепции оптимального управления в случае лимита на административные факторы был сформулирован ученым с мировым именем

Л.С. Понтрягиным в 1950–1960 гг., который на протяжении ряда лет развивал и детализировал концепцию. Исследования как самого академика, так и его последователей и соратников позволили создать уникальные прикладные решения [5].

Концепция прошла становление и окончательно оформилась благодаря таким авторам, как В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко, А.А. Милютин, А.Я. Дубовицкий, В.Ф. Бутузов, В.В. Дикусар, А.П. Афанасьев.

Предложенный Л.С. Понтрягиным предел максимума отличается от теории максимума Лагранжа, так как в проблемах вариационного исчисления на безусловный экстремум выдвигает иной способ формализма для уточнения оптимального управления.

Таким образом, вспомогательный функционал Лагранжа рационально заменить функцией Понтрягина, состоящей из двух сопряженных функций, эквивалентных неопределенным множителям Лагранжа. Следовательно, экстремум поддается расчетам для более широкой группы управляющих функций.

Так, концепция максимума эффективна для сведения проблемы, описанной системой дифференциальных уравнений в частных производных с запаздывающим аргументом применительно к производственным комплексам, параметры которых распределены к формулировке краевой задачи для совокупности обыкновенных дифференциальных уравнений в лабильной координатной сетке, рецензируя запаздывание приложенного воздействия как в передаточном, так и в емкостном ракурсе [4].

Авторы полагают, что многокритериальный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности требует таких условий, в которых концепция максимума Понтрягина может быть использована исключительно для непрерывающегося управления технологическими системами.

В случае реализации административного управления дискретно решения по проведенному анализу выносятся ситуативно на основании концепции оптимальности Беллмана.

Данная концепция актуальна для решения проблем с множеством этапов, которые решаются в динамическом программировании при подстановке в рекуррентную формулу Беллмана. Итог выносится по результатам выбора оптимальных решений в тех вариантах, которые удалось сформировать согласно поставленной проблеме. Применение рекуррентной формулы требует использования численных методов динамического программирования [6].

Если выбрать малый шаг и продолжительную траекторию движения по функции администрирования, то возможно трансформировать проблему в задачу, решаемую по условно непрерывно дифференцируемой функции. Следовательно, проблема из ракурса динамического программирования переводится в задачу с нелинейным уравнением и первопорядковыми частными производными. Задача ведется по алгоритму краевой, в которой определены стартовые значения и пределы возможного лимита. Но формулирование подобных оптимизационных проблем предполагает вариативность состояний и закономерные ответы системы на приложенные на отдельных этапах воздействия.

Если картина влияния внешних факторов на объекты управления достаточно хаотична, что характерно для многокритериального анализа, то решение принимается и при выраженной нехватке актуальных статистических данных. Такая ситуация возникает при определении пожароопасности современных производственно-технологических линий, опыт работы с которыми отсутствует как и у инженеров-эксплуатационников, так и у сотрудников пожарной службы.

Распространена и методика динамики средних Колмогорова как инструмент вынесения решений, исходя из достоверно известных физико-химических параметров объекта защиты, но без мониторинга процессов на практике. В данном случае надежность системы противопожарной безопасности напрямую соотносится с уровнем ее эффективности, а также обратно пропорциональна случаям развернувшегося пожара или возгорания. Но такую методику нельзя применять на пожароопасных объектах, так как подход не отражает уровни риска и не учитывает субъективный фактор [4].

В отдельных ситуациях неполнота информации не дает возможности дать прогноз относительно величины урона от вероятного пожара и вынуждает применить методики экспертного оценивания. Прием реализуется при условии исходной градации той интенсивности, с которой потенциальный фактор будет воздействовать на объект. Данная градация отражается в интервалах, по которым создается матрица, сформированная с учетом экспертных оценок – пожар/интенсивность/урон, на основании которой выносятся технико-экономическая резолюция в обстоятельствах неопределенной информации [3].

Многокритериальный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты требует также и вынесения окончательного решения на основании определенных стратегий:

- позиции пессимизма Вальда – по фактору минимакса угрозы как концепции, предполагающей потребность выполнить наиболее полные меры безопасности, если существует угроза человеческим жизням;
- стратегию полного оптимизма – по параметру минимина угрозы как установки азартного игрока;
- стратегию пессимизма – оптимизма Гурвица, в которой параметры рисков и угроз комбинируются согласно весовым коэффициентам, а решение выносится исходя из принятых параметров;
- концепцию равномерно распределенной плотности Лапласа-Бейеса – по параметру мини- средних угроз, ее применение максимально;
- позицию анализа рисков по Севиджу – по параметру минимаксных угроз, приближенную к параметрам пессимизма Вальда.

Данные позиции помогают осуществить выбор внешних факторов и относящихся к ним воздействий при помощи приглашенных экспертов, которые могут располагать практическим опытом в отношении типичной интенсивности и частоты внешнего воздействия.

Методика экспертного оценивания может применяться при многокритериальном анализе состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты как автономно, так и в совокупности с другими методами [5].

Традиционно эксперты применяют такие методы при вынесении окончательной резолюции о состоянии противопожарной безопасности на объекте:

- выставление оценок в баллах – параметр оценивается весовым коэффициентом;
- выбор предпочтительных критериев – эксперт проводит одноцелевую оптимизацию по выбранному критерию и выделяет доминанту, а затем ранжирует параметры по иным критериям, выводя доминанту по каждому в отдельности;
- методика вероятностных ситуаций Борда-Лапласа – модель экспертного рецензирования понимается как сугубо вероятностная и детализирует наиболее надежные вероятности из числа предложенных альтернативных вариантов;
- методика этапного сценария – предполагает членение сложной многоотраслевой проблемы на составляющие, которые могут быть оценены профильными экспертами по отдельности. Подход актуален, если событие протекает поэтапно, а каждый этап возникает только при условии выполнения предыдущего и не предполагает наличия замкнутых контуров. Если условия не выполняются, то целесообразно применить методику решающих матриц;
- методика решающих матриц – предполагает формирование сложного графа, на основании которого эксперты создадут и проанализируют целевые матрицы как отдельные этапы сценария пожара, ранжированные по приоритетности. Такая методика рациональна в ситуациях, когда линейный этапный сценарий не может осуществиться из-за пересекающихся возможностей [4].

Авторы полагают, что экспертный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты не предполагает четких рекомендаций по членению сценариев на составляющие, а решение задачи подбирается эвристически. Это решение зависит

от наработанных специалистами прикладных и теоретических познаний, солидарности экспертов и уровнем коллегиального рассмотрения вопроса [6].

Таким образом, полученная экспертная оценка имеет низкие показатели воспроизводимости из-за приблизительности использованных критериев и субъективности самих экспертов, не всегда имеющих достаточную профессиональную квалификацию. Кроме того, отдельные методики экспертного анализа, например дельфийская, предполагают усреднение мнений, что автоматически исключает крайние варианты нормы. При среднестатистическом рецензировании системы противопожарной безопасности происходит отказ от потенциально верных, но нестандартных решений опытных экспертов.

На сегодняшний день отсутствуют способы вычленения оригинальных нестандартных интеграционных решений, предложенных перспективными прозорливыми специалистами. Применяются такие методики экспертных оценок, которые не принимают во внимание нестандартных концепций видения проблемы из-за численного преобладания типовых решений. Ошибочность сложившегося в среде экспертов мнения может проистекать из постоянного обновления сферы производства и быта инновационными новинками, свойства и характеристики которых еще недостаточно изучены.

Описанные методики востребованы в процедуре одноцелевой оптимизации.

Феномен рациональной относительной выгоды предполагает учет в многокритериальном анализе состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты таких критериев:

- выраженность пожарных рисков;
- значимость экономических параметров – насколько выгодно вложить средства в профилактику или ликвидацию угрозы.

Как указано в п. 3.2 РД 03-418-01, интегрированную величину «цена/безопасность/выгода» необходимо вычислять комплексно, что и выводит методику многокритериального анализа состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в разряд актуальных, но нуждающихся в оптимизации [3].

Современными решениями многоцелевой оптимизации являются [5]:

1. Методика вынесения оптимальной резолюции по Парето, что предполагает соотношение решений по параметрам и путям их оптимизации таким образом, чтобы не навредить рациональности иных параметров. Следовательно, выведенные по Парето-оптимуму решения имеют выгоды по одним параметрам, но отстают по иным моментам [2].

2. Методика поэтапных уступок предполагает работу в пространстве с множеством Парето-оптимальных решений, которые лимитируются в пределах ядра Нэша, а посредством приемов экспоненциального сглаживания запросы по оптимизации понижаются, пока не начинает доминировать один параметр. Исходя из сложившейся ситуации, решение выносится по стандартным приемам однопараметрической оптимизации. Методика оперативно осуществляет перевод к параметру-доминанте, принимая прочие малозначимыми.

3. Методика скаляризации формирует совокупную оценку всех использованных параметров, имеющих значение Парето-оптимума посредством интеграции показателей вероятности. Окончательное решение может формироваться и посредством подходов однопараметрической оптимизации.

Существуют и прочие методики многоцелевой оптимизации, принимающие во внимание составленные экспертами заключения.

Применение в методиках произвольного субъективного мнения экспертов не позволяет заявить об абсолютной достоверности [3].

Методика оптимума Парето и анализ с весовыми показателями применяется исключительно при автономности параметров оптимизации, как рекомендуется в закономерности Парето. Так, исходя из концепции сходства объектов пожарной защиты, инструментов воздействия (оптимизации) и явлений (возникающих пожаров), производные параметры можно охарактеризовать как избыточные, и анализу должна предшествовать оценка с исключением идентичного числа первичных параметров.

Следовательно, многокритериальный анализ состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты не может применять алгоритмы Парето-оптимума из-за функциональной зависимости величины издержек на пожарную безопасность объекта защиты от ожидаемых показателей безопасности.

Как видно, планомерные разработки единой концепции управления случайными процессами не могут быть адаптированы к отдельным отраслям противопожарной защиты и требуют доработки специфичной и узкоотраслевой многокритериальной методики анализа состояния системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты [6].

Концепция анализа должна охватывать оптимизацию обеспечения пожарной безопасности по зависимым критериям и величине экономической выгоды от применения системы, которая реализуется в обстоятельствах неопределенных внешних факторов, а также учитывать ответную реакцию системы и величины запаздывания административных решений как в емкостном, так и в передаточном ракурсе [5].

Авторы полагают, что система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты может работать эффективно, если охватывает системы смежной безопасности за счет достоверного исключения рисков на производстве, в труде персонала и даже в состоянии производственной экосистемы, равно как и всеобъемлющий контроль и мониторинг со стороны компетентных органов и лиц.

Литература

1. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс.
2. Оповещение и информирование в системе мер гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. М.: Институт риска и безопасности, 2014. С. 320.
3. Михайлов Ю.М. Пожарная безопасность в офисе. М.: Альфа-пресс, 2015. С. 144.
4. Пасютина О.В. Безопасность труда и пожарная безопасность при механической обработке металла на станках и линиях. М.: РИПО, 2015. С. 108.
5. Нормы пожарной безопасности. Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций. М.: Энергия, 2014. С. 737.
6. Ложкин В.С. Памятка-инструкция для ответственного за обеспечение пожарной безопасности производственных помещений по выполнению возложенных на него ежедневных обязанностей. М.: Безопасность труда и жизни, 2016. С. 513.

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ УСТАНОВОК ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С НЕГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

С.Ю. Богуцкий.

Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по г. Санкт-Петербургу.

Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведен анализ влияния параметра негерметичности стационарных ограждающих конструкций защищаемых помещений на функциональные характеристики автоматических установок газового пожаротушения. Исследуются способы определения и контроля

негерметичности защищаемых помещений при проектировании и экспертной оценке автоматических установок газового пожаротушения.

Ключевые слова: автоматическая установка газового пожаротушения, газовые огнетушащие вещества, параметр негерметичности

PROBLEMS OF DESIGN AND EXPERT EVALUATION OF GAS FIRE EXTINGUISHING INSTALLATIONS RELATED TO INTEGRITY OF PROTECTED PREMISES

S.Yu. Bogutsky.

Forensic expert institution of the federal fire service «Testing fire laboratory» in Saint-Petersburg.

G.L. Shidlovsky; A.N. Ivanov.

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

Analyzes the influence of the leakage parameter of stationary enclosing structures of protected premises on the functional characteristics of automatic gas fire extinguishing systems. The methods of determining and controlling the leakiness of protected premises in the design and expert evaluation of automatic gas fire extinguishing systems are studied.

Keywords: automatic gas fire extinguishing system, gas extinguishing agents, leakage parameter

Отечественный и зарубежный опыт построения систем пожарной безопасности свидетельствует об эффективности применения автоматических установок пожаротушения, обеспечивающих на объекте защиты локализацию или ликвидацию пожара в его начальной стадии.

Они представляют собой совокупность технических средств, осуществляющих выпуск огнетушащего вещества в защищаемое помещение при срабатывании пожарных извещателей, установленных в нем.

Являясь сложными техническими системами, автоматические установки пожаротушения, наряду с большим количеством достоинств, имеют и определенные недостатки. Одна группа недостатков и проблем, возникающих при этом, связана с техническим исполнением, влияющим на долговечность и надежность работы элементов системы. Наличие другой группы недостатков и проблем объясняется недостаточно глубокой проработкой в действующей нормативной документации отдельных вопросов эксплуатации автоматических установок различного типа.

В настоящей статье речь пойдет о проблемах, возникающих при проектировании и экспертной оценке автоматических установок газового пожаротушения.

Отличительной особенностью газовых огнетушащих веществ (ГОТВ) является то, что они не оказывают негативного воздействия на материалы и оборудование, имеют хорошую проникающую способность, не проводят электричество, удаляются из помещения после тушения пожара посредством систем вентиляции. При хранении сохраняют свои свойства и нейтральны по отношению к большинству материалов.

Кроме того, эффективность применения ГОТВ обеспечивается возможностью поддержания в защищаемом помещении в течение определенного времени их огнетушащей концентрации, что практически невозможно в случае применения водопенных и порошковых установок пожаротушения [1].

Еще одним неоспоримым достоинством газового пожаротушения являются тушение по объему [2].

В то же время газовое пожаротушение имеет свои особенности:

а) необходимость обеспечения определенной степени герметизации в защищаемом помещении;

- б) экономическая нецелесообразность применения в помещениях большого объема;
- в) наличие в системе модулей, находящихся под высоким давлением, что требует особого подхода к вопросам их безопасной эксплуатации;
- г) высокая токсичность и озоноразрушающее действие некоторых газовых огнетушащих веществ [2, 3].

Основным требованием к автоматическим установкам газового пожаротушения является «...создание огнетушащей концентрации газового огнетушащего вещества в защищаемом объеме за необходимое для тушения пожара время...» [4].

Свод правил СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» требует, чтобы при разработке проекта технологической части установки газового пожаротушения были произведены расчеты:

- массы ГОТВ;
- гидравлических характеристик системы;
- площади проема для сброса избыточного давления в защищаемом помещении при работе установки [5].

В этом же нормативном документе указан перечень необходимых исходных данных для расчета и проектирования, входящих в состав задания на проектирование, которое согласовывают с организацией – разработчиком установки и включают в состав проектной документации.

Одним из обязательных элементов, включаемых в перечень, является площадь постоянно открытых проемов, которые технологически могут быть в ограждающих конструкциях защищаемого помещения (стенах, дверях, окнах и т.д.).

В дальнейшем величина площади постоянно открытых проемов используется для расчета параметра негерметичности помещения, от значения которого будет зависеть масса ГОТВ, предназначенного для тушения пожара в данном помещении.

Этим определяется особая важность точности определения площади постоянно открытых проемов. Использование не соответствующих фактическим сведений о площади открытых проемов в помещении в случае ее занижения может привести к недостаточности массы ГОТВ, вследствие чего может быть не обеспечена нормативная объемная концентрация ГОТВ или не обеспечено поддержание требуемой концентрации ГОТВ в помещении на протяжении времени, необходимого для тушения пожара. В случае завышения – к избытку массы ГОТВ, вследствие чего при неправильном определении площади проема для сброса избыточного давления в замкнутом объеме помещения выпуск ГОТВ приведет к повышению давления более установленных предельных значений, что может вызвать повреждение или разрушение ограждающих конструкций (стен, дверей, окон) помещения, что, в конечном итоге, также не позволит создать необходимую концентрацию ГОТВ.

При проектировании автоматических установок газового пожаротушения нельзя не учитывать последствия возможного воздействия ГОТВ на людей. Несмотря на то, что нормативными документами предусмотрены организационные и технические мероприятия, казалось бы, полностью исключающие возможность попадания персонала под воздействие ГОТВ при срабатывании автоматических установок газового пожаротушения, какая-то вероятность нахождения людей в защищаемом помещении во время тушения пожара будет оставаться.

Крайне важно, чтобы постоянно открытые проемы в защищаемом помещении не выходили в смежные помещения, оборудованные средствами автоматической пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения. Их наличие может привести к тому, что при тушении пожара в помещении ГОТВ будет вытесняться через открытые проемы в смежные помещения в таком объеме, что может привести к ложному срабатыванию установленных уже в них автоматических установок пожаротушения, в результате чего возникнет сопутствующий этому дополнительный экономический ущерб.

Кроме того, нормативными документами [5] накладывается ограничение на саму возможность применения установок объемного пожаротушения в зависимости от параметра негерметичности стационарных ограждающих конструкций помещений.

Поэтому в результате использования некорректных сведений, при проведении соответствующих расчетов, инженерные решения, содержащиеся в проектной документации, могут не соответствовать требованиям нормативных документов, предъявляемых к функциональным характеристикам установки газового пожаротушения, в том числе и требованиям по безопасности.

Практика проведения экспертных исследований проектной документации и смонтированных установок газового пожаротушения позволяет говорить о выявлении большого количества случаев указания некорректных значений площади открытых проемов на стадии составления технического задания на проектирование, а также обнаружения их несоответствия проектной документации при проверке систем газового пожаротушения на конкретных объектах. Основных причин этого, на взгляд авторов, несколько.

Первой причиной можно считать изначальное отсутствие у инженера-проектировщика сведений о площади открытых проемов в помещении, в том числе тех, которые образованы прохождением инженерных коммуникаций через его ограждающие конструкции (например кабельные проходки, воздухопроводы, трубопроводы). При этом, зачастую, проектировщик условно принимает значение площади открытых проемов за «0», считая, что защищаемое помещение полностью герметично или принимает другое, ничем не обоснованное, его значение.

Второй причиной является ситуация, когда в нарушение требований нормативных документов в технологических проемах в ограждающих конструкциях (например, вентиляционных) отсутствуют устройства для их автоматического закрывания (жалюзи, клапаны и т.д.) при срабатывании пожарной автоматики. При этом данные проемы не учтены как постоянно открытые.

Еще одной причиной часто является поздняя корректировка сведений о площади открытых проемов в помещении, когда инженерные решения уже разработаны и проектная документация прошла экспертизу. В этом случае, как правило, исполнитель не желает вносить соответствующие изменения или заказчик оплачивать дополнительную работу проектировщиков.

Наконец, причиной часто является несоответствие фактических архитектурных, объемно-планировочных, технологических решений проектным, что возможно при ненадлежащем обследовании объекта защиты в ходе процесса сбора исходных данных для проектирования (для существующего объекта) или возведение вновь строящегося объекта с отклонением от проектных инженерных решений. В данном случае, в ходе экспертизы готового проекта необходимо производить оценку разработанных проектных решений на предмет их применимости непосредственно на объекте, которая в большинстве случаев, не проводится.

Каким же образом можно добиться точного учета площади постоянно открытых проемов, а, следовательно, и параметра негерметичности помещения?

Отсутствие в настоящее время в отечественных нормативных документах каких-либо методик определения и методов проверки параметра негерметичности помещений, защищаемых автоматическими установками газового пожаротушения, в том числе и в процессе их эксплуатации, приводит к возникновению определенных трудностей при проектировании установок газового пожаротушения, организации и проведении государственной экспертизы проектной документации, осуществлении полномочий должностных лиц органов государственного строительного надзора.

Такие трудности возникают, например, при исследовании автоматических установок газового пожаротушения в рамках проведения судебных экспертиз по административным

или уголовным делам, при установлении фактов нарушений требований пожарной безопасности.

Принимая во внимание вышеуказанные пробелы в нормативных документах в части методов определения и контроля негерметичности помещений, сформировать категоричный вывод о способности или неспособности установки выполнить функцию по тушению пожара (создание огнетушащей концентрации ГОТВ) эксперту будет затруднительно, так как проведение исследования должно проводиться объективно, на строго научной и практической основе. Нечеткость и неопределенность результатов исследования не могут ложиться в основу судебного решения.

Обращаясь к зарубежному опыту проектирования и эксплуатации установок газового пожаротушения, можно видеть, что во многих странах для определения и периодического контроля параметра негерметичности помещений применяется программно-инструментальный комплекс под названием «Аэродверь» (Blower door).

«Аэродверь» состоит из металлической рамы, воздухо непроницаемого полотна или панели, мощного калиброванного вентилятора, дифференциального манометра, программного комплекса, который предназначен для приема, обработки и анализа полученных измерений.

Избыточное давление создается системой вентиляторов. Специальное программное обеспечение позволяет рассчитать не только параметр (коэффициент) негерметичности, но и определить время удержания рабочей концентрации ГОТВ в помещении с учетом применяемого газа. Также по результатам данного измерения определяется необходимость в установке устройства для сброса избыточного давления.

В соответствии с действующими отечественными нормативными документами по пожарной безопасности, значения временных характеристик достижения и удержания рабочей концентрации ГОТВ определяют только при проведении испытаний установки в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50969–96 «Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний» [6].

При проведении расчета массы ГОТВ в соответствии с приложением «Е» [5] нивелирование влияния параметра негерметичности помещения происходит посредством применения поправочных коэффициентов, просто увеличивающих массу ГОТВ, при этом ее достаточность для обеспечения вышеприведенных временных характеристик можно оценить только после проведения испытаний, которые не являются обязательными в соответствии с п. 8.6 ГОСТ Р 50969–96 [6].

Данный подход не в лучшую сторону отличается от требований зарубежных нормативных документов, где время удержания рабочей концентрации ГОТВ подтверждается при проведении теста на герметичность (Room Integrity Test) еще на этапе сбора исходных данных или их контроля, что можно считать более прагматичным и экономически целесообразным.

Таким образом, основным выводом в статье необходимо считать то, что отсутствие в отечественных нормативных документах по пожарной безопасности методик и технологий определения и контроля параметров негерметичности защищаемых помещений – достаточно важного параметра в случае применения автоматических установок газового пожаротушения – в итоге может отразиться на экономической эффективности принятых инженерных решений и снижении уровня пожарной безопасности объекта.

В результате сложившейся ситуации, которая является проблемой не только для проектных, монтажных организаций собственника объекта защиты, но и для контролирующих органов и экспертных организаций, требуется оперативное внесение изменений в нормативные документы в части проектирования установок газового пожаротушения. Необходима разработка методов и технологий определения и контроля параметров негерметичности защищаемых помещений, в том числе и на основе анализа зарубежного опыта.

Литература

1. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. I. 713 с.
2. Корольченко А.Я., Шилина Е.Н. Газовое пожаротушение // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 5. С. 57–65.
3. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: учеб. / В.П. Бабуров [и др.]. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2007. 298 с.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм. на 27 дек. 2018 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 27.04.2020).
5. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (утв. приказом МЧС РФ от 25 марта 2009 г. № 175). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения: 26.03.2020).
6. ГОСТ Р 50969–96. Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007215> (дата обращения: 18.04.2020).



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

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ НЕФТЕПРОДУКТОВ

**О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
В.Н. Громов, доктор технических наук, профессор.
Военный институт (инженерно-технический) Военной академии
материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева**

Рассматриваются проблемы пожарной и экологической безопасности при разгерметизации цистерн с нефтепродуктами, перевозимых железнодорожным транспортом, в случае аварий без схода с рельс на участке аварийного тормозного пути и даются рекомендации по снижению рисков пожарной и экологической опасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, экологическая безопасность, участок аварийного торможения состава, начальная скорость торможения

PROBLEMS AND WAYS OF ENSURING FIRE AND ENVIRONMENTAL SAFETY DURING TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS BY RAILWAY TRANSPORT

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

V.N. Gromov.

Military institute (engineering and technical) of the Military academy of logistics of general of army of A.V. Khrulev

Problems of fire and environmental safety during depressurization of tanks with oil products transported by rail are considered, in case of accidents without derailment on the emergency braking track section, and recommendations are made to reduce fire and environmental risks.

Keywords: fire safety, environmental safety, emergency braking area, initial braking speed

Бурное развитие промышленности в XXI в. вызвало увеличение потребления энергетических ресурсов и, прежде всего, нефти и продуктов ее переработки. Большой объем доставки нефти и продуктов ее переработки осуществляет в отдаленные районы России до потребителя в основном трубопроводный и железнодорожный транспорт. До 50 % всего грузооборота железнодорожного транспорта составляют нефтепродукты (нефть, мазут, бензин, дизельное топливо, сжиженный углеводородный газ). По сведениям ОАО «Российские

железные дороги», за 2019 г. было транспортировано около 270 млн т нефтепродуктов внутри страны и на экспорт [1]. В силу невозможности и экономической нецелесообразности нельзя обеспечить поставки во многие регионы страны трубопроводным транспортом. Поэтому из года в год идет нарастание поставок нефтепродуктов железнодорожным транспортом. Следует отметить также увеличение поставок нефтепродуктов ежегодно на несколько процентов на экспорт, в перевозке которых также участвует железнодорожный транспорт. Объем перевозимых нефтепродуктов только одним железнодорожным составом может составить до 4 000 т (около 50–70 вагонов-цистерн). Перевозка нефтепродуктов осуществляется специальными вагонами-цистернами, технические характеристики которых представлены в табл. 1 [2].

Преимуществом перевозки нефтепродуктов железнодорожным транспортом является:

- возможность транспортировки круглый год независимо от погодных условий;
- в большинстве случаев сокращение времени доставки по сравнению с морским или речным транспортом;
- способность транспортировки в отдаленные районы при развитой сети железных дорог;
- возможность транспортировки довольно значительных объемов нефтепродуктов.

Таблица 1. Технические характеристики основных железнодорожных цистерн, используемых для перевозки нефтепродуктов

Модель	Назначение	Грузоподъемность, т	Объем котла, м ³
15-869	бензин, светлые нефтепродукты	62	88,6
15-1427	бензин	60	73,1
15-1566	для вязких нефтепродуктов	63,5	73,17
15-011	нефтепродукты	60	73,7
15-011-01	нефтепродукты	66	72,38
15-145	нефтепродукты светлые	66,8	91,8
15-031-02	нефтепродукты	66	73,38

Однако данный способ перевозки нефтепродуктов не является безопасным и может повлечь за собой экологические последствия и гибель людей.

В случае аварий на железнодорожном транспорте при разливе нефти, бензина, дизеля, мазута и других жидкостей в первую очередь страдает верхний слой почвы. Если разлив произошел вблизи водоемов, то пострадают рыбы и птицы.

Кроме того, аварии, произошедшие в непосредственной близости от населенного пункта с возгоранием нефтепродуктов, могут стать причиной развития у людей заболеваний слизистой оболочки носоглотки и глаз, ухудшения зрения, отравлений верхних дыхательных путей.

Разлив нефти на подстилающую поверхность влечет за собой ухудшение состояния растительности и продуктивности почвы за счет образования битуминозных солончаков, гудронизации земли. В результате естественного разложения нефти с момента ее поступления на поверхность почвы происходит физико-химическое и микробиологическое разложение структур разных классов веществ.

Эти изменения негативного воздействия нефти в различных почвенно-климатических зонах могут длиться от нескольких месяцев до нескольких десятков лет.

Загрязнение нефтью влечет за собой изменение численности микроорганизмов в почве, что ухудшает ее агрохимические свойства, снижает ее продуктивность.

Загрязнение нефтью водных источников приводит к гибели пернатых животных за счет залипания ее на перьях, а также вдыхания испарений, а попадание фрагментов нефти в воду приводит к уменьшению количества рыбы. Это приводит также к вымиранию морских трав, водорослей, которое может продолжаться по наблюдению ученых длительное время – в течение пяти лет.

Особенно опасно загрязнение пресных небольших водоемов, обитатели которых, подвергаясь токсическому действию нефтепродуктов, обладают способностью аккумулировать их в своих тканях. Употребление их человеком может отрицательно воздействовать на его здоровье за счет попадания в организм с пищей канцерогенных компонентов нефти.

Вредное действие нефтепродукта может проявляться как при попадании на тело человека жидкого компонента, так и при вдыхании его паров.

Большинство продуктов переработки нефти, такие как бензин, керосин и другие, обладают свойствами нервных ядов, способностью наркотического действия и поражают главным образом центральную нервную систему.

Высокая концентрация паров продуктов переработки нефти парализует центральную нервную систему, вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей, растворяясь в крови, проникает в спинной и головной мозг, нарушая их жизненные функции.

Симптомы поражения: возникновение головокружения, учащенное сердцебиение, общая слабость организма, при сильных отравлениях – раздражение слизистых и дыхательных путей, потеря сознания. Продукты переработки нефти, попадая на кожу, вызывают различные кожные заболевания (экземы, дерматиты). Сжиженные газы оказывают на кожу человека обмораживающее действие.

Наиболее сильно жидкие нефтепродукты воздействуют на кожные покровы человека. При частом контакте кожи с нефтяными маслами они вызывают некроз тканей, возможны фолликулярные поражения («масляные» или «керосиновые» угри), гнойничковые заболевания кожи и подкожной клетчатки, а также экземы и пигментные дерматиты, при попадании в глаза – помутнение роговицы.

Проблемы обеспечения пожарной и экологической безопасности при перевозке нефтепродуктов железнодорожным транспортом усугубляются вследствие возможности нарастания террористических актов, последствия которых могут вызвать значительно больший ущерб, нежели при техногенных авариях.

Так, например, 13 августа 2003 г. в 40 км от г. Свердловска произошла авария железнодорожного состава из 62 цистерн с бензином. В результате 21 цистерна сошла с рельс, загорелась и взорвалась. В течение месяца проводились работы по ликвидации разлива. Проверка загрязненности пролива в октябре показала, что почва загрязнена до 200 ПДК.

В 2005 г. в Тверской области сошли с рельсов 26 вагонов с мазутом, пролилось до 780 т мазута, большее количество которого попало в реку.

При оценке экологического ущерба при таких авариях согласно методикам [3, 4] рассматривают экологический ущерб, как правило, при разгерметизации одной или несколько цистерн и проливе из них всего содержимого как в районе схода с рельсов при аварии, так и в стационарном положении, и не учитывают сценарии частичной разгерметизации при движении на маршруте. Как показывают исследования [5], в случаях частичной разгерметизации цистерны (нескольких цистерн), особенно в условиях осуществления террористических актов с подрывом или пробитием их без схода с рельсов железнодорожного состава, пролив может быть на значительном участке аварийного торможения состава (при скорости аварийного торможения 70 км/ч составляет до 900 м). Количество пролитого нефтепродукта будет определяться как величиной площади разгерметизации (пробоины), так и ее расположением по высоте цистерны.

Такого рода аварии (разрушения) осложняют проблему ликвидации последствий вследствие устранения загрязнения почвы дорожного покрытия на протяженных участках аварийного торможения, которые будут представлять пожароопасные зоны для проходящих вблизи составов. Это приведет к значительной задержке передвижения составов на данном направлении до устранения возможности возгораний пролитых нефтепродуктов.

Определение площади загрязнения нефтепродуктами можно рассчитать по количеству массы пролитого вещества на всем участке аварийного торможения в зависимости от величины площади разгерметизации (размера пробоины) и ее расположения по высоте цистерны по формуле [5]:

$$m_T = \int_0^{t_{уст.м}} G(t) dt = \left(G_0 t_{уст.м} - \frac{\rho_{ж} g \mu^2 S_{отв}^2}{2S_{ем}} \cdot t_{уст.м}^2 \right),$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости опасного вещества; $t_{ист.т}$ – время истечения опасного вещества с момента разгерметизации емкости до остановки поврежденного транспорта, определяемое по формуле:

$$t_{уст.м} = t_{торм} = t_n + \sum_{i=1}^{n^*} \frac{V_H - V_K}{3,6 \cdot \varepsilon_i},$$

где $t_{уст.м} = t_{торм}$ – время истечения аварийно химически опасных веществ от момента разгерметизации резервуара до остановки поврежденного транспорта, с; t_n – время подготовки тормозов, определяемое согласно работе [6] по табл. 2 с учетом поправки, определяемой

величиной и знаком уклона, а также величиной тормозной силы; где V_H, V_K – начальная и конечная скорость поезда в принятом расчетном интервале скоростей; $\varepsilon_i = \frac{V_H^2 - V_K^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot \Delta L_\partial}$ –

величина среднего замедления для грузового поезда в процессе остановочного торможения на i интервале действительного участка тормозного пути L_∂ [6].

Таблица 2. **Время подготовки тормозов**

Длина состава и вид тормозов	t_n , с
Грузовые составы длиной 200 осей и менее при автоматических тормозах или одиночно следующие грузовые локомотивы	7
Грузовые составы длиной от 200 до 300 осей при автоматических тормозах	10
Грузовые составы длиной более 300 осей при автоматических тормозах	12

G_0 – массовый расход в начальный момент времени, кг/с, определяется по формуле:

$$G_0 = \mu \rho_{ж} S_{отв} \sqrt{2g(h_0 - h_{отв})},$$

где μ – коэффициент истечения, принимаемый равным 0,6–0,8; $S_{отв}$ – площадь отверстия, м²; h_0 – начальная высота столба жидкости в емкости, м; $h_{отв}$ – высота расположения отверстия, м; g – 9,81 м/с².

Количество разлитого опасного вещества $m_{ост}$ после остановки поврежденного транспорта определяется по формуле:

$$m_{ост} = \left(\mu \rho_{ж} S_{отв} \sqrt{2g(h'_0 - h_{отв})} t_{ост} - \frac{\rho_{ж} g \mu^2 S_{отв}^2}{2S_{ем}} t_{ост}^2 \right),$$

где h'_0 – высота столба жидкости в емкости на время остановки, м; $t_{ост}$ – время, исчисляемое от момента начала торможения до остановки, с; $S_{ем}$ – площадь сечения емкости, м².

Расчеты согласно методике [5] показывают, что количество пролитых нефтепродуктов на участке аварийного торможения грузового состава зависит от величины пробоины (разгерметизации) цистерны и от ее расположения относительно дна цистерны рис. 1, 2.

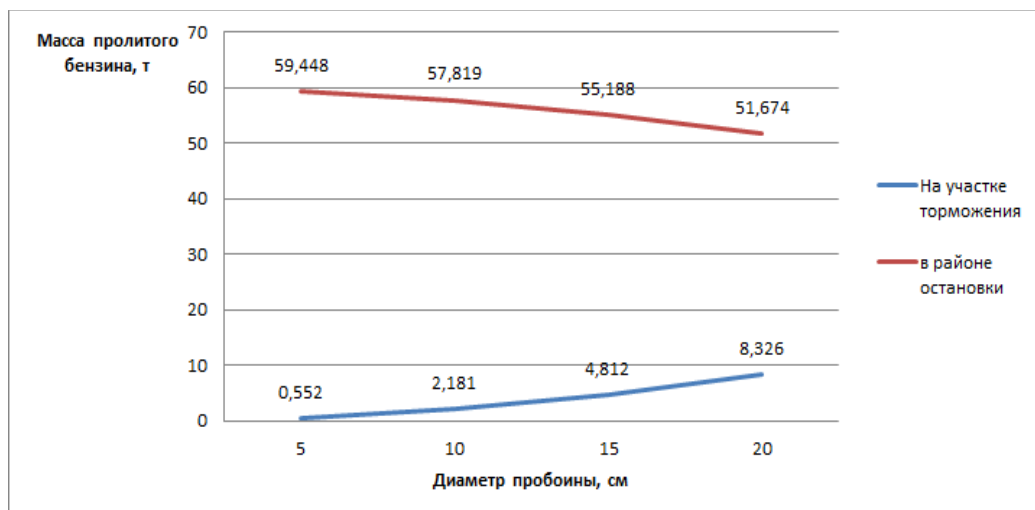


Рис. 1. График зависимости массы пролива бензина из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т в районе остановки и на участке торможения в зависимости от площади пробоины (пробоина в днище) при начальной скорости торможения грузового состава 70 км/ч

Анализ показывает (рис. 1), что довольно значительная часть содержимого цистерны свыше 8 т может быть пролита на большом участке аварийного торможения при пробоине до 20 см в днище. Чем выше расположена пробоина от дна, тем меньше будет количество пролитых нефтепродуктов (рис. 2). Количество пролитого бензина при разгерметизации на участке аварийного торможения зависит от начальной скорости торможения состава (рис. 3). Так, например, количество пролитой массы на участке аварийного торможения при начальной скорости торможения грузового состава в 70 км/ч увеличивается примерно до 30 % по сравнению с начальной скоростью торможения грузового состава в 40 км/ч.

Анализ расчетов масс пролитого бензина на отдельных участках аварийного торможения показывает, что большая часть пролитой массы бензина из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т при величине пробоины (разгерметизации) 20 см в днище от 60 % (при начальной скорости аварийного торможения 70 км/ч) до 70 % (при начальной скорости аварийного торможения 40 км/ч) от общей массы бензина происходит в основном на 70 % всего тормозного пути. Причем большая часть массы бензина будет пролита на удаленных участках от места аварийной остановки (табл. 3). В связи с этим возникает проблема в оперативном проведении устранения загрязнения на удаленных участках от места аварийной остановки.

Таблица 3. Масса пролитого бензина из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т при величине пробоины (разгерметизации) 20 см в днище на участках аварийного торможения при различной начальной скорости торможения

Начальная скорость торможения 70 км/ч		Начальная скорость торможения 60 км/ч		Начальная скорость торможения 40 км/ч	
Путь, пройденный на тормозном пути, м	Масса пролитого бензина на всем участке торможения, т	Путь, пройденный на тормозном пути, м	Масса пролитого бензина на всем участке торможения, т	Путь, пройденный на тормозном пути, м	Масса пролитого бензина на всем участке торможения, т
659,35	11,2	555	11,14	305	9,2
Конец аварийного тормозного пути					
917,31	18,66	720	16,97	400,3	13,3

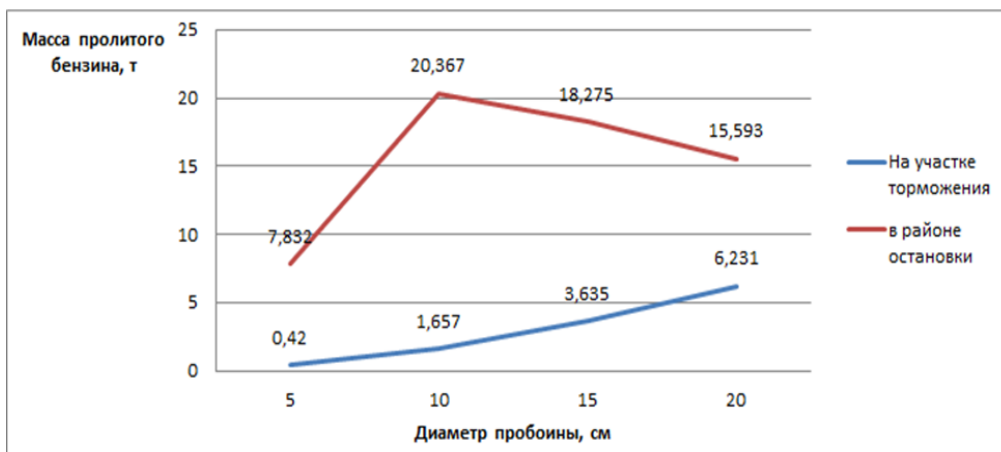


Рис. 2. График зависимости массы пролива бензина из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т в районе остановки и на участке торможения в зависимости от площади пробоины (пробоина сбоку, на высоте 1 м) при начальной скорости торможения грузового состава 70 км/ч

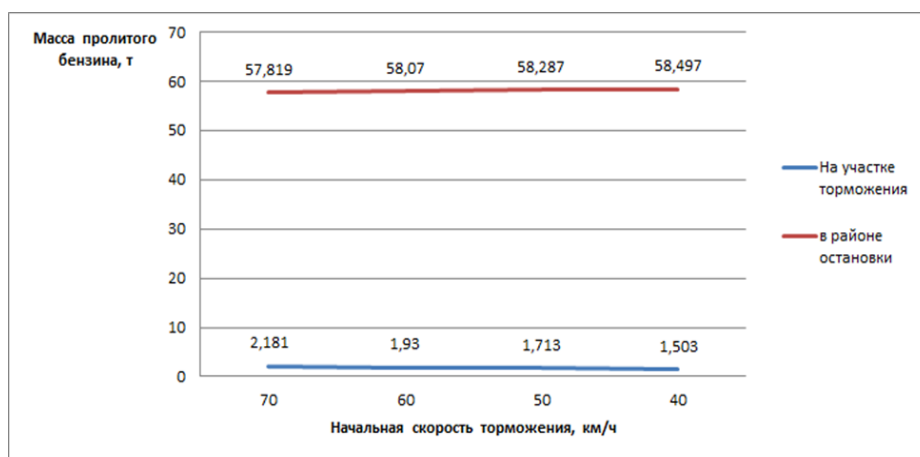


Рис. 3. График зависимости массы пролива бензина из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т в районе остановки и на участке торможения в зависимости от начальной скорости торможения состава (пробоина в днище) при диаметре пробоины 10 см

Проблема в своевременной локализации аварии заключается в том, что прибытие сил и средств на место аварии может быть затруднено как вследствие удаленности от их дислокации, так и трудностей их доставки в условиях загромождения железнодорожных путей другими составами при совершении аварии (террористического акта) в пределах железнодорожных и сортировочных станций (рис. 4). Так, например, прибытие пожарно-восстановительного поезда может быть не раньше 30–40 мин после аварии в случаях удаленности места аварии от его местоположения.

Поэтому локализовать пролив на участке аварийного торможения с помощью привлечения сил и средств Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций практически невозможно (рис. 4). В лучшем случае это можно осуществить в районе аварийной остановки.

Расчеты показывают, что характер пролива массы нефтепродуктов при аварии на участке аварийного торможения приблизительно одинаков (рис. 5, 6) при разгерметизации в днище или в боковой части цистерны.

Количество пролитой массы нефтепродуктов (соответственно площади загрязнения) в основном будет зависеть только от величины пробоины, ее места расположения и начальной скорости торможения.

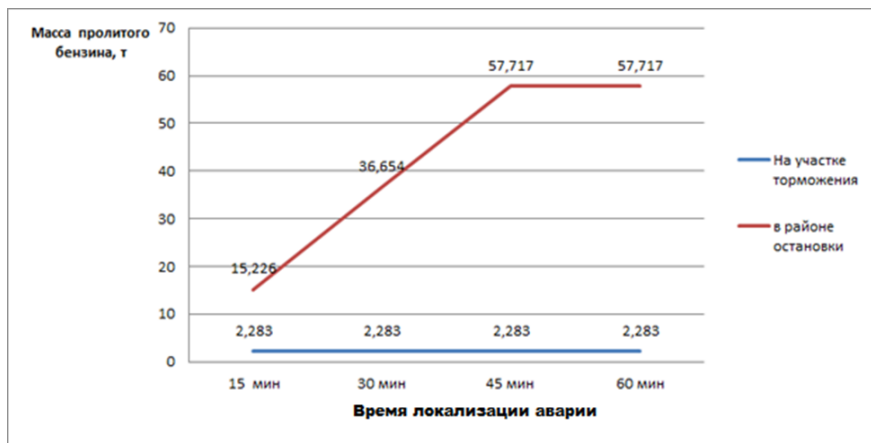


Рис. 4. График зависимости массы пролива бензина из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т в районе остановки и на участке аварийного торможения в зависимости от времени локализации аварии (пробоина в днище) при диаметре пробоины 10 см

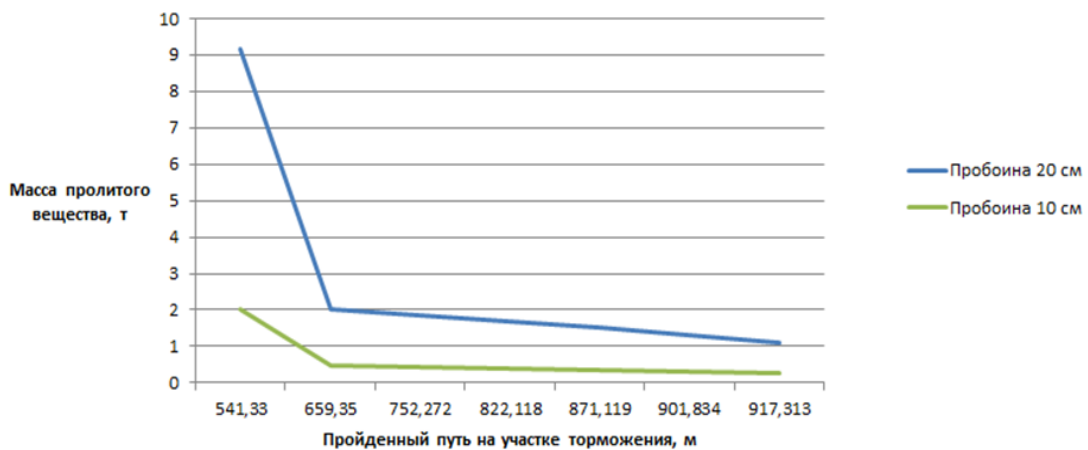


Рис. 5. График зависимости массы пролитого бензина АИ-95 из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т от пройденного пути на участке торможения при различных величинах пробоины (пробоина в днище). Начальная скорость торможения грузового состава 70 км/ч

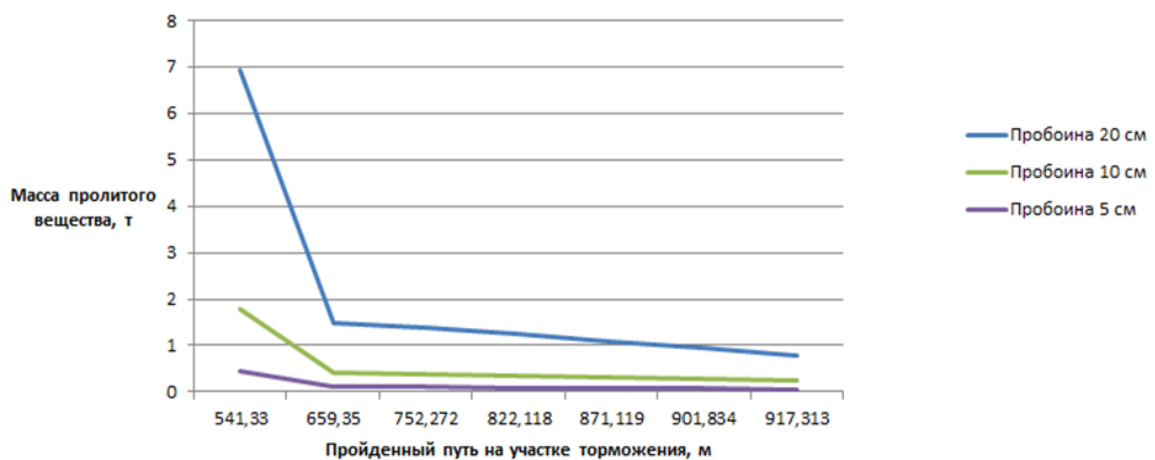


Рис. 6. График зависимости массы пролитого бензина АИ-95 из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т от пройденного пути на участке торможения при различных размерах пробоин (пробоина в боковой части на высоте 1 м). Начальная скорость торможения грузового состава 70 км/ч

Площадь загрязнения на участках торможения можно определить, исходя из расчета разлива нефти $0,15 \text{ кг/м}^2$ [5]. Величина суммарной площади загрязнения на аварийном участке торможения при начальной скорости торможения 70, 60 и 40 км/ч, размере пробоины 20 см в днище и в боковой части на высоте 1 м представлены в табл. 4.

Таблица 4. Суммарная площадь загрязнения бензином АИ-95 на участке аварийного торможения при разгерметизации цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т

Начальная скорость торможения, км/ч					
70		60		40	
днище	В боковой части h=1м	днище	В боковой части h=1м	днище	В боковой части h=1м
Суммарная площадь загрязнения, м ²					
2798	2081	2546	1870	1993	1478

В связи с этим следует учитывать возможности таких аварий, которые могут привести к загрязнению нефтепродуктами при разгерметизации цистерн на протяженных участках аварийного торможения, что приведет к риску пожарной опасности проходящих впоследствии по этим и параллельно проложенным путям прохождения грузовых и пассажирских составов. В целях восстановления движения на путях при таких авариях и обеспечения пожарной и экологической безопасности требуется проведение оперативных мероприятий по устранению такого загрязнения.

Пути решения проблемы оперативной локализации загрязнения нефтепродуктами при аварии разгерметизации (пробое) железнодорожных цистерн:

1. Предусмотреть установку датчиков сигнализации разгерметизации на цистернах, позволяющих машинисту осуществлять экстренное торможение, а также датчиков замера уровней нефтепродуктов для передачи сигналов их значений в территориальные ЦУКС МЧС России с целью определения масс, пролитых из цистерн, на аварийном участке торможения согласно способу [7].

2. Целесообразно в такие составы включать устройства [8], заправленные жидкими нейтрализаторами в целях снижения пожарной опасности на участках аварийного торможения.

3. На участки потенциальной опасности возможных аварий при прохождении таких составов предусматривать заблаговременное выдвижение сил и средств для оперативной ликвидации загрязнений.

4. В целях снижения масштабов загрязнений и устранения возможных пожаров со взрывом по сценарию «домино» при пробое цистерн с нефтепродуктами в случаях террористических актов предусмотреть снижение количества перевозимых цистерн в составе путем чередования их платформами с другим неопасным грузом.

Таким образом, реализация этих предложений позволит повысить обеспечение пожарной и экологической безопасности при перевозке нефтепродуктов железнодорожным транспортом.

Литература

1. Луценко А.Н. Обеспечение безопасности перевозок опасных наливных грузов железнодорожным транспортом // Труды Всерос. молодежной науч.-практ. конф. Хабаровск.: Изд-во ДВГУПС, 2012. С. 298–304.

2. Специализированные цистерны для перевозки опасных грузов: справ. пособие. М.: Изд-во стандартов, 1993.

3. Методика определения ущерба окружающей природной среде и дополнительных расходов железных дорог, возникающих при аварийных ситуациях с опасными грузами. М.: МПС России, МПР России, 2001. 198 с.

4. Медведев В.И. Методы управления безопасностью перевозимого процесса опасных грузов и пути повышения экологической безопасности на железнодорожном транспорте. Новосибирск: СибГУПС, 2001. 349 с.

5. 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.

6. Френкель С.Я. Техника тяговых расчетов: пособие. Гомель: БГУ транспорта, 2005.

7. Способ оперативного определения массы пролитого опасного химического вещества при аварии перевозимого резервуара: пат. Рос. Федерация 2700812 / Савчук О.Н., Аксенов А.А.; заявл. 13.03.2018; опубл. 16.09.2019. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2019.

8. Устройство оперативной дегазации участков аварийного торможения железнодорожного транспорта при проливе жидких опасных химических веществ: пат. Рос. Федерация 2526384 / Савчук О.Н.; заявл. 17.12.2012; опубл. 20.08.2014. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2014.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ ЧЕЛОВЕКА КАК СТРАТЕГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ РИСКОВ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

В статье в филогенезе, онтогенезе и историологическом аспекте смена технологического сознания человека экологическим сознанием обосновывается как объективная необходимость, которая в условиях глобальных рисков становится стратегической задачей современного образования

Ключевые слова: технологическое сознание, технократическое мышление, экологическое сознание, человеческое самоотрицание, коэволюция человеческого общества и биосферы

HUMAN ECOLOGICAL CONSCIOUSNESS FORMATION OF AS A STRATEGIC EDUCATION OBJECTIVE IN THE GLOBAL RISKS CONTEX

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

It is substantiated in frame of phylogenesis, ontogenesis and the historiological aspect that it is an objective necessity to change technological consciousness of a person to ecological consciousness. This change becomes a strategic task of modern education in the face of global risks.

Keywords: technological consciousness, technocratic thinking, environmental consciousness, human self-denial, human society and the biosphere co-evolution

Системный подход к анализу процесса развития человеческого общества с древних времен позволяет сделать вывод о том, что каждый новый этап в эволюционном развитии человека связан с глобальным ухудшением условий окружающей среды, что обуславливало необходимость проявления приспособительной изменчивости человека, в том числе и в виде совершенствующегося сознания.

Понимание системной взаимосвязи развития сознания человека со всеми структурными уровнями биосферы привело французских биологов Э. Леруа (1870–1954) и П. Тейяра де Шардена (1881–1955) к необходимости дополнения строения биосферы новым структурным

образованием, которое в 1927 г. Э. Леруа предложил назвать ноосферой (сферой Разума) – мыслительной оболочкой Земли, сохраняющей сознание ранее живущих людей.

Материалистическое понимание понятия ноосфера было предложено в 1944 г. В.И. Вернадским в биосферной концепции, согласно которой под ноосферой следует понимать любые следы разумной деятельности человека в окружающем мире: узкие оросительные каналы и грандиозные гидроэлектростанции; атомные станции; космодромы; наскальные рисунки и огромные мегаполисы и т.д.

Вернадский В.И. наполнил понятие «ноосфера» не только глобальным, но и социально ориентированным смыслом, характеризующим состояние развития человеческого общества и его взаимоотношения с окружающим физико-биологическим миром.

В труде «Размышления натуралиста» В.И. Вернадский отмечал, что биосфера «неотделимо и неразрывно... связана с живым заселяющим ее веществом. В этом биогенном токе атомов и связанной с ним энергии проявляется планетарное, космическое значение живого вещества» [1].

В трактовке В.И. Вернадского биосфера представляется живым, непрерывно развивающимся организмом планетарного масштаба и с этих позиций является, с одной стороны, особым уровнем организации живой материи, а с другой – исторически неизбежной формой развития и реконструкции биосферы в интересах мыслящего человека, который осознает себя неотделимой частью биосферы и понимает взаимосвязь своей эволюции с эволюцией биосферы.

Следует подчеркнуть, что сущность понятия «ноосфера» В.И. Вернадский связывал не только и не столько с проявлением планетообразующей мощи человека, сколько с позитивным развитием самого человека как органичной части биосферы, от разумной деятельности и способов самореализации которой зависит ее состояние [1].

Образование формирует человека, его жизненные ориентации, творческие способности и обеспечивает таким образом духовное развитие индивида, который формируется и действует как личность.

В начале XX в. решение вопроса о содержательном и ценностном значении понятия духовности было равноценно по значимости с решением задачи выявления инвариантов первичной информации мира природы (объективной реальности) и рефлексии представлений о метапонятиях, обладающих свойством всеобщности. Существование метапонятий (энергия, время, материя, пространство, информация, взаимодействие, природа) иллюстрирует субъекту познания методологический принцип фундаментального единства мира, определенной иерархии мира и ее единства.

Тейяр де Шарден П. считал одним из основных свойств иерархии мира «повсеместность корней» и всеобщее значение любого феномена природы, который точно установлен «хотя бы в одном месте».

С этих позиций любые действия человека по преобразованию вещества природы имеют повсеместные корни, изменяют внешние условия «в силу фундаментального единства мира» и, следовательно, именно с этих позиций должны оцениваться. Условия глобальных рисков и непрерывного усложнения технологий производства, целостность профессиональной деятельности, ее результаты и последствия для бытия и культуры человечества требуют глубокого осмысления с позиций сосуществования развивающихся и разрушающихся систем реального мира. Тогда «образованным является не тот, кто много знает», а «...тот, кто овладел структурой своей личности», осмыслил фундаментальное единство мира и стал способен включить целостный мир в целостность личного мира» (М. Шелер) [2, 3].

Однако с глубоким сожалением следует признать, что до настоящего времени стратегические ориентиры «направленного развития» человека для предотвращения его перехода через «роковую черту», равно как и критерии образованного человека, определенные в начале XX в., в большей степени имеют декларативный характер.

«Произошла какая-то непоправимая катастрофа в судьбе человека, катастрофа надрыва его человеческого самочувствия, неизбежная катастрофа надрыва его человеческого

самоутверждения в человеческое самоотрицание, катастрофа ухода от природной жизни, отрывания и отчуждения от природной жизни. Этот процесс есть страшная революция» [4].

Так почему темпы развития человека оказались несопоставимыми с темпами научно-технического прогресса и произошла «страшная революция»?

Поиск ответов на поставленный вопрос требует проведения анализа основных этапов становления человека в онтогенезе, филогенезе, историологическом и методологическом аспектах, результаты которого указывают на то, что причины «надрыва человеческого самочувствия» имеют глубокие исторические корни.

В эпоху Возрождения в контексте религиозного сознания и христианской космологии человек стал рассматриваться мерой всех вещей. Бэкон Ф., Г. Галилей, Р. Декарт полагали, что Вселенная является аналогом сложного часового механизма, а длительная трансляция этих научных воззрений в обществе постепенно привело человека к отчуждению от природы, которое, по мнению Г. Сколимовского, проявилось в стремлении человека к неограниченной власти над природой и миром [5].

В филогенезе доминирующий менталитет человеческого общества в каждой эпохе развития человеческой цивилизации определял процесс становления сознания человека и его тип. Кэтрис Р. (США) предложил следующую классификацию исторических типов сознания:

1 – низший тип, сформировавшийся с возникновением речи, включающий в себя мифы и предрассудки;

2 – тип, связанный с возникновением письменности и характеризуемый логико-философским восприятием мира;

3 – тип, сложившийся в условиях появления и распространения печати, когда научно-технологический подход постепенно вытесняет холизм – (греч. *holos* – целый) – понятие, связанное с разработкой в XX в. системной методологии и системной парадигмы в познании. В методологии холизма природа (целое) имеет уникальные целостные свойства и предстает иерархией ценностей в их духовном единстве («целое больше суммы своих частей»);

4 – тип, складывающийся в настоящее время в условиях развития электроники и информационного взрыва;

5 – современный информационно-компьютерный тип, формирующийся в условиях безграничного расширения горизонтов человека и возможностей человеческого общества в глобальных масштабах.

Научно-технический прогресс, темпы которого значительно опережали темпы развития человека, в качестве «успеха, готового превратиться в кошмар» (Г. Сколимовский) способствовал формированию технологического сознания человека, характерными чертами которого являются атомистичность, количественность, сугубо материалистический объективизм, механистичность, отчужденность, а отличительной особенностью – абсолютизация технических средств и способов достижения любых целей, направленных на удовлетворение преимущественно материальных потребностей человека.

При таком подходе выбор оптимального решения любой профессиональной проблемы осуществляется не через призму человеческого существования, а по степени практической полезности результата профессиональной деятельности. При этом условия безопасности Живого вещества включают в зону неизбежных, допустимых и естественных рисков.

Таким образом, регулятивной нормой профессиональной деятельности в условиях господства технологического сознания становится принцип прагматизма, который любую частную полезную цель возвышает над общечеловеческими смыслами и ценностями. Именно с этих позиций В.П. Зинченко называет технологическое мышление технократическим и включает технократическое мышление в группу ключевых факторов риска человеческого общества в современных социокультурных и экономических условиях [6].

По мнению В.П. Зинченко, технократическое мышление является рассудком, «которому чужды Разум и Мудрость», а американский психолог Э. Фромм назвал

технократическое мышление как мировоззрение «технократическим фашизмом». С этих позиций технократическим мышлением могут обладать не только представители рациональных наук («технократы» – «физики»), но и представители гуманитарных наук («лирики») – писатели и художники, философы и историки, музыканты и поэты и т.д. [6–8].

В настоящее время наблюдается мировое господство технократизма. При этом именно технократическое мышление все чаще становится причиной снижения темпов научно-технического прогресса. Одним из ярких примеров проявления этого противоречия является возникший в период пандемии (COVID-19) кризис на рынке углеводородов, спонтанное развитие которого могло остановить добычу нефти в мире, что имело бы разрушительные последствия для всех экономик мира и, как следствие, для главного потребителя полезных продуктов – человека.

С позиций вышеизложенного, образованию как сущностному компоненту культуры принадлежит особая миссия в «направленном развитии» мыслящего человека, который осознает себя не автономным целым внутри биосферы, а неотделимой частью биосферы. Глубокое понимание человеком неразрывности связи своей эволюции с эволюцией биосферы проявляется в его результатах труда, каждый из которых органически вписывается «в обмен веществ между природой и человеком» (Н.Н. Моисеев) и за каждый из которых человек несет личную («здесь и сейчас») и глобальную («там и тогда») ответственность. Именно такой подход к преобразованиям вещества природы В.И. Вернадский называл действиями человека «в планетном аспекте» [1, 9].

Один из основоположников философской антропологии М. Шелер отмечал, что «...у человека «образованного» уже в становлении какого-либо опыта то, что дано в этом опыте, упорядочивается в осмысленно расчлененную по образцам, формам и рангам целостность мира – в микрокосм» [2].

Осознание реальной угрозы физического исчезновения человечества требует от человека переосмысления своего места в целостном мире, результаты которого могут проявиться и конкретизироваться в том, что в человеческом обществе установится приоритет целостного подхода к изучению природы и преобразованию ее Живого вещества.

Это значит, что только в результате смены технологического сознания человека экологическим сознанием, характерными чертами которого являются: целостность, качественность, эволюционизм, нравственное начало во всех деяниях, может быть достигнута коэволюция (гармоническое сосуществование) человеческого общества и биосферы.

Альберт Эйнштейн полагал, что «только нравственность в наших поступках придает красоту и достоинство нашей жизни», поэтому стремление к нравственности становится одним из важнейших «человеческих усилий». Великий физик, который открыл путь человеку для мгновенного уничтожения человечества ядерной энергией, основной доминантой образования считал воспитание нравственных начал, а сделать нравственность «живой силой и помочь ясно осознать ее значение» – не одной из задач, а стратегической задачей образования [10].

В 1947 г. немецкими философами Максом Хоркхаймером и Теодором Адорно в труде «Диалектика просвещения» сформулирован «вечный» парадокс профессионализма: вне профессионализма, без профессиональной деятельности культура развиваться не может, но именно профессионалы способны поставить ее перед угрозой уничтожения [11].

Следовательно, стратегия всех ступеней современного образования должна быть направлена на непрерывное формирование экологического сознания человека для личного осмысления неразрывной взаимосвязи с «целостным миром» и духовно-нравственное развитие субъектов профессиональной деятельности, направленной на производство, воспроизводство и сохранение культуры в условиях парадокса профессионализма.

При таком подходе в системе образования должна быть установлена двойная доминанта. Первая доминанта – это совершенствование профессионального обучения как объективное требование и условие научно-технического прогресса, а вторая – это повышение

значения, уровня и содержания гуманитарного образования будущих специалистов всех без исключения специальностей.

В гуманитарном мышлении специалиста отражается экологическое сознание человека, выражающееся в субъективной переживаемости за человеческое существование в условиях решения любой технической задачи как части производства культуры человечества, оценки морально-этических норм и рефлексии собственных профессиональных действий, императивом которых в условиях глобальных рисков является безусловное сохранение целостности мира.

Литература

1. Вернадский В.И. Размышления натуралиста: в 2-х кн. // АН СССР Ин-т истории естествознания и техники. Архив. М.: Наука, 1977.
2. Шелер М. Избранные произведения. М.: Гнозис, 1994.
3. Шелер М. Философская антропология Макса Шелера: уроки, критика, перспективы / отв. ред. Д.Ю. Дорофеев. СПб.: Алетейя, 2011. 568 с.
4. Бердяев Н.А. Самопознание. Л., 1991. С. 125.
5. Сколимовский Г. Философия техники как философия человека. М., 1986.
6. Зинченко В.П. Большой психологический словарь. 3-е изд. М., 2002. 172 с.
7. Зинченко В.П., Моргунев Е.Б. Человек развивающийся – очерки российской психологии. М.: Тривола, 1994. 304 с.
8. Фромм Э. Революция надежды. Навстречу гуманизированной технологии. М.: АСТ, 2006. 288 с.
9. Моисеев Н.Н. Модели экологии и эволюции. М.: Знание, 1983. 64 с.
10. Эйнштейн А. Собрание сочинений в четырех томах. М.: Наука, 1965–1967. Т. 4.
11. Хоркхаймер М., Адорно Т. Диалектика просвещения. Философские фрагменты. М.-СПб.: Медиум. 290 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛА ПОСТРАДАВШИХ ПРИ ПОЖАРЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

В.Б. Вилков, кандидат физико-математических наук, доцент.

**Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала
армии А.В. Хрулева.**

А.К. Черных, доктор технических наук, доцент;

Е.Е. Горшкова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена задача оценки числа погибших и пострадавших при чрезвычайной ситуации и возникновении пожара в результате авиакатастрофы, падения самолета на жилую застройку. Решение задачи основывается на применении теории нечетких множеств и нечеткой логики. Предложен алгоритм решения рассматриваемой задачи, использующий метод, базирующийся на идеях Мамдани. Приведенные теоретические положения иллюстрируются содержательным примером.

Ключевые слова: пожар в результате чрезвычайной ситуации, задача оценки числа пострадавших в зданиях в результате пожара, нечеткая логика, нечеткое множество, алгоритм Мамдани, методика логического вывода

PREDICTING THE NUMBER OF FIRE VICTIMS AS A RESULT OF AN EMERGENCY

V.B. Vilkov. Military academy of logistics behalf of the army general A.V. Khrulyov.
A.K. Chernykh; E.E. Gorshkova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article considers the problem of estimating the number of dead and injured in an emergency situation and the occurrence of a fire, as a result of a plane crash, a plane crash on a residential building. The solution of the problem is based on the application of fuzzy set theory and fuzzy logic. An algorithm for solving this problem using a method based on Mamdani's ideas is proposed. The given theoretical positions are illustrated by a meaningful example.

Keywords: fire as a result of an emergency, problem of estimating the number of victims in buildings as a result of a fire, fuzzy logic, fuzzy set, Mamdani algorithm, logical inference method

Чрезвычайные ситуации (ЧС), связанные с крушениями самолетов и падением их в жилую застройку, периодически фиксируются во многих странах мира, в результате авиакатастроф происходит разрушение домов, возникают пожары, получают травмы и гибнут люди.

Проиллюстрируем последствия последствий указанных ЧС, приведенные в работе [1].

В США 9 декабря 2014 г. двухмоторный реактивный самолет, следовавший в аэропорт Монтгомери, упал на двухэтажный жилой дом, в результате падения возник пожар в двух соседних домах, погибли шесть человек, экипаж и женщина с детьми.

11 ноября 2015 г. жертвами падения самолета на жилой дом в г. Экрон, штат Огайо, США, стало девять человек.

В 2005 г. авиакатастрофа в Индонезии унесла жизни 143 человек, при взлете из международного аэропорта Медана пассажирский самолет Боинг-737 рухнул на жилую застройку, из погибших – 30 жителей жилого района.

Трагедия повторилась 30 июня 2015 г. – военно-транспортный самолет упал в жилом квартале г. Медан на о. Суматра, погибло 130 человек: 113 военнослужащих и членов их семей, 17 жителей.

26 июля 2015 г. в Японии упал пятиместный самолет на жилую застройку в 1,8 км от места взлета, пожар распространился на пять жилых домов, погибла женщина и два пассажира, трое получили травмы.

20 марта 2016 г. самолет SA-9 упал после взлета из г. Сан-Паулу, Бразилия. В результате падения на жилой дом погибло семь человек пассажиров, жильцы дома спаслись.

13 июня 2016 г. потерпел крушение истребитель МиГ-27 на северо-западе Индии, задев при падении жилые дома, пострадало три человека.

16 января 2017 г. недалеко от с. Жаны-Жер, Киргизия, на дачные жилые дома рухнул грузовой самолет «Боинг-747-400F», погибло более 30 человек.

В Пакистане 30 июля 2019 г. военный самолет упал в районе плотной жилой застройки г. Равалпинди, 15 человек погибло, из них 10 – в собственных домах, 12 травмировано.

27 декабря 2019 г. в Талгарском районе вблизи аэропорта Алма-Аты, Казахстан, произошло крушение самолета казахстанской авиакомпании Bek Air, который столкнулся с двухэтажным строящимся домом, погибли 12 авиапассажиров.

22 года прошло после ужасной трагедии в г. Иркутске: 6 декабря 1997 г. военно-транспортный самолет Ан-124 «Руслан» из-за отказа двигателей сразу после взлета, задев несколько многоэтажных жилых домов и здание детского дома, упал на жилой район, погибло 72 человека, из них 49 жителей домов, в том числе 14 детей.

В соответствии с Федеральным законом от 1 июля 2017 г. № 135-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования порядка установления и использования приаэродромной территории и санитарно-защитной зоны» все аэропорты России должны установить границы приаэродромной территории, в том числе седьмой подзоны, в границах которой запрещена жилищная застройка [2].

Указанные обстоятельства делают весьма актуальным рассмотрение следующей задачи.

В результате ЧС и пожара разрушено (в разной степени) и пострадало от огня некоторое количество жилых зданий. Требуется оценить число погибших и травмированных в результате пожара. Так как исходная информация о размерах пожаров, числе пострадавших и другая не определена однозначно, а носит нечеткий характер, то для решения поставленной задачи привлекается теория нечетких множеств и нечеткая логика [3–8]. Решение задачи базируется на идеях Мамдани [9–11], связанных с использованием методики логического вывода.

Остановимся на основных понятиях и результатах теории нечетких множеств и нечеткой логики, необходимых для дальнейшего исследования.

Нечеткие множества задаются на обычных множествах, называемых универсальными. Скажем, если речь идет о нечетком множестве «число пострадавших», то в качестве универсального можно предложить множество чисел от нуля до некоторого заданного, достаточно большого числа.

Как и в публикациях [12–14], под нечетким множеством \hat{A} на универсальном множестве U будем понимать совокупность пар $(\mu_{\hat{A}}(u), u)$, в которых $\mu_{\hat{A}}(u)$ является функцией принадлежности элемента $u \in U$ к нечеткому множеству \hat{A} , а степенью принадлежности – число из отрезка $[0, 1]$.

С приемами построения функций принадлежности можно познакомиться по [10, 11].

Кроме того, можно отметить, что словосочетания «значение функции принадлежности», «степень принадлежности» и «надежность» в дальнейшем будут применяться как синонимы.

Нечеткой величиной называется нечеткое множество, определенное на универсальном множестве, являющемся числовым множеством. Нечеткая величина, функция принадлежности которой имеет единственный максимум, называется числом. Треугольное нечеткое число \hat{A} есть тройка $\langle a, b, c \rangle$, $a \leq b \leq c$ действительных чисел. Функция принадлежности $\mu_{\hat{A}}(u)$ этого нечеткого числа задается формулой:

$$\mu_{\hat{A}}(u) = \begin{cases} \frac{u - a}{b - a}, & \text{если } u \in [a, b], \\ \frac{c - u}{c - b}, & \text{если } u \in [b, c], \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Здесь предполагается, что $a < b < c$.

Заметим, что треугольные нечеткие числа часто используются как первое приближение к более сложным конструкциям.

График функции принадлежности треугольного числа $\langle 90, 160, 200 \rangle$ представлен на рис. 1. В дальнейшем полезно считать, что это число формализует представления о нечетком понятии «рядом с эпицентром».

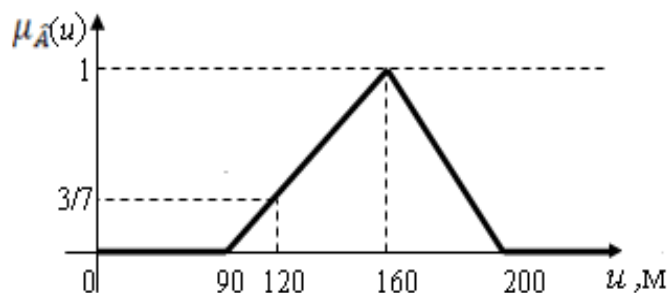


Рис. 1. График функции принадлежности нечеткого треугольного числа

Определим, как это сделано, например, в работах [3, 14]:

– для нечеткого множества $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$ (операция пересечения нечетких множеств \tilde{A} и \tilde{B} заданных на U) функцию принадлежности, для всех $u \in U$, в виде:

$$\mu_{\tilde{C}} = \min \{ \mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}} \};$$

– для нечеткого множества $\tilde{D} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$ (операция объединения нечетких множеств \tilde{A} и \tilde{B} заданных на U) функцию принадлежности, для всех $u \in U$, в виде:

$$\mu_{\tilde{D}} = \max \{ \mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}} \};$$

– для нечетких высказываний \tilde{A} и \tilde{B} со значениями истинности $T_r(\tilde{A})$ и $T_r(\tilde{B})$ операцию пересечения нечетких высказываний в виде:

$$T_r(\tilde{A} \wedge \tilde{B}) = \min \{ T_r(\tilde{A}), T_r(\tilde{B}) \}; \quad (1)$$

– для нечетких высказываний \tilde{A} и \tilde{B} со значениями истинности $T_r(\tilde{A})$ и $T_r(\tilde{B})$ операцию объединения нечетких высказываний в виде:

$$T_r(\tilde{A} \vee \tilde{B}) = \max \{ T_r(\tilde{A}), T_r(\tilde{B}) \}. \quad (2)$$

Понятия: лингвистической переменной, терм-множества, терма, который формализуется нечетким множеством с помощью функции принадлежности, фаззификации и дефаззификация, используемые в дальнейшем, определяются, например, в монографии [6].

Отметим, что с лингвистической переменной тесно связана «обычная» переменная, принимающая значения из универсального множества, на котором определены нечеткие множества, формализующие термы рассматриваемой лингвистической переменной.

В качестве примера рассмотрим лингвистическую переменную «расстояние до эпицентра» с термами «в эпицентре», «рядом с эпицентром», «близко к эпицентру» и универсальным множеством – множество значений возможных расстояний в метрах. Возможные графики функций принадлежности нечетких множеств, формализующих эти термы (в дальнейшем – просто термов) приведены на рис. 2.

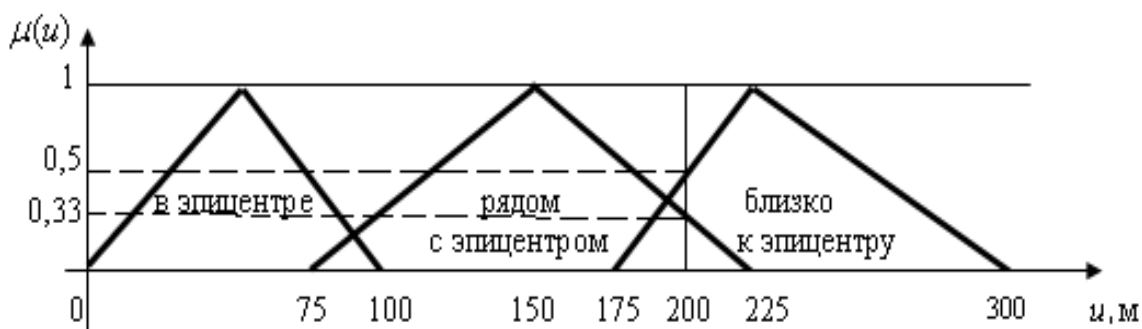


Рис. 2. Графики функций принадлежности нечетких множеств, формализующих термы лингвистической переменной «расстояние до эпицентра»

Анализ графика показывает, что, находясь на расстоянии 200 м от эпицентра, можно с уверенностью 0,33 считать, что мы рядом с ним и с уверенностью 0,5, что мы близки к эпицентру.

Вернемся к задаче оценки числа погибших и пострадавших в зданиях в результате ЧС и пожара. Для решения этой задачи предлагается использовать методологию нечеткого логического вывода, используемую для решения задачи определения по заданным значениям входных переменных (факторов) x_1, x_2, \dots, x_n значения выходной переменной (показателя) y .

В рамках этого решения используем метод, реализующий следующую последовательность операций:

- определим согласно заданным значениям факторов их степень принадлежности различным термам соответствующих лингвистических переменных, то есть осуществим фаззификацию заданных значений факторов;
- найдем, используя базу знаний операций над нечеткими множествами, степень истинности термов показателя y при рассматриваемых значениях факторов;
- оценим, на основе использования операции дефаззификации, число погибших и пострадавших в зданиях в результате ЧС и пожара.

В решаемой задаче имеется одна выходная переменная – «срочность», которая определяет очередность действий при тушении пожара в различных зданиях, с термами: «первоочередная» – \hat{C}_1 , «второй очереди» – \hat{C}_2 , «третьей очереди» – \hat{C}_3 , заданными на универсальном множестве – предполагаемое число пострадавших жильцов в здании (n), множество целых чисел от 0 до 50 (рис. 3).

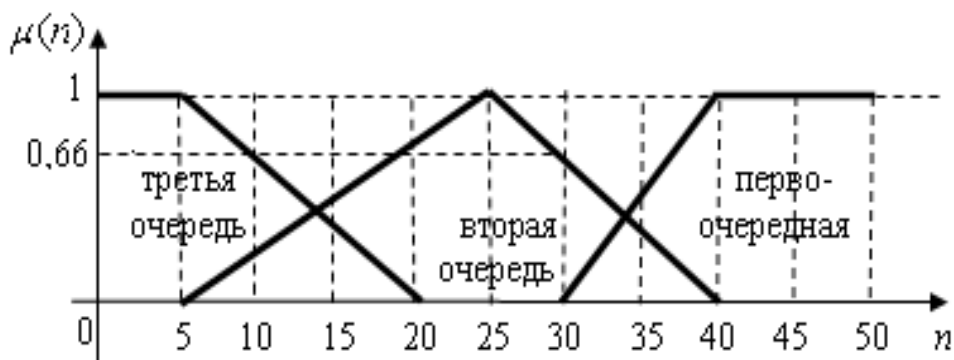


Рис. 3. Графики функций принадлежности термов переменной «срочность»

Исследуется зависимость выходной лингвистической переменной «срочность» от двух входных лингвистических переменных: «число человек, проживающих в здании» и «расстояние до эпицентра».

Первая из них имеет термы «большое» – \hat{A}_1 , «среднее» – \hat{A}_2 , «небольшое» – \hat{A}_3 , которые определены на универсальном множестве $[0, 1000]$, графики их функций принадлежности приведены на рис. 4.



Рис. 4. Графики функций принадлежности термов переменной «число человек, проживающих в здании»

Вторая входная переменная – «расстояние до эпицентра» имеет термы: «в эпицентре» – \hat{B}_1 , «рядом с эпицентром» – \hat{B}_2 , «близко к эпицентру» – \hat{B}_3 , универсальное множество – множество значений возможных расстояний в метрах – числовой интервал $[0,300]$ (рис. 5).

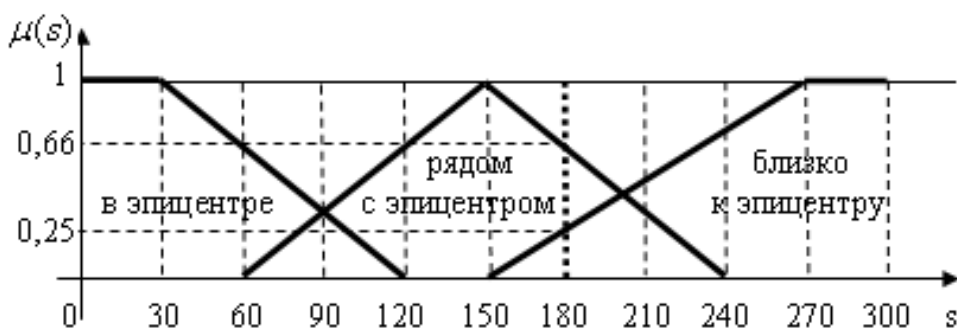


Рис. 5. Графики функций принадлежности нечетких множеств, формализующих термы лингвистической переменной «расстояние до эпицентра»

База знаний представлена в табл. 1.

Таблица 1. Срочность в зависимости от расстояния до эпицентра и число человек, проживающих в здании

Число человек, проживающих в здании	Расстояние до эпицентра		
	«в эпицентре» (\hat{B}_1)	«рядом с эпицентром» (\hat{B}_2)	«близко к эпицентру» (\hat{B}_3)
«большое» (\hat{A}_1)	«первоочередная»	«первоочередная»	«второй очереди»
«среднее» (\hat{A}_2)	«первоочередная»	«второй очереди»	«второй очереди»
«небольшое» (\hat{A}_3)	«второй очереди»	«второй очереди»	«третьей очереди»

Если, например, здание находится «рядом с эпицентром» и число человек, проживающих в нем, «среднее», то принимается решение о том, что «срочность» имеет нечеткое значение «второй очереди».

Для рассматриваемой в статье задачи построим четкую оценку ожидаемого числа пострадавших в здании, в котором число проживающих равно 120 чел., а расстояние от него до эпицентра равно 180 м. Для указанных значений входных переменных найдем степени истинности нечетких высказываний:

– переменная X – «число зарегистрированных жильцов в здании» приняла значение $\hat{A}_i, i=1,2,3$ (второй столбец табл. 2), вычисляется по данным графика на рис. 4;

– переменная Y – «расстояние до эпицентра» приняла значение $\hat{B}_j, j=1,2,3$ (вторая строка табл. 2), вычисляется по данным графика на рис. 5;

– переменная «число человек проживающих в здании» приняла значение \hat{A}_i и переменная «расстояние до эпицентра» приняла значение $\hat{B}_j, i, j=1,2,3$ (остальные клетки табл. 2), вычисляются на основании формулы (1).

Таблица 2. Степень истинности соответствующих термов и их сочетаний

	$\mu_{\hat{A}_i}(120)$	\hat{B}_1	\hat{B}_2	\hat{B}_3
$\mu_{\hat{B}_j}(180)$		0	0,66	0,25
\hat{A}_1	0	0	0	0
\hat{A}_2	0,33	0	0,33	0,25
\hat{A}_3	0,50	0	0,50	0,25

Скажем, число на пересечении пятой строки и четвертого столбца выражает степень истинности того, что значением переменной X является терм \hat{A}_3 и значением переменной Y – терм \hat{B}_2 . В соответствии с формулой (1) эта степень равна меньшему из чисел 0,50 и 0,66.

Значение степени истинности (надежности) выходного терма для заданного варианта значений факторов получается путем максимизации указанных в табл. 2 значений надежности для этого терма (формула (2)). В табл. 3 представлены полученные результаты.

Таблица 3. Надежность выходных термов для ситуации $\{m,s\}=\{120,180\}$

Выходные термы	\hat{C}_1	\hat{C}_2	\hat{C}_3
Надежность	0	0,5	0,25

Согласно табл. 2 максимальные положительные значения функций принадлежности получились для сочетаний $\hat{A}_3-\hat{B}_2$ и $\hat{A}_3-\hat{B}_3$ (второй и третий термы в табл. 3). Обозначим сочетание термов $\hat{A}_3-\hat{B}_2$ через E_{32} , а сочетание термов $\hat{A}_3-\hat{B}_3$ – через E_{33} .

Будем определять степени истинности ($\mu_{E_{32}}(n)$ и $\mu_{E_{33}}(n)$) различных значений показателя u (выходной переменной) с шагом 5 для сочетаний E_{32} и E_{33} значений факторов. Эти значения приведены в строках 2 и 3 табл. 4. Используя рис. 3, получим, например, что степень принадлежности числового значения 30 терму показателя «второй очереди» равна 0,66.

В строках 4, 5 табл. 4 представлены степени принадлежности разных числовых значений показателя y с учетом степени принадлежности соответствующего сочетания значений (термов) факторов, приведенных в табл. 2.

Таблица 4. Расчет степеней принадлежности различных значений показателя y для факторов, имеющих значения 120 и 180

Значения показателя (n)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\mu_{E_{32}}(n)$	0	0	0,25	0,50	0,75	1,0	0,66	0,33	0	0	0
$\mu_{E_{33}}(n)$	1,0	1,0	0,66	0,33	0	0	0	0	0	0	0
$e = (\mu_{\hat{A}_3}(120) \wedge \mu_{\hat{B}_2}(180)) \wedge \mu_{E_{32}}(n)$	0	0	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,33	0	0	0
$f = (\mu_{\hat{A}_3}(120) \wedge \mu_{\hat{B}_3}(180)) \wedge \mu_{C_{13}}(x)$	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0
$e \vee f$	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,33	0	0	0

В 6 строке табл. 4 представлены значения функции принадлежности нечеткого множества «значение показателя y » при рассматриваемом наборе значений факторов (формула (2)).

Для получения численной оценки числа пострадавших (α) в рассматриваемом здании осуществим дефаззификацию методом центра тяжести, используя первую и последнюю строки табл. 4. Получим:

$$\alpha = \frac{0 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 10 \cdot 0,25 + 15 \cdot 0,5 + 20 \cdot 0,5 + 25 \cdot 0,5 + 30 \cdot 0,5}{0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,33 + 0 + 0 + 0} + \frac{35 \cdot 0,33 + 40 \cdot 0 + 45 \cdot 0 + 50 \cdot 0}{0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,33 + 0 + 0 + 0} = \frac{60,3}{3,08} \approx 20.$$

Для упорядочивания разрушенных и пострадавших от огня в результате пожара зданий по показателю «срочность» нужно для каждого здания указанным выше образом вычислить α и упорядочить дома в соответствии с полученными значениями.

В заключение можно отметить, что достоинством предложенного подхода является то, что он прост в вычислительном отношении и позволяет иметь информацию и осуществлять прогноз для различных ситуаций, связанных с ЧС [15], выполнять необходимые расчеты очередности выполнения мероприятий по спасению и оказания помощи людям, борьбы с пожарами на момент ЧС, разрушения зданий и возникновения пожара.

Литература

1. KAKTUS MEDIA. URL: <https://kaktus.media/350893> (дата обращения: 24.12.2019).
2. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования порядка установления и использования приаэродромной территории и санитарно-защитной зоны: Федер. закон от 1 июля 2017 г. № 135-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. p. 338–353.
4. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control. New York: Springer, 2001. 733 p.
5. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. М.: Бином, 2006. 315 с.
6. Тэрano Т., Асаи К., Сугэно М. Прикладные нечеткие системы. М.: Мир, 1993. 368 с.
7. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 206 с.
8. Вилков В.Б., Черных А.К., Флегонтов А.В. Теория и практика оптимизации решений на основе нечетких множеств и нечеткой логики: монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. 160 с.

9. Mamdani E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers // International Journal of Man-Machine Studies. 1976. Vol. 8. p. 669–678.
10. Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man-Machine Studies. 1975. Vol. 7. № 1. p. 1–13.
11. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 725 с.
12. Черных А.К., Козлова И.В., Вилков В.Б. Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечетких математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 107–117.
13. Черных А.К., Вилков В.Б. Управление безопасностью транспортных перевозок при организации материального обеспечения сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 52–59.
14. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 166 с.
15. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера объектов экономики / Е.Е. Горшкова [и др.]. Неделя науки в СПбПУ: материалы Науч. конф. с междунар. участием. СПб., 2016.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИИ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

А.А. Назаров;

Н.В. Мартинович.

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

А.А. Мельник, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Статья посвящена общему описанию метода определения комплексного показателя защищенности на примере территории закрытого административно-территориального образования от возможных техногенных чрезвычайных ситуаций. Определение показателя предлагается проводить на основе исследования системы защиты населения и территории от техногенных рисков, основанного на количественном выражении исследуемых свойств системы и установлении взаимосвязей между параметрами элементов подсистем.

Ключевые слова: мониторинг, комплексная безопасность, риск, параметрический подход, системный анализ

DETERMINATION OF AN INTEGRATED SECURITY INDICATOR BASED ON THE STUDY OF THE POPULATION PROTECTION SYSTEM AND THE TERRITORY FROM TECHNOGENIC RISKS

A.A. Nazarov; N.V. Martinovich.

Siberian fire and rescue academy of EMERCOM of Russia.

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

The article is devoted to a general description of the method for determining a comprehensive indicator of security on the example of the territory of a closed administrative-territorial formation from possible technological emergencies. It is proposed to determine the indicator based on a study

of the system of protecting the population and territory from technological risks, based on a quantitative expression of the studied properties of the system and the establishment of relationships between the parameters of the elements of subsystems.

Keywords: monitoring, integrated security, risk, parametric approach, system analysis

Защищенность, в общем понимании, – это правовая категория, означающая свободу или устойчивость против потенциального вреда (или других нежелательных принудительных изменений), причиненного другими. Обеспечение комплексной безопасности среды обитания в условиях сохранения высокого уровня рисков техногенного и природного характера и продолжающейся тенденции урбанизации является одним из важных элементов создания устойчивого социально-экономического развития и роста инвестиционной привлекательности городов Российской Федерации.

Возросшие требования к функциональному наполнению систем безопасности обуславливают необходимость формирования единого системного подхода к построению и развитию комплексной многоуровневой системы управления безопасностью среды обитания, в том числе от аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. Согласно определению, приведенному в ГОСТ Р 51901.22–2012 [1], техногенная опасность – это опасность, вызванная нарушением нормальной работы технических систем, промышленных, транспортных и иных объектов. Техногенная опасность может создавать угрозу жизни и здоровью людей, оказывать поражающее действие на окружающую природную среду, вызывать разрушение зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушение производственных и иных процессов организации.

Согласно определению, приведенному в ГОСТ Р 22.0.05–94 [2], техногенная ЧС – это состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Согласно определению, приведенному в ГОСТ Р 22.0.02–2016 [3], защита населения в ЧС – это совокупность взаимоувязанных по времени, ресурсам и месту проведения мероприятий, направленных на предотвращение или предельное снижение потерь населения и угрозы его жизни и здоровью от поражающих факторов и воздействий источников ЧС.

Таким образом, исходя из принятых в Российской Федерации нормативными документами терминов, возможно выделить основные элементы системы защиты населения от ЧС техногенного характера, параметры и состояния которых могут являться показателем состояния защищенности жизни и здоровья людей, их имущества и среды обитания человека от опасностей при ЧС техногенного характера согласно [3].

В рассматриваемой системе предварительно возможно выделить следующие объекты воздействия техногенной ЧС (рис. 1):

- условия жизни и деятельности;
- жизнь и здоровье;
- имущество;
- окружающая среда.

Согласно ГОСТам поражающие факторы техногенных опасностей принято разделять по генезису (происхождению) и механизму воздействия. Поражающие факторы техногенных опасностей по генезису подразделяют на факторы прямого и вторичного действия. Реализация первичных поражающих факторов техногенных опасностей непосредственно приводит к возникновению инцидента. Вторичные поражающие факторы техногенной опасности являются следствием изменений объектов организации и окружающей среды под действием поражающих факторов первичных опасностей [2, 3].

Взаимосвязь и влияние поражающих факторов техногенной ЧС, а также элементы системы предупреждения ситуации возможно представить как систему, где выделяют

следующие элементы: воздействия (факторы, влияющие на объект), объект воздействия и барьеры, нивелирующие воздействующие факторы (рис. 1).

По мнению авторов, системный подход при оценке и анализе техногенных рисков является неотъемлемым этапом для последующей детерминистической оценки показателя защищенности рассматриваемой территории. Главным отличием закрытого административно-территориального образования (ЗАТО) от территории общего применения является наличие специального предприятия, объекта в границах территориального образования, в большинстве случаев являющимся опасным производственным объектом (ОПО) и связанным с общей инфраструктурой территории, на которой он размещен. Как следствие, показатель комплексной безопасности, защищенности и безопасного функционирования территории ЗАТО в первую очередь обусловлен безопасностью функционирования градообразующих ОПО, расположенных на территории [4].

Так, для ЗАТО г. Железнодорожск такими предприятиями являются ФГУП «Горно-химический комбинат» и АО «Информационные спутниковые системы» им. Академика М.Ф. Решетнева, расположенные на территории административно-территориального образования [4].

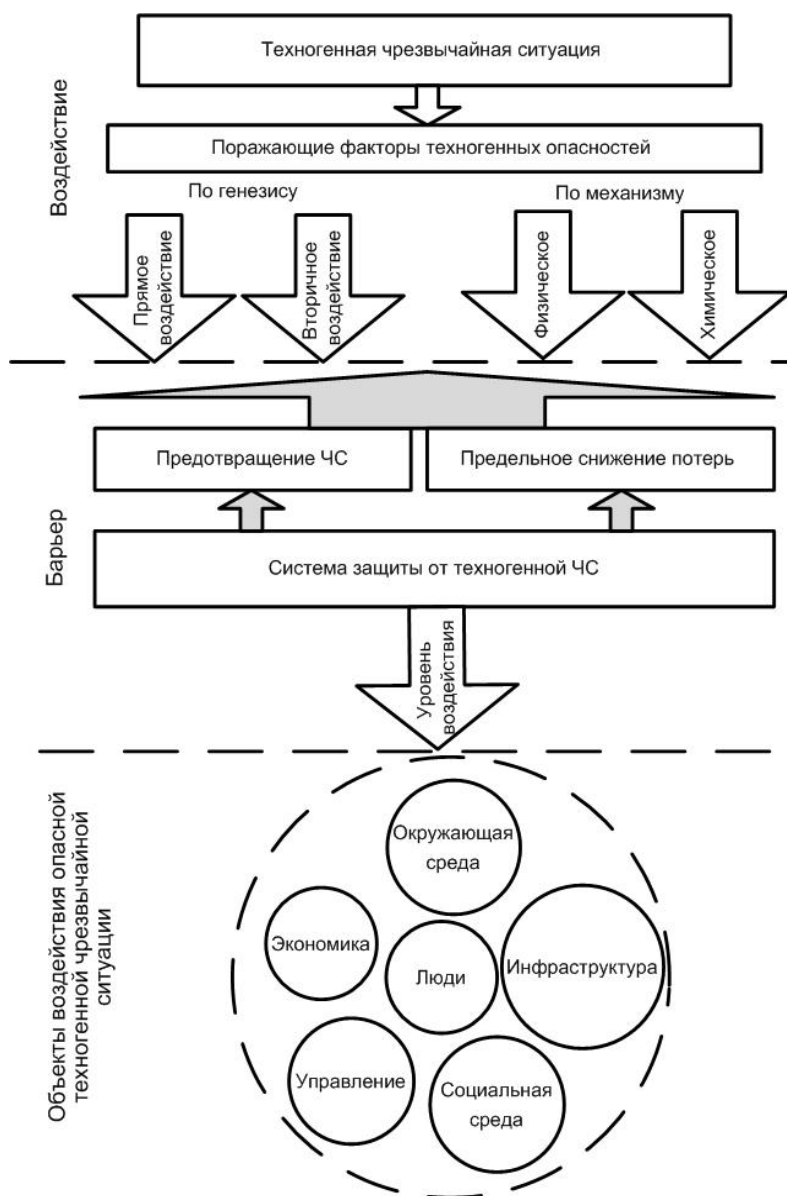


Рис. 1. Воздействие техногенной ЧС на объект

Анализ угроз и специфики функционирования предприятий ЗАТО позволил выделить шесть основных видов техногенных ЧС, характерных для исследуемой территории (рис. 2).



Рис. 2. Виды техногенных ЧС, характерных для ЗАТО г. Железногорск

Для определения показателя защищенности населения от ЧС техногенного характера необходимо в первую очередь проведение анализа источников угроз, характерных для исследуемой территории. На первоначальном этапе предлагается проведение анализа рисков рассматриваемой территории по алгоритму, приведенному в работах [1, 5].

Применение описанных методик позволяет создать реестр рисков, характерных для территории ЗАТО, и выполнить их базовую (качественную) скрининговую оценку. Проведенный предварительный анализ опасностей РНА (Preliminary Hazard Analysis) позволяет составить общую схему взаимодействия элементов в системе и выявить связи как возможных источников техногенных рисков, так и элементов, влияющих на систему защиты населения от ЧС. На основе анализа вышеуказанной общей схемы составлен реестр рисков, характерных для территории ЗАТО. Составленный реестр рисков позволил выделить из шести основных групп техногенных ЧС 19 источников риска. Для более детального анализа предлагается применение метода «галстук-бабочка». Основные принципы и правила построения диаграммы изложены в работах [1–3, 5].

Используя метод анализа «галстук-бабочка», возможно описать и представить развитие опасного события от его причин до последствий, учитывая барьеры, снижающие негативное воздействие на объект (рис. 3).

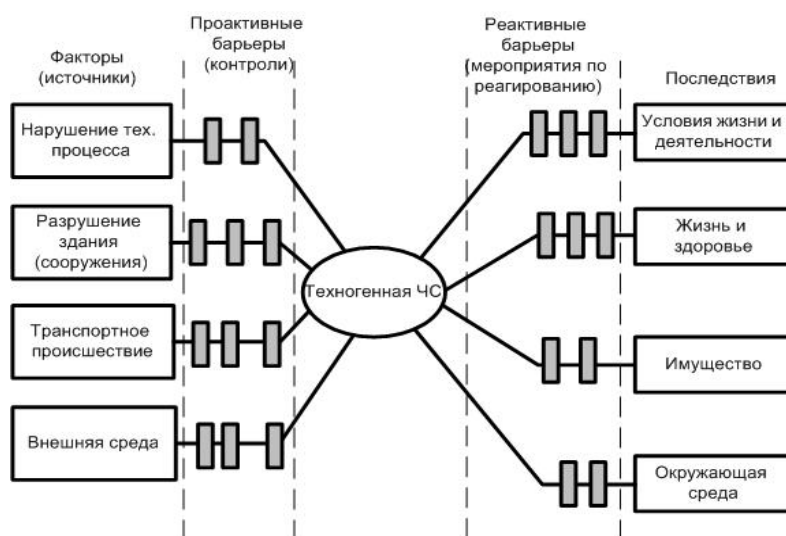


Рис. 3. Анализ «галстук-бабочка»

Для удобства и дальнейшего анализа составлена схема рассматриваемых объектов с присвоением каждому барьеру (проактивному и реактивному) уникального идентификационного значения (рис. 5).

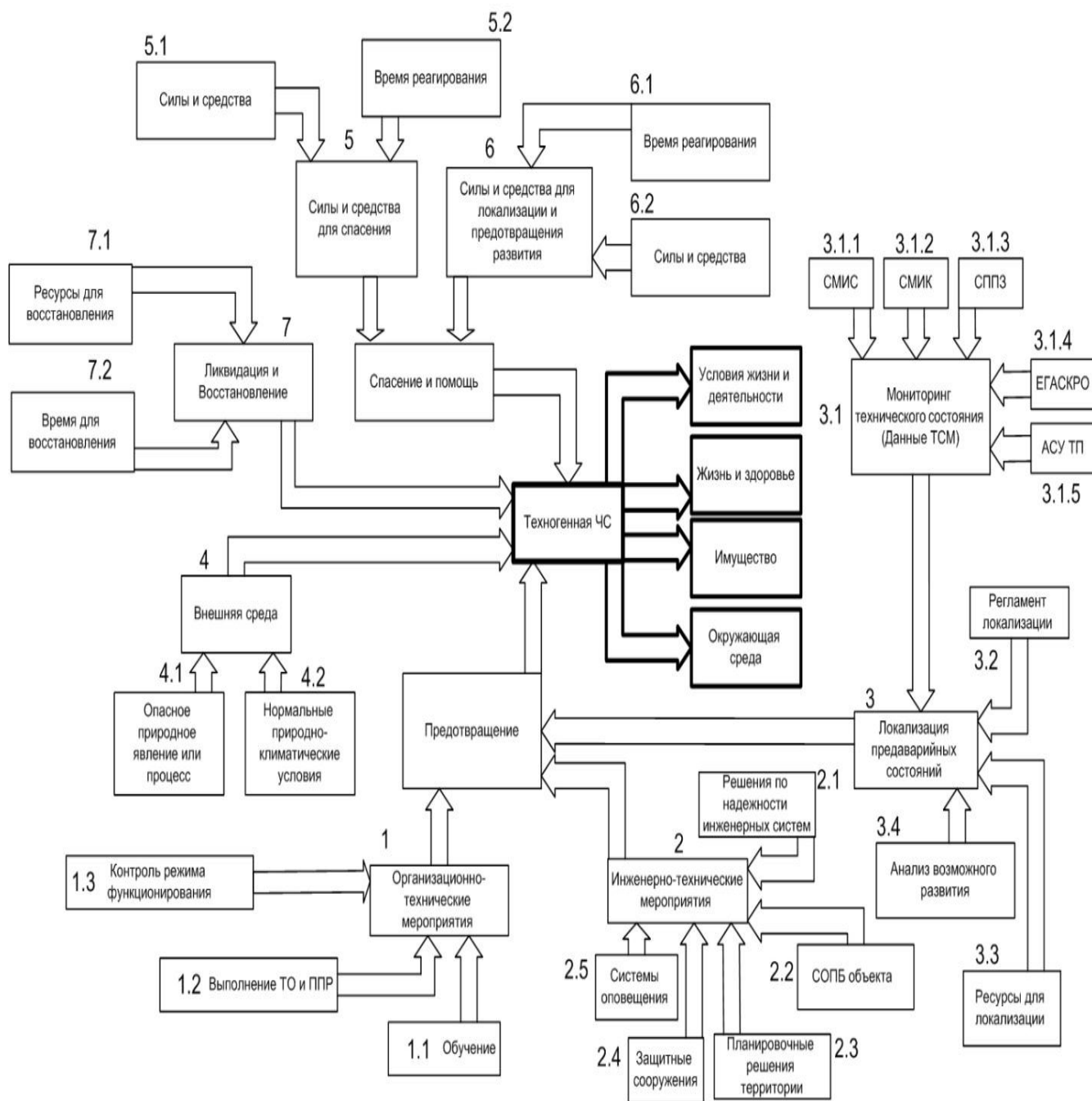


Рис. 5. Идентификация барьеров на общей схеме структуры ЧС:

СМИС – система мониторинга инженерных систем; СММК – система мониторинга инженерных конструкций; СППЗ – системы противопожарной защиты; ЕГАСКРО – единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки; АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом; ТСМ – технические средства мониторинга; СОПБ – система обеспечения пожарной безопасности; ТО – техническое обслуживание; ППР – планово-предупредительные работы

Проведение анализа «галстук-бабочка» для каждого источника позволяет выделить проактивные барьеры (контроли), влияющие на предотвращение возникновения инициирующего события и развития ситуации до уровня чрезвычайной (рис. 6).

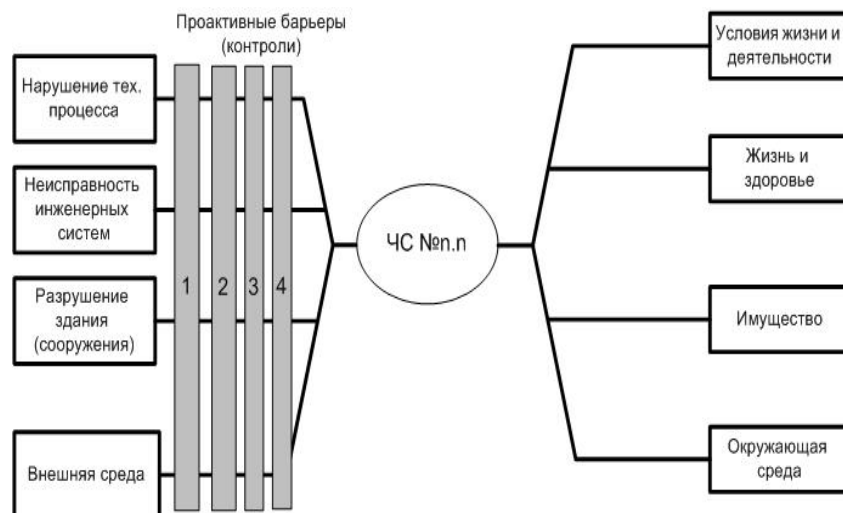


Рис. 6. Этап построения проактивных барьеров диаграммы «галстук-бабочка»

Предварительный анализ рисков позволяет определить в общем виде проактивные барьеры, влияющие на конкретный вид и источник техногенной ЧС (табл. 1).

Таблица 1. Реестр проактивных барьеров

№	Барьер, А(ра)	№ элемента	Элемент барьера, а(ра)
1	Организационно-технические мероприятия	1.1	Обучение
		1.2	Выполнение технического обслуживания и планово-предупредительных работ инженерных систем и систем защиты
		1.3	Контроль режима функционирования
2	Инженерно-технические мероприятия	2.1	Решения по надежности инженерных систем
		2.2	Система обеспечения пожарной безопасности объекта
		2.3	Системы оповещения населения
		2.4	Защитные сооружения
		2.5	Планировочные решения территории
3	Локализация предаварийных состояний	3.1	Мониторинг технического состояния
		3.2	Ресурсы для локализации
		3.3	Анализ возможного развития
4	Прогноз и вероятность природной ЧС	4.1	Система предупреждения об опасном природном явлении или процессе
		4.2	Мониторинг метеорологической обстановки

Аналогично рассмотрим правую часть диаграммы «галстук-бабочка» для каждого источника риска. Это позволяет выделить реактивные барьеры (мероприятия по контролю), влияющие на снижение последствий воздействия каждой конкретной ЧС (рис. 7).

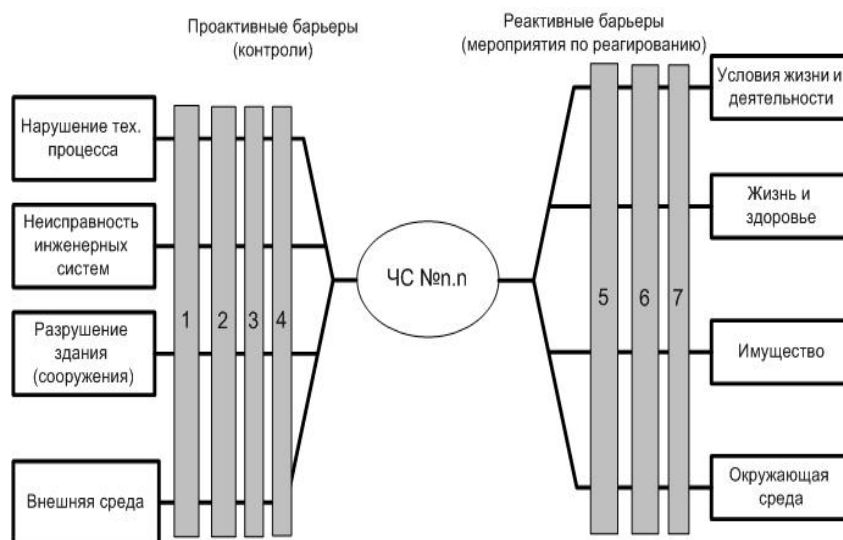


Рис. 7. Этап построения реактивных барьеров диаграммы «галстук-бабочка»

Предварительный анализ рисков позволяет определить в общем виде реактивные барьеры, влияющие на конкретный вид и источник техногенной ЧС (табл. 2).

Таблица. 2. Реестр реактивных барьеров

№	Барьер, А(а)	№ элемента	Элемент барьера, а(а)
5	Силы и средства для локализации и спасения	5.1	Силы и средства для локализации
		5.2	Силы и средства для спасения
6	Время реагирования	6.1	Время реагирования сил и средств на локализацию
		6.2	Время реагирования сил и средств на спасение
7	Силы и средства для восстановления	7.1	Время восстановления
		7.2	Ресурс для восстановления

Общий показатель по конкретному источнику техногенной ЧС можно представить в виде дерева (рис. 8). При этом для каждого источника риска ЧС ($R_{ир}$) будет свой набор барьеров. Так, например, для источника риска «Пожар на коммунально-бытовом объекте» проактивный барьер 3.1.4 «Данные мониторинга ЕГАСКРО» будет не актуальным и в дальнейшем не учитывается при определении значения $R_{ир}$ данного источника риска.

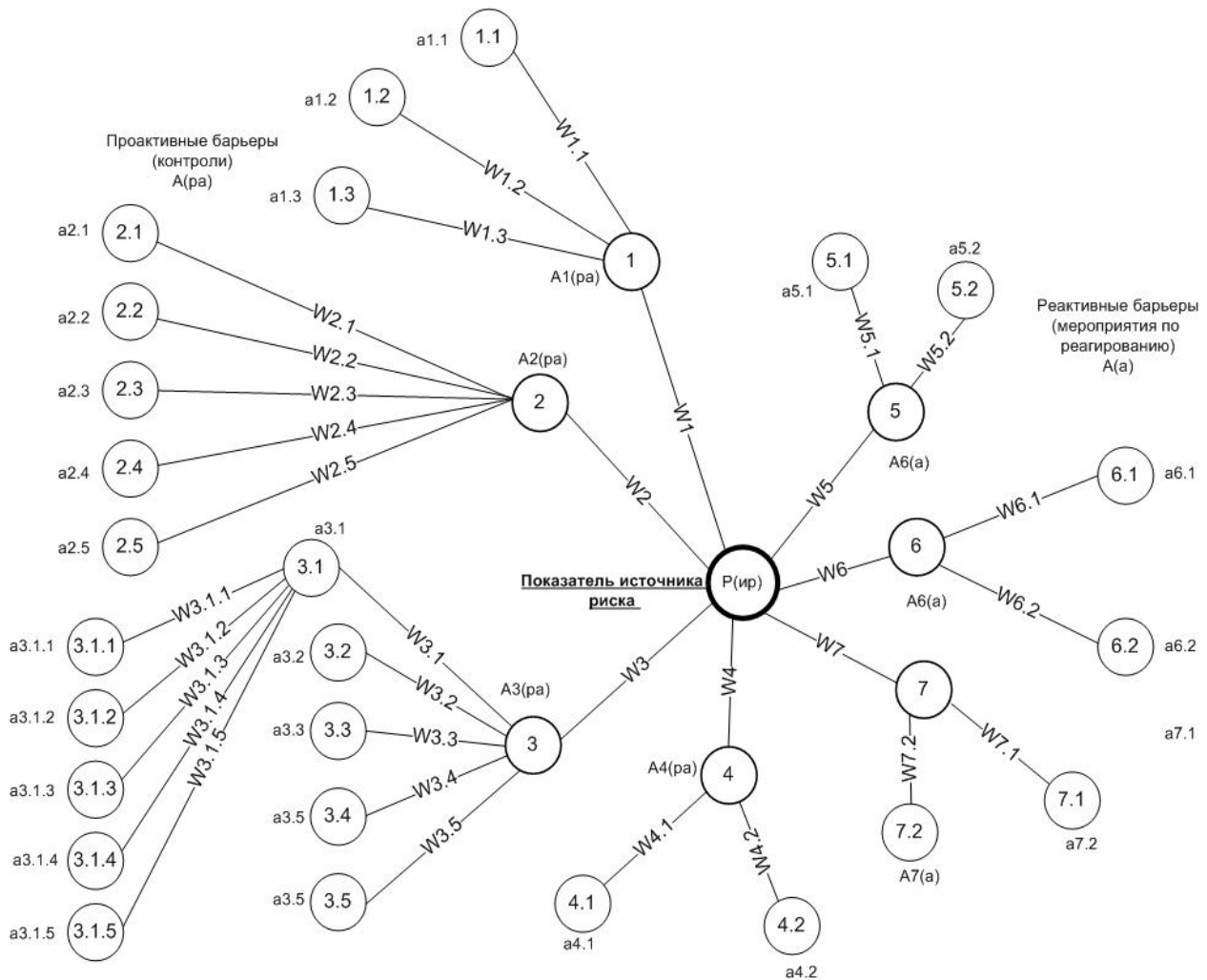


Рис. 8. Дерево показателей источника риска P(ир)

Каждый из 19 источников риска техногенной ЧС, определенных для рассматриваемой территории, можно представить как набор событий с уникальными проактивными и реактивными барьерами. Условно возможно интерпретировать данный набор как «код источника риска».

Детерминистическое значение искомого показателя ($P_{ир}$) можно выразить следующим выражением:

$$P_n(ир) = A(pa)_1\omega_1 + A(pa)_2\omega_2 + A(pa)_3\omega_3 + A(pa)_4\omega_4 + A(a)_5\omega_5 + A(a)_6\omega_6 + A(a)_7\omega_7,$$

где a_n – значение показателя; ω_n – вес значения в общем показателе.

Значение каждого рассматриваемого барьера будет определяться значениями элемента его составляющего, так например, значение для барьера № 1 «Организационно-технические мероприятия» можно представить следующим выражением:

$$A_1(pa) = a_{1.1}\omega_{1.1} + a_{1.2}\omega_{1.2} + a_{1.3}\omega_{1.3}.$$

Итоговый показатель защищенности населения от ЧС техногенного характера (рис. 9) в общем виде можно представить так же в виде суммы показателей элементов, входящих в систему:

$$P_k = P_1\omega_1 + P_2\omega_2 + \dots + P_{19}\omega_{19}.$$

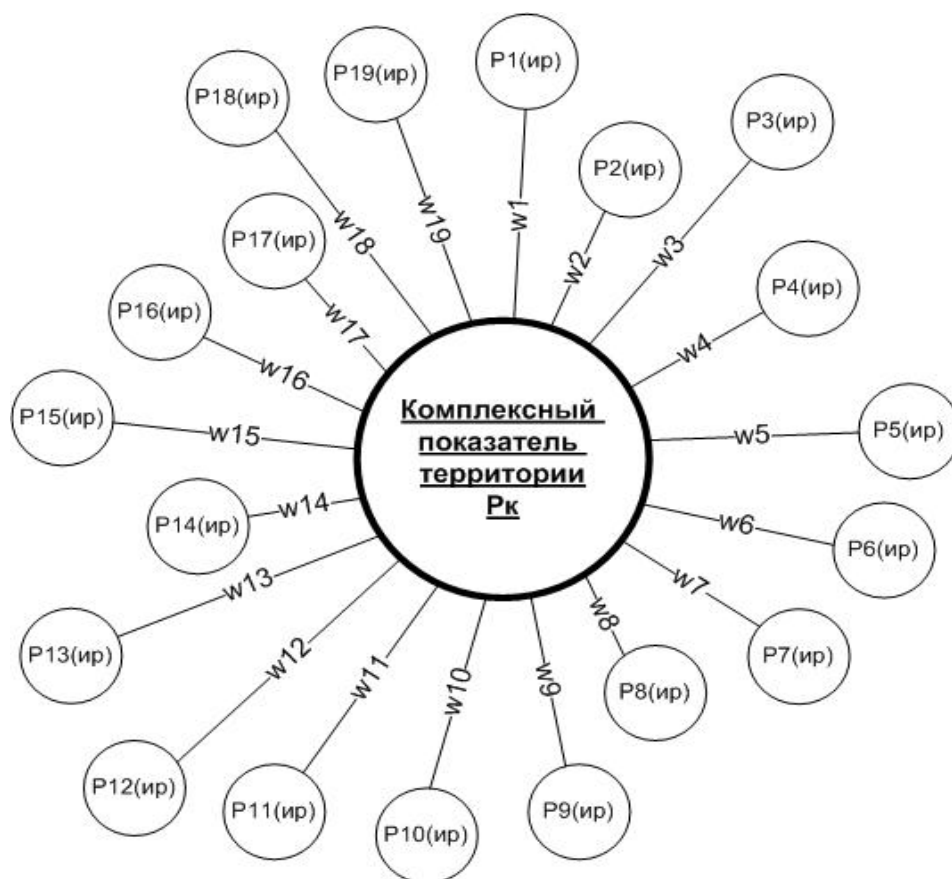


Рис. 9. Дерево комплексного показателя риска территории

Значение показателя веса элемента можно представить как вектор в пятимерном евклидовом пространстве с ортонормированным базисом:

$$\bar{A} = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \rangle.$$

Искомое значение будет являться значением длины вектора. Длину вектора найдем как норму евклидова пространства:

$$|\bar{A}| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_5^2}.$$

Длина вектора влияния будет рассматриваться как комплексная характеристика максимальных последствий при реализации соответствующего источника техногенного риска по рассматриваемым показателям:

- количество погибших, чел.;
- количество травмированных, чел.;
- количество населения с нарушением условий жизни и деятельности, чел.;
- прямой ущерб имуществу, руб.;
- ресурсы для восстановления, руб.

Предложенный подход, по мнению авторов, позволит заблаговременно и на более качественном уровне разработать меры по уменьшению риска ЧС и смягчению их негативных последствий, построить прогноз возможных последствий в случае возникновения ЧС техногенного характера на территории большей части ЗАТО, а также разработать первоочередные мероприятия по обеспечению безопасности персонала и населения, проживающего на рассматриваемой территории.

Литература

1. ГОСТ Р 51901.22–2012. Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.02.2020).

2. ГОСТ Р 22.0.05–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.02.2020).

3. ГОСТ Р 22.0.02–2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.02.2020).

4. О разработке модели мониторинга состояния системы комплексной безопасности закрытого административно-территориального образования / А.В. Рыбаков [и др.] // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник». 2019. № 4. С. 65–69.

5. ГОСТ Р 51901.23–2012. Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.02.2020).



ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

ОБЗОР ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ВЫСОТЕ

А.М. Филановский, кандидат технических наук;

М.С. Бесков.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Р.Ю. Иванов.

Федеральное государственное казенное учреждение

«28 Отряд федеральной противопожарной службы

по Ленинградской области»

Статья посвящена вопросам проведения аварийно-спасательных работ на высоте, а именно спасению людей из высотных зданий. Проведен анализ российской и иностранной высотной техники, стоящей на вооружении различных подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: пожарная автолестница, высотная техника, пожарная охрана, спасение с высоты, высотные здания

OVERVIEW OF FIRE EQUIPMENT FOR EMERGENCY RESCUE OPERATIONS AT HEIGHT

A.M. Filanovsky; M.S. Beskov.

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

R.Yu. Ivanov.

Federal state government facility «28th detachment of the Federal fire service in the Leningrad's region»

The article is devoted to the issues of emergency rescue operations at height, such as rescuing people from high-rise buildings. The authors analyzed Russian and foreign high-altitude equipment in service with various fire departments.

Keywords: fire truck ladder, high-rise equipment, fire protection, rescue from height, high-rise buildings

Строительство высотных зданий является мировым символом развития. Возведение таких инженерных сооружений требует дорогостоящих изысканий и сложных расчетов, в том числе и в области обеспечения пожарной безопасности. В первую очередь при строительстве высотных зданий следует обратить внимание на спасение людей, находящихся на верхних этажах. Статистика распределения пожаров по этажам представлена в табл. 1, приведены данные по погибшим на этих пожарах людям [1].

Таблица 1. **Обстановка с пожарами за 2014–2018 гг.**

Этажность здания	Количество пожаров, % от общего числа.				
	Погибло, % от общего числа				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
1 этаж	58,95	59,29	59,71	60,14	61,07
	75,68	75,06	65,89	62,09	60,64
2 этажа	7,26	7,79	8,08	8,11	8,28
	8,14	8,56	7,56	6,91	7,32
От 3 до 5 этажей	7,54	7,95	7,90	8,17	8,09
	8,62	8,74	8,27	8,12	7,85
От 6 до 9 этажей	3,68	3,83	3,85	3,82	3,69
	2,77	3,10	3,00	2,84	2,69
От 10 до 16 этажей	1,75	1,77	1,82	1,80	1,82
	1,20	1,15	0,90	0,94	0,95
От 17 до 25 этажей	0,37	0,47	0,45	0,50	0,53
	0,11	0,15	0,25	0,14	0,22
более 25 этажей	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03
	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

На основании данных, приведенных в табл. 1, можно сделать вывод, что количество пожаров в высотных зданиях и погибших в них людей с каждым годом снижается. Тем не менее порядка 60 % пожаров в зданиях приходится на жилой сектор, несмотря на то, что основная часть погибших приходится на первые этажи зданий, остается необходимость спасания людей с верхних этажей. Поэтому возникает потребность в разработке и совершенствовании существующих спасательных средств с верхних этажей здания.

По всему миру расположено более 10 тыс. высотных зданий [2]. В табл. 2 представлены наиболее выдающиеся здания мира.

Таблица 2. **10 самых высоких зданий мира**

№ п/п	Наименование здания	Страна	Количество этажей, шт.	Высота, м	Назначение
1	Бурдж-Халифа	Объединенные Арабские Эмираты	163	828	Многофункциональное
2	Шанхайская башня	Китай	130	632	Многофункциональное
3	Отель «Королевская часовая башня»	Саудовская Аравия	120	601	Многофункциональное
4	Центр международной торговли	Соединённые Штаты Америки	104	541	Многофункциональное
5	Тайбэй 101	Тайвань	101	509,2	Многофункциональное
Российская Федерация					
1	Лахта-центр	Санкт-Петербург	87	462	Многофункциональное
2	Федерация	Москва	95	373,7	Многофункциональное
3	ОКО	Москва	85	354	Многофункциональное
4	Меркурий-сити-тауэр	Москва	75	340,1	Многофункциональное
5	Евразия (Москва-Сити)	Москва	77	309	Многофункциональное

Спасение с высоты следует рассматривать по двум основным направлениям:

1. Разработкой технических средств, работающих от различных источников энергии.

К ним будут относиться: подъемники и лифты, летательные аппараты, специальные спасательные средства.

2. Разработкой технических средств, работающих по принципу плавного снижения энергии – это канатно-спускные устройства, спасательные рукава и трапы, прыжковые спасательные устройства.

Классификация средств спасения с высоты представлена на рисунке [2].

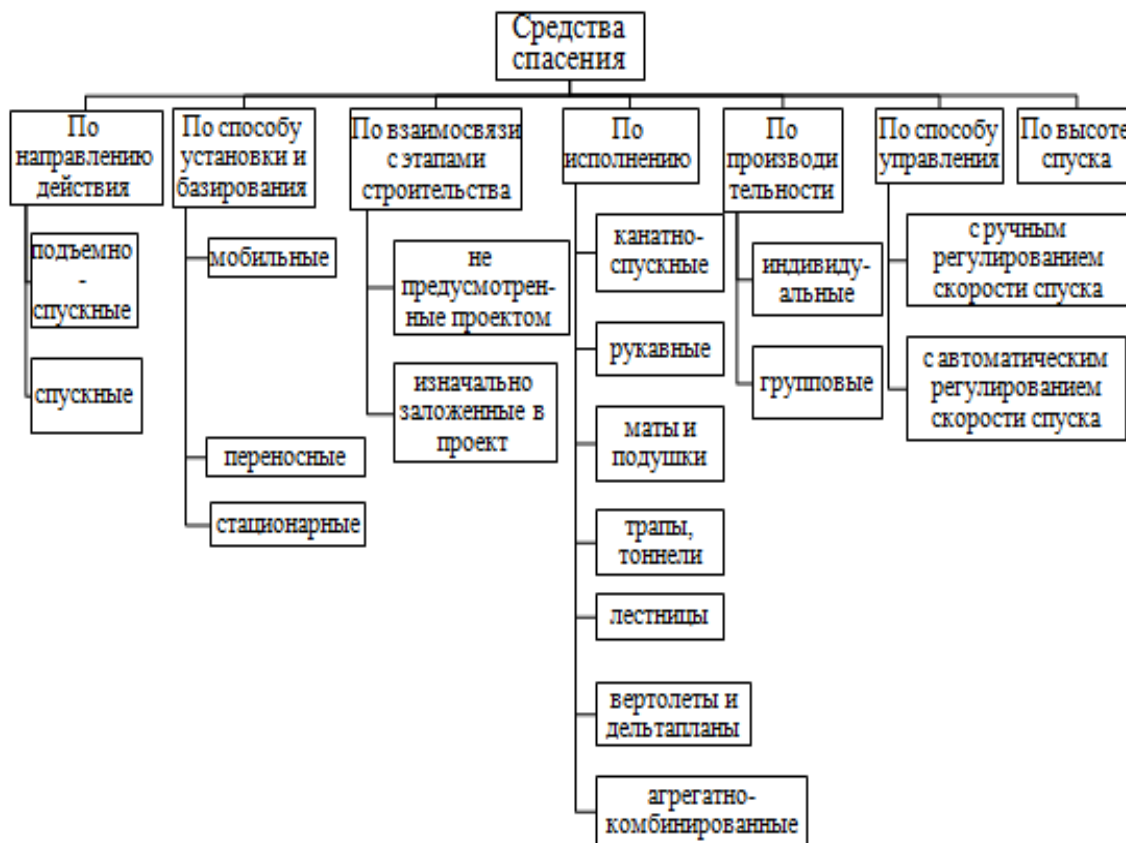


Рис. Классификация средств спасения с высоты

Применение летательных аппаратов не всегда выгодно: дороговизна, длительное время приведения в готовность, высокие требования к уровню профессиональной подготовки пилотов и спасателей.

Вертолеты, в основном, применяются для спасения с высот за рубежом, так как большинство зданий имеет приспособленные площадки для проведения спасательных работ, в Российской Федерации крыши высотных зданий не имеют площадок для посадки вертолетов. Поэтому преимущество достается мобильным наземным средствам, так как их можно применять без полной реконструкции здания с наименьшими затратами.

В настоящее время основными средствами обеспечения выполнения спасательных работ на высоте являются автолестницы (АЛ) и автоподъемники (АПК).

Основными иностранными производителями такой техники являются фирмы:

1. «Ивеко Магирус (Iveco Magirus Brandschutztechnik GmbH)» (ФРГ);
2. «Bronto Skylift» (Финляндия);
3. «American Lafrance Corporation»* (США);
4. «Morita Corporation» (Япония);
5. «Pierce Manufacturing» (США);
6. «Vema lift oy» (Финляндия).

В России же разработкой и созданием подобной техники занимаются фирмы:

1. ОАО «Пожтехника» (г. Торжок);
2. ООО Холдинг «Урало-Сибирская пожарно-техническая компания» (г. Челябинск);
3. ООО «Компания Витанд» (Москва);
4. ОАО «Варганинский завод противопожарного и специального оборудования»;
5. ООО «ПРИОРИТЕТ» (г. Миасс, Челябинская обл.);
6. «Завод противопожарного оборудования СПЕЦАВТОТЕХНИКА» (г. Екатеринбург).

В табл. 3, 4 представлены некоторые модели автолестниц и автоподъемников с максимальной рабочей высотой.

Таблица 3. Сравнение характеристик пожарных АЛ и АПК фирм иностранного производства

Параметр	BrontoSkylift F112HLA (Финляндия)	MAGIRUS M68L (ФРГ)	Morita MLL6-54S (Япония)	Pierce Manufacturing (США)	VEMA 70 F (Финляндия)
База шасси	SCANIA	VOLVO/SCANIA	MORITA	Arrow XT™, Dash® CF, Enforcer™, Impel®, Quantum®, Velocity®	н/д
Габаритные размеры, м	19х3х4	12,9х2,5х4	12х2,5х3,6	н/д	н/д
Масса, т	78	34	н/д	н/д	32
Грузоподъемность люльки, кг (чел.)	500 (5)	300 (3)	270 (3)	340 (3)	500 (3)
Рабочая высота, м	112	68	54	32	70
Время подъема, с	40	108	н/д	н/д	н/д
Производительность насоса, л/с	40	40	отсутствует	94	отсутствует

Таблица 4. Сравнение характеристик пожарных АЛ и АПК отечественных фирм производителей

Параметр	Варгаши АЛ-52	Приоритет АЦЛ-4.0-50-30	Витанд АПК-72	Пожтехника АЛ-60	«ЗПО Спецавтотехника» АЦЛ-4,0-40-24	УСПТК АПК-61
База шасси	КАМАЗ-65201	КАМАЗ 43118	VOLVO	TATRA-T815	Урал 4320	МАЗ-6312В5
Габаритные размеры, м	12,4 х 2,5 х 3,9	10,5 х 2,5 х 3,75	12 х 2,5 х 4	12,2 х 2,5 х 3,7	10,5 х 2,5 х 3,6	н/д
Масса, т	30,5	22,6	44	27,6	н/д	н/д
Грузоподъемность люльки, кг (чел.)	200 (2)	160 (2)	500 (5)	200 (2)	н/д	500 (5)
Рабочая высота, м	52	30	72	60	24	61
Время подъема, с	55	н/д	90	45	н/д	н/д
Производительность насоса, л/с	–	50	75	–	70	н/д

Из представленных данных видно, что практически во всех странах ведется разработка средств спасения с высоты, но основными остаются АЛ и коленчатые АПК.

Но такая техника актуальна для больших городов с застройкой зданий высотой 30 м и более, для небольших городов целесообразнее применять автоцистерны с лестницей (АЦЛ).

Достоинствами применения АЦЛ являются:

1. Возможность применения в населенных пунктах, имеющих пожарные депо II и IV типов [4].

2. Требуется один водитель для управления, который также является и оператором АЛ.

К недостаткам можно отнести требования по допуску и обучению водителя, которому требуется последовательно обучиться на управление АЦ и после – на АЛ, что занимает минимум четыре месяца.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: стат. сб. / П.В. Полехин [и др.] / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.

2. Методические рекомендации по применению средств индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре от 11 окт. 2011 г. № 2-4-60-12-19. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Ледяйкин А.С., Уткина В.Н. Обзор зарубежного опыта проектирования высотных зданий // Огарев-online. 2017. № 11.

4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

АНАЛИЗ ФОРМЫ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ ОТ ЛЕСНОГО ПОЖАРА

А.В. Гутовский.

Академия гражданской защиты МЧС России.

А.Ю. Морозов, кандидат физико-математических наук.

**Федеральный исследовательский центр «Информатика
и управление» Российской академии наук.**

С.А. Турсенев, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен вопрос о влиянии внешней формы средства защиты людей от термических воздействий лесного пожара на количество проходящей внутрь него теплоты. Проведены экспериментальные исследования, на основе которых выбрана оптимальная форма защитного устройства.

Ключевые слова: тепловой поток, форма, средство защиты, теплообмен, лесной пожар, эксперимент

ANALYSIS OF THE FORM OF MEANS OF PROTECTION OF PEOPLE FROM FOREST FIRE

A.V. Gutovsky. Civil defence academy of EMERCOM of Russia.

S.Yu. Morozov.

Federal research center «Informatics and management» of the Russian academy of sciences.

S.A. Tursenev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article deals with the influence of the external form of the means of protection of people from the thermal effects of a forest fire on the amount of heat passing inside it. Experimental studies were carried out, on the basis of which the optimal form of the protective device was chosen.

Keywords: heat flow, shape, means of protection, heat exchange, forest fire, experiment

Работы по созданию и совершенствованию средств защиты людей от тепловых воздействий лесного пожара ведутся более 60 лет. Этой проблемой занимаются как за рубежом, так и в нашей стране. С 1959 г. в США создаются «противопожарные укрытия», модификации которых сменяли друг друга вследствие обнаружения конструктивных дефектов в процессе эксплуатации. При этом форму средства защиты и расположение в нем человека изменяли в каждой последующей конструкции (рис. 1).



Рис. 1. Варианты противопожарных укрытий, разработанных Лесной службой США

В случаях, когда интенсивность лесных пожаров была невысокой, данные средства защиты спасли немало человеческих жизней. Однако, трагедия, произошедшая в штате Аризона в 2013 г., показала неспособность «противопожарного укрытия» обеспечивать безопасность людей в пожарах высокой интенсивности. Девятнадцать пожарных, окруженных огнем, применили в экстренной ситуации последнюю наиболее прогрессивную версию средства защиты и все погибли в результате тепловых воздействий [1]. В настоящее время Лесная служба США совместно с NASA разрабатывает новое «противопожарное укрытие» на основе термостойкого материала, применяемого для спуска на землю летательных аппаратов, проходящих плотные слои атмосферы.

В нашей стране разработкой защитного устройства занимался Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной охраны лесов и механизации лесного хозяйства (институт). Для защиты людей от тепловых воздействий низового пожара было разработано складное коллективное укрытие полужесткой конструкции «УК-6» в виде шатровой шестиугольной палатки со складным трубчатым каркасом из алюминиевого сплава и тентом из огнестойкой теплоотражающей ткани (рис. 2) [2].



Рис. 2. Складное коллективное укрытие полужесткой конструкции «УК-6»

Кроме того, с целью спасения людей от верховых лесных пожаров высокой интенсивности институтом разработано защитно-спасательное сооружение «Лес-6», выполненное в виде вагончика на полозьях с герметичной дверью и ставнем окна (рис. 3) [2].



Рис. 3. Защитно-спасательное сооружение «Лес-6»

Вследствие ликвидации учреждения в 2008 г. средства спасения «УК-6» и «Лес-6» не были запущены в серийное производство.

Рассмотренные спасательные устройства обладают рядом недостатков, основными из которых являются:

1. Противопожарное укрытие Лесной службы США не обеспечивает защиту людей в лесных пожарах высокой интенсивности.

2. Складное коллективное укрытие полужесткой конструкции «УК-6» предназначено для применения лишь в низовых лесных пожарах.

3. Защитно-спасательное сооружение «Лес-6» заблаговременно доставляется к месту установки автомобильным транспортом либо вертолетом, что ограничивает его мобильность, которая необходима для быстрой переброски подразделений к очередному месту выполнения работ.

С учетом рассмотренных недостатков необходимо разработать средство защиты людей, способное обеспечить безопасность в лесных пожарах высокой интенсивности в течение заданного времени и при этом обладать высокой мобильностью.

На начальном этапе конструирования средства защиты необходимо выбрать его внешнюю форму. С учетом того, что часть нагретых потоков воздуха, устремляющихся к средству защиты, обтекает его поверхность и отводится в сторону, следует выбрать такую форму Φ , у которой температура внутренней поверхности T (то есть противоположной поверхности нагрева) при температуре нагретого воздуха T_g в течение времени воздействия будет минимальна. В данном случае температура внутренней поверхности T является критерием оптимизации:

$$T = f(\Phi, T_g, \tau_g) \rightarrow \min.$$

С целью определения влияния формы на количество тепла, поступающего от окружающей среды на пожаре на внутреннюю поверхность элемента ограждения средства защиты, необходимо проведение экспериментов с образцами различной формы.

Для изучения моделей защитных устройств использовались экспериментальные образцы (рис. 4) наиболее распространенных геометрических форм: полусфера, усеченный конус, цилиндр, треугольная призма, полуцилиндр и куб. Геометрические фигуры выполнены из пластмассы толщиной $\delta=1$ мм, без основания. Высота всех образцов 40 мм, ширина сторон – 80 мм (у фигур вращения – диаметр 80 мм).



Рис. 4. Экспериментальные образцы

В качестве источника тепла применялся технически фен SHTURM HG 2000.

С целью предотвращения изменения формы образцов вследствие плавления пластмассы определили предельно допустимое расстояние до технического фена. Для этого на расстояниях ℓ (400–450 мм) провели измерения температуры на поверхности фигуры в течение 7 мин с интервалом в 1 мин. В результате установлено, что изменение формы началось при $\ell=400$ мм в течение первой минуты при температуре 79 °С и при $\ell=410$ мм в течение третьей минуты при температуре 85 °С (табл. 1).

Таблица 1. Температура внешней поверхности образца в зависимости от расстояния до технического фена и времени воздействия теплового потока

ℓ , мм / τ , мин	400	410	420	430	440	450
1	79	75	70	66	62	60
2	86	83	77	72	67	65
3	91	85	80	75	70	66
4	93	86	81	76	72	68
5	94	87	82	77	73	69
6	94	87	82	77	73	69
7	94	87	82	77	73	69

По данным табл. 1 построен график зависимости температуры внешней поверхности $T_{вн}$ от расстояния до технического фена ℓ и времени воздействия теплового потока τ (рис. 5).

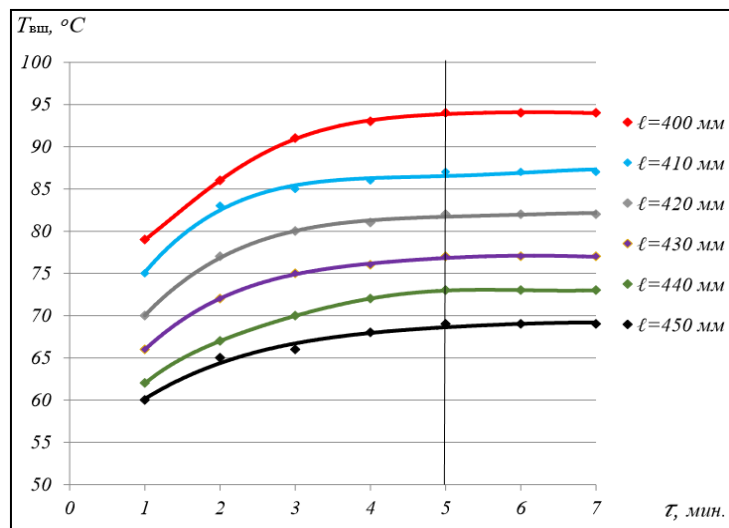


Рис. 5. Зависимость температуры поверхности образца от расстояния до технического фена и времени воздействия теплового потока

Также установлено, что при всех расстояниях ℓ на пятой минуте температура на поверхности образца прекращает повышаться, становясь стабильной (табл. 1; рис. 5), при этом процесс теплообмена можно считать стационарным. Следовательно, было принято решение проводить эксперименты с размещением образцов на расстоянии 420 мм от сопла технического фена, а температуру измерять на пятой минуте.

Для объективности выполнения экспериментов необходимо, чтобы все образцы во время тепловых воздействий полностью находились в струе нагретого воздуха. Поэтому были проведены измерения формы теплового потока факела, выходящего из сопла технического фена, и получены диаметры пятна нагрева поверхности на удалении 100, 200, 300, 400 и 500 мм от источника тепла (рис. 6).

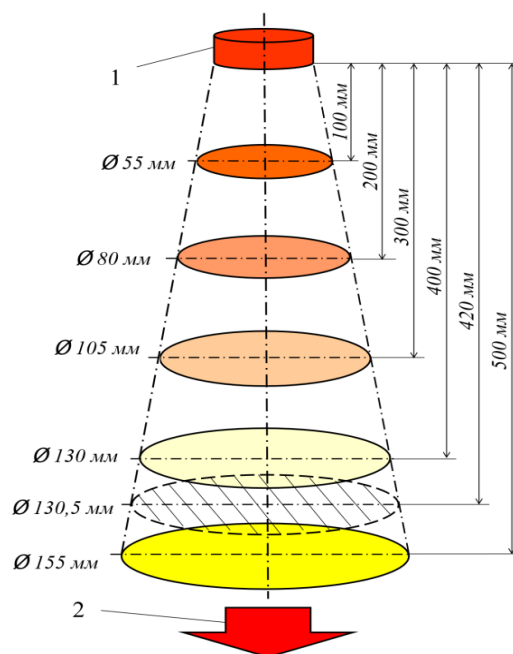


Рис. 6. Диаметры пятна нагрева поверхности на различном удалении от источника тепла: 1 – сопло технического фена; 2 – направление теплового потока

С учетом того, что размеры образцов не превышают 80 мм, а их размещение должно быть на расстоянии 420 мм от сопла технического фена, то фигуры будут находиться в пятне нагрева диаметром 130,5 мм и полностью охвачены струей нагретого воздуха (рис. 6).

Известно, что наиболее опасными лесными пожарами являются верховые, в которых чаще всего гибнут люди. При нахождении спасательного устройства в очаге горения между ним и окружающей средой происходит теплообмен. При этом средство защиты подвергается воздействию потоков нагретых газов.

Для моделирования воздействия нагретых газов в лесном пожаре на средство защиты создана установка, способная подавать горячий воздух под различными углами в направлении экспериментальных образцов.

При верховом лесном пожаре вследствие горения кроны деревьев тепловые потоки, устремляющиеся к спасательному устройству, являются нисходящими. Поэтому, верховой пожар моделировали при зафиксированном техническом фене под углами $\alpha=0^\circ$ и 45° относительно стойки крепления (рис. 7).

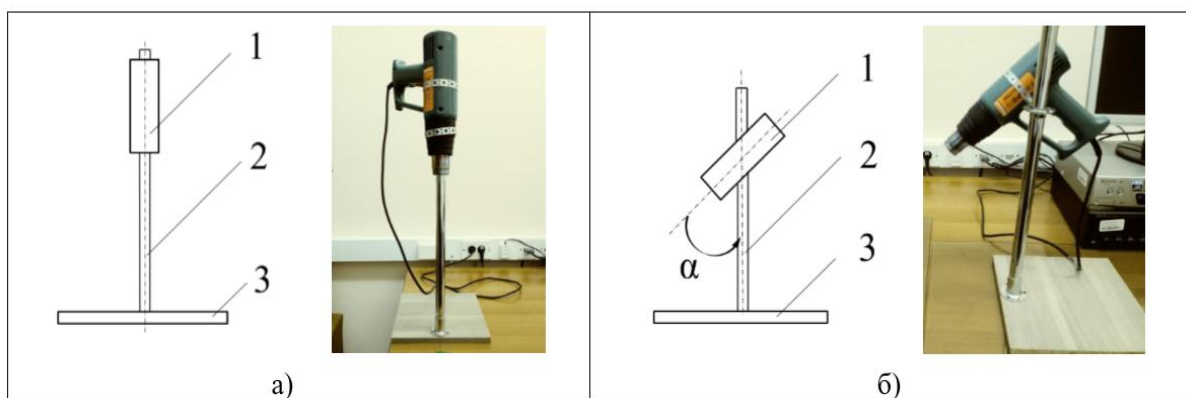


Рис. 7. Фиксация технического фена относительно стойки крепления
а) $\alpha=0^\circ$; б) $\alpha=45^\circ$:
1 – технический фен; 2 – стойка крепления; 3 – подставка;
 α – угол фиксации технического фена

Сплошной верховой пожар также сопровождается горением ниже кроны деревьев, в этом случае имитировали тепловой поток, направленный вдоль поверхности земли, установив технический фен на стойке крепления под углом $\alpha=90^\circ$ (рис. 8).

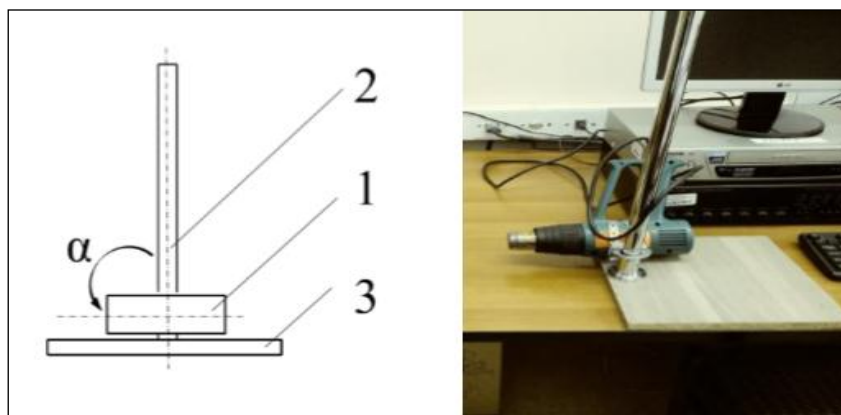


Рис. 8. Фиксация технического фена под углом $\alpha=90^\circ$:
1 – технический фен; 2 – стойка крепления; 3 – подставка;
 α – угол фиксации технического фена

Порядок выполнения экспериментов

Эксперимент проводился в неветилируемом помещении при температуре окружающего воздуха 26 °С.

Экспериментальный образец устанавливался на расстоянии 420 мм от сопла технического фена так, чтобы его ось была направлена в центр фигуры (рис. 9). Затем включался фен и по истечении пяти минут выключался. После чего ИК-термометром INFINITER IN TERM измерялась температура на внутренней поверхности образца в месте воздействия теплового потока. Эта операция выполнялась с образцами всех форм с углами фиксации технического фена $\alpha=0^\circ$, 45° и 90° .

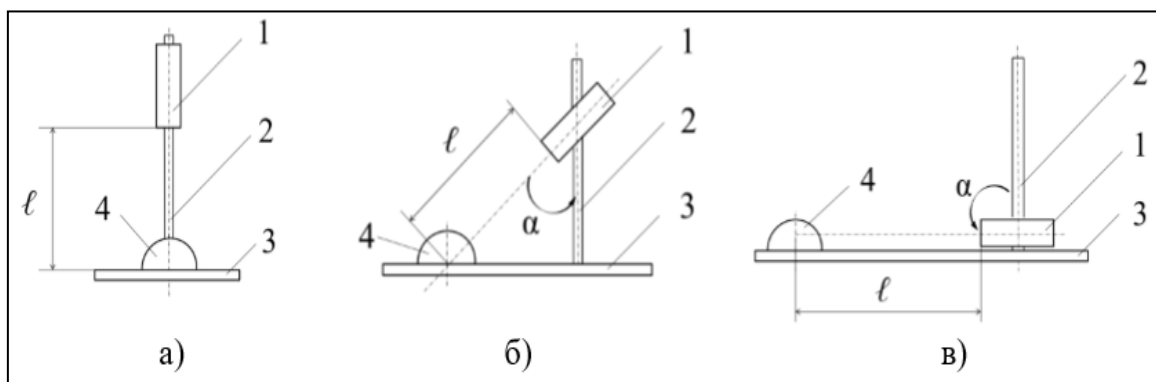


Рис. 9. Установка экспериментальных образцов относительно технического фена
а) $\alpha=0^\circ$; б) $\alpha=45^\circ$; в) $\alpha=90^\circ$:

1 – технический фен; 2 – стойка крепления; 3 – подставка; 4 – экспериментальный образец;
 α – угол фиксации технического фена; l – расстояние от образца до технического фена

Определив среднюю арифметическую температуру поверхности при различных углах α , результаты экспериментов заносились в табл. 2.

Таблица 2. Результаты экспериментов при различных углах α

Средняя арифметическая температура внутренней поверхности экспериментальных образцов в зависимости от их формы, С°							
Куб	Цилиндр	Усеченный конус	Полусфера	Полуцилиндр		Треугольная призма	
				Бок	Торец	Бок	Торец
$\alpha = 45^\circ$							
71,0	68,3	72,3	63,8	73,2	69,7	75,9	57,8
$\alpha = 90^\circ$							
96,5	84,1	83,4	82,6	88,9	86,6	87,1	92,6
$\alpha = 0^\circ$							
81,5	80,9	74,1	61,8	72,6		65,6	

Наиболее предпочтительной формой защитного устройства является та, у которой на внутренней стороне образца после воздействия теплового потока температура поверхности оказалась наименьшей. С целью удобства сравнения, для экспериментов с разными углами воздействия тепловых потоков выполнили ранжирование от 1 до 6, где 1 – наиболее предпочтительная форма (с наименьшей температурой), 6 – наименее предпочтительная форма (с наибольшей температурой). У полуцилиндра и треугольной призмы измерение температуры выполняли с боку и с торца, при этом для присвоения ранга определяющей температурой была наибольшая (рис. 10).








Ранг	1	2	3	4	5	6		
$\alpha=0^\circ$								
	Полусфера	Треугольная призма	Полуцилиндр	Усеченный конус	Цилиндр	Куб		
	61,8 °С	65,6 °С	72,6 °С	74,1 °С	80,9 °С	81,5 С		
$\alpha=45^\circ$								
	Полусфера	Цилиндр	Куб	Усеченный конус	Полуцилиндр		Треугольная призма	
	63,8 °С	68,8 °С	71,0 °С	72,3 °С	Бок	Торец	Бок	Торец
					73,2 °С	69,7 °С	75,9 С	57,8 С
$\alpha=90^\circ$								
	Полусфера	Усеченный конус	Цилиндр	Треугольная призма	Полуцилиндр		Куб	
	82,6 °С	83,4 °С	84,1 °С	Бок	Торец	Бок	Торец	
				87,1 °С	92,6 °С	88,9 °С	94,3 °С	96,5 °С

Рис. 10. Ранжирование форм по предпочтительности

Как следует из рис. 10, наиболее предпочтительной формой при всех углах α является полусфера, а наименее предпочтительной – куб (за исключением тех экспериментов, когда $\alpha=45^\circ$). Данный результат объясняется тем, что при $\alpha=0^\circ$ и 90° поверхность куба, на которую падает тепловой поток, расположена перпендикулярно направлению движения нагретых газов, а при $\alpha=45^\circ$ струя горячего воздуха уходит по касательной в стороны. Если сравнить остальные фигуры между собой, то в случаях, когда тепловой поток падает на поверхность под прямым углом, наименьшая температура будет у тех образцов, у которых площадь этой поверхности будет наименьшей. Когда тепловой поток направлен к поверхности под углом, то наименьшая температура будет у фигуры, у которой угол в направлении нагретого воздуха более острый. Следовательно, в результате экспериментов установлено: чем острее угол падения нагретых газов на поверхность и меньше площадь его поверхности, на которую воздействует поток воздуха, тем меньше будет температура на внутренней поверхности образца. Это связано с тем, что форма влияет на количество нагретого воздуха, отражаемого от поверхности и отводимого в сторону, что снижает нагрев стенки.

Для создания средства защиты людей от тепловых воздействий лесного пожара наиболее предпочтительной является форма полусферы, обеспечивающая меньшее количество поступающего тепла на внутреннюю поверхность спасательного устройства в связи с ее хорошей отражающей способностью и наименьшей площадью поверхности. Результаты исследований реализованы в патенте на изобретение [3].

Литература

1. Fody J., Petrilli T. Developing a more effective fire shelter // Wildfire. 2016. Vol. 25.2, march/april. Pp. 30–33.
2. Справочно-информационная система «Ландшафтные пожары». Средства борьбы. Коллективные средства спасения. URL: http://sibpsa.ru/sis_pp/sr_br/sredstva/view.php?code=2. (дата обращения: 04.03.2020).
3. Мобильное средство защиты людей от лесного пожара: пат. Рос. Федерации 2683736 / Гутовский А.В., Гомонай М.В.; заявитель и патентообладатель Гутовский А.В., Гомонай М.В.; заявл. 06.06.18, опубл. 01.04.19; Бюл. № 10.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ С ЦЕЛЬЮ УСТАНОВЛЕНИЯ УСЛОВИЙ И ПРИЧИН ПОЖАРОВ НА МАЛОМЕРНЫХ СУДАХ

Т.П. Сысоева, кандидат технических наук;

А.А. Кухарев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.В. Калач, доктор химических наук, профессор.

Воронежский государственный технический университет

Предложенная комплексная методика исследования металлов и сплавов, позволяющая в единой схеме анализа объединить полевые и лабораторные методы исследования с целью установления условий и причин пожаров на маломерных судах, также может применяться при исследовании пожаров на морском транспорте.

Ключевые слова: маломерное судно, пожар, вихретоковый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, корреляционный анализ, комплексная методика, пожарно-технический эксперт

COMPREHENSIVE METHOD OF RESEARCH OF METALS AND ALLOYS IN ORDER TO ESTABLISH THE CONDITIONS AND CAUSES OF FIRE OF SMALL VESSELS

T.P. Sysoeva; A.A. Kuharev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
A.V. Kalach. Voronezh state technical university

The proposed comprehensive method for the study of metals and alloys, which allows combining field and laboratory research methods in a single analysis scheme, in order to determine the conditions and causes of fires on small vessels, can also be used in the study of fires on sea transport.

Keywords: small vessel, fire, eddy current analysis, x-ray fluorescence analysis, correlation analysis, complex methodology, fire technical expert

В основе методик пожарно-технической экспертизы, в том числе применяемых при исследовании пожаров на маломерном судне, сохраняются методы сравнительного анализа. На данный момент не существует разработанных методов оценки точности полученных при этом результатов. При выполнении количественных исследований применяются различные статистические критерии оценки полученной информации. Для допустимости применения данного подхода требуется заложить в основу методик пожарно-технической экспертизы приобретение количественных критериев, установление которых было бы основано на использовании ряда инструментальных методов исследования. Данный подход позволит прибавить объем экстраспективного доказательного материала при определении очага и причины пожара.

Также как и в различных областях экспертных исследований, при исследовании пожаров на маломерных судах большую роль играют приборы, которые позволяют выполнять анализ на месте происшествия без потребности отбора проб и долгой пробоподготовки. Использование полевых приборов с целью расследования пожаров на маломерных судах применяется уже давно, так для расследования после пожара металлических элементов частей судна применяются коэрцитиметры или приборы вихретокового анализа. Но стоит отметить то, что методики проведения исследования помимо непосредственно изменения, которые применяются на практике, не включают ни требований к обработке получаемых результатов,

ни представления процесса восприятия их качества. С другой стороны, на данный момент ведется действующее формирование аналитического оборудования и приборов, разрешающих в разы увеличить достижимости экспертов при сборе криминалистически важных сведений. К подобным приборам относят рентгенофлуоресцентный портативный спектрометр, который, во-первых, дает возможность прямо на месте установить тип и марку сплава, из которого произведены металлические элементы маломерного судна, во-вторых, полученная благодаря ему информация о перемене элементного состава может использоваться при оценке степени термического поражения конструкций. Разработка методик исследования металлических изделий, которые применяются на маломерных судах, основанных на установлении количественных коэффициентов степени термической реакции на них с целью определения очаговых признаков и усовершенствование методики изучения медных проводников, которые применяются при определении причин пожаров маломерных судов, считаются важными тенденциями изучения.

Одним из приоритетных направлений повышения пожарной безопасности морского транспорта является увеличение точности определения причин возникающих на нем пожаров, количество которых растет с каждым годом. Решение данной задачи невозможно без внедрения новых методов и совершенствования существующих методик изучения очаговых признаков и выявления условий возникновения горения.

Создание комплексной методики сочетает в себе применение соответствующих многофакторных линейных регрессионных моделей [1, 2]. Вначале была изучена возможность и эффективность сочетания в одной методике результатов исследования стальных конструкций магнитным методом и методом вихретокового анализа. В основу были положены результаты исследования стальных неокрашенных образцов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты исследования магнитным методом и методом вихретокового анализа стальных уголков

T, °C	Нормированная по максимальному значению величина силы тока размагничивания, mA	Нормированная по максимальному значению величина ЭДС поверхности образца, мкВ
20	0,93	0,94
200	0,92	0,95
250	0,86	0,95
300	0,83	0,94
350	0,83	0,93
400	0,82	0,94
450	0,74	0,95
500	0,71	0,93
600	0,61	0,82
700	0,55	0,74
800	0,50	0,64
900	0,44	0,46
1000	0,93	0,94

Вначале имеющиеся данные были проверены с помощью расчета параметрического коэффициента корреляции Пирсона r на предмет имеющейся между ними линейной связи. Использование данного критерия возможно, поскольку согласно проведенному статистическому анализу получаемые с помощью данных методов результаты подчиняются нормальному закону распределения. Была проведена процедура параметрической корреляции с помощью программного пакета STADIA. Полученная корреляционная матрица представлена в табл. 2.

Таблица 2. Корреляционная матрица

	T, °C	I_p / I_{pmax}
I_p / I_{pmax}	-0,9935	–
ЭДС / ЭДС _{max}	-0,8778	0,8916

Проверка показала наличие значимой корреляции между всеми рассмотренными параметрами. Высокая корреляция не всегда означает наличие сильной прямой связи между переменными, поскольку они могут зависеть от третьей переменной. Поэтому были рассчитаны частные корреляции (табл. 3).

Таблица 3. Частные корреляции

	T, °C	ЭДС / ЭДС _{max}
ЭДС / ЭДС _{max}	-0,972	–
I_p / I_{pmax}	-0,1567	0,3593

Как видно из табл. 3, нормированная по максимальному значению величина силы тока размагничивания и нормированная по максимальному значению величины электродвижущей силы (ЭДС) поверхности образца между собой не связаны, следовательно, можно проводить процедуры множественной линейной корреляции.

Затем была получена множественная линейная регрессионная модель, связывающая рассматриваемые параметры в уравнение:

$$T = 1704 - 1693 \cdot (I_p / I_{pmax}) + 73,18 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}) .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $1,67 \cdot 10^{-6}$, $R^2 = 0,987$).

Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет $1,047 \cdot 10^{-6}$, $7,929 \cdot 10^{-6}$ и $0,6308$ соответственно, следовательно, влиянием величины ЭДС/ЭДС_{max} можно пренебречь, поскольку для a_2 $P = 0,6308$, что выше критического значения. Для широкого диапазона температур этого и следовало ожидать.

Следующим этапом работы было проведение процедуры множественной линейной регрессии результатов исследования окрашенных стальных элементов маломерных судов (образцы № 1 и № 2). В данном случае искалась корреляция между тремя показателями: нормированной по максимальному значению величины силы тока размагничивания, нормированной по максимальному значению величины ЭДС поверхности образца (мкВ) и нормированной по максимальному значению содержания недифференцируемых портативным спектрометром элементов (Val / Val_{max}). Val – условное обозначение элементов, не дифференцируемых полевым рентгенофлуоресцентный спектрометром по отдельности, определяемых суммарно. Используемые данные представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты исследования фрагментов окрашенных стальных элементов маломерных судов

T, °C	Образец № 1			Образец № 2		
	ЭДС / ЭДС _{max}	I_p / I_{pmax}	B	ЭДС / ЭДС _{max}	I_p / I_{pmax}	B
20	0,48	1,00	0,00	0,70	1,00	0,00
200	0,52	0,98	0,14	0,90	0,94	0,14
300	0,56	0,96	0,25	0,95	0,89	0,35
400	0,61	0,90	0,64	1,00	0,85	0,45

T, °C	Образец № 1			Образец № 2		
	ЭДС / ЭДС _{max}	I _p / I _{pmax}	B	ЭДС / ЭДС _{max}	I _p / I _{pmax}	B
500	0,87	0,82	0,83	0,97	0,80	0,54
600	1,00	0,80	0,86	0,87	0,77	0,59
700	0,76	0,77	0,89	0,69	0,75	0,73
800	0,59	0,75	0,90	0,52	0,72	0,84
900	0,46	0,73	0,91	0,45	0,71	0,83
1000	0,23	0,64	0,92	0,22	0,68	0,90

Результаты корреляционного анализа, полученные для образца № 1, показали наличие сильной связи между температурой, величиной силы тока размагничивания и содержанием на поверхности элементов, относящихся к недифференцируемым портативным рентгеноспектральным прибором (табл. 5).

Таблица 5. Корреляционная матрица

	T, °C	ЭДС / ЭДС _{max}	I _p / I _{pmax}
ЭДС / ЭДС _{max}	-0,1381	–	–
I _p / I _{pmax}	-0,9797	0,09858	–
B	-0,9077	-0,2345	0,9167

Корреляционный анализ не выявил связи между величинами ЭДС / ЭДС_{max}, I_p / I_{pmax} и B.

При проведении множественного линейного регрессионного анализа было получено следующее уравнение:

$$T = 1697 - 1479 \cdot (I_p / I_{pmax}) - 266 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}) + 382 \cdot B.$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $2,67 \cdot 10^{-4}$, $R^2 = 0,986$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,05, 0,10, 0,17, 0,19. Таким образом, на получаемое по этому уравнению значение T наибольшее влияние будет оказывать результат измерения силы тока размагничивания, наименьший – результат рентгенофлуоресцентного анализа (РФА).

При проведении процедуры множественной линейной регрессии на основе данных, полученных при проведении вихретокового анализа и РФА, было получено следующее уравнение:

$$T = 314 - 534 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}) + 871 \cdot B.$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $1,29 \cdot 10^{-4}$, $R^2 = 0,976$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,006039, 0,003315, $6,651 \cdot 10^{-5}$. Таким образом, все члены уравнения равнозначны.

При проведении процедуры множественной линейной регрессии на основе данных, полученных при проведении РФА, и результатах измерения силы тока размагничивания было получено следующее уравнение:

$$T = 2544 - 2437 \cdot (I_p / I_{pmax}) + 52 \cdot B.$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $1,01 \cdot 10^{-4}$, $R^2=0,980$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,002022, 0,002125, 0,7573. Таким образом, результаты РФА в данном случае незначимы.

Аналогичным образом, при проведении процедуры множественной линейной регрессии на основе данных, полученных вихретоковым методом, и результатов измерения силы тока размагничивания было получено следующее уравнение:

$$T=2725-2570 \cdot (I_p / I_{pmax})-60 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}) .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $9,61 \cdot 10^{-5}$, $R^2=0,980$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет $3,11 \cdot 10^{-5}$, $5,10 \cdot 10^{-5}$, 0,5948. Таким образом, результаты вихретокового анализа в данном случае незначимы.

Проведенный анализ для образца № 2 показал, что сильной связи между величинами $\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}$, I_p / I_{pmax} не наблюдается (табл. 6).

Таблица 6. Корреляционная матрица

	T, °C	ЭДС / ЭДС _{max}	I _p / I _{pmax}
ЭДС / ЭДС _{max}	-0,7134		–
I _p / I _{pmax}	-0,9875	0,612	–
Bal/Bal _{max}	-0,984	0,6213	0,994

При проведении множественного линейного регрессионного анализа было получено следующее уравнение:

$$T=2681-2484 \cdot (I_p / I_{pmax})-209 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max})+52 \cdot B .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $4,67 \cdot 10^{-5}$, $R^2=0,997$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,019, 0,0054, 0,026 и 0,86. Таким образом, на получаемое по этому уравнению значение T наибольшее влияние будет оказывать результат измерения силы тока размагничивания, наименьший – результат РФА.

При проведении процедуры множественной линейной регрессии на основе данных, полученных при проведении вихретокового анализа и РФА, было получено следующее уравнение:

$$T=194-198 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max})+917 \cdot B .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $2,61 \cdot 10^{-5}$, $R^2=0,99$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,038, 0,025, $3,4 \cdot 10^{-5}$. Таким образом, все члены уравнения относительно равнозначны.

При проведении процедуры множественной линейной регрессии на основе данных, полученных при проведении РФА, и результатов измерения силы тока размагничивания было получено следующее уравнение:

$$T=2159-2174 \cdot (I_p / I_{pmax})+271 \cdot B .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $4,84 \cdot 10^{-5}$, $R^2=0,987$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,21, 0,21, 0,64. Таким образом, результаты РФА в данном случае наименее значимы.

Аналогичным образом при проведении процедуры множественной линейной регрессии на основе данных, полученных вихретоковым методом, и результатах измерения силы тока размагничивания было получено следующее уравнение:

$$T=2829-2630 \cdot (I_p / I_{pmax})-211 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}) .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – $9,61 \cdot 10^{-5}$, $R^2=0,980$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет $7,21 \cdot 10^{-6}$, $1,35 \cdot 10^{-5}$, 0,0024. Таким образом, результаты вихретокового анализа в данном случае незначимы.

Проведенный регрессионный анализ позволяет сделать вывод, что в единую схему определения зон температурного воздействия могут быть включены все рассмотренные в работе полевые методы исследования стальных конструкций автомобилей, однако вклад каждого из них будет определяться типом и характеристиками объекта исследования.

Для всех рассмотренных в работе объектов уравнения, объединяющие значения нормированной по максимальному значению величины силы тока размагничивания, нормированной по максимальному значению величины ЭДС поверхности образца и нормированной по максимальному значению содержания не дифференцируемых портативным спектрометром элементов, имеют линейную модель, все полученные регрессионные модели адекватны, однако при разных сочетаниях методов полученные с их помощью значения могут быть незначимыми. Коэффициенты уравнений множественной линейной регрессии a_i , полученные для всех рассмотренных в работе образцов, представлены в табл. 7.

Таблица 7. Коэффициенты уравнений множественной линейной регрессии, построенных по результатам, полученным с помощью полевых методов

Методы исследования	a_0		a_i при значениях					
			I_p / I_{pmax}		$\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}$		B	
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 1	Образец № 2
Все три полевые метода	1697	2681	-1479	-2484	-266	-209	382	52
Коэрцитиметр и вихретоковый анализ	2725	2829	-2570	-2630	-60	-211	–	–
РФА и коэрцитиметр	2544	2159	-2437	-2174	–	–	52	271
РФА и вихретоковый анализ	314	194	–	–	-534	-198	871	917

Затем были проведены процедуры множественной линейной регрессии на основе данных, полученных в разных температурных диапазонах. Поскольку вихретоковый анализ эффективен после 600 °С, то для построения регрессионной модели, сочетающей результаты его применения с определением силы тока размагничивания, был рассмотрен диапазон температур 600–1 000 °С.

Для образца № 1 полученная множественная линейная регрессионная модель имеет вид:

$$T=2103-1543 \cdot (I_p / I_{pmax})-293 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}) .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции относительно близок к нулю – 0,021, $R=0,959$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,10, 0,37, 0,56. Таким образом, результаты вихретокового анализа в данном случае повысили свою значимость.

Для образца № 2:

$$T=2622-2288 \cdot (I_p / I_{pmax})-289 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max}) .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции относительно близок к нулю – 0,001, $R^2=0,995$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,15, 0,37, 0,52. Таким образом, результаты вихретокового анализа в данном случае повысили свою значимость.

Поскольку РФА эффективен при температурах не выше 500 °С, то для него была проведена процедура множественной линейной регрессии в диапазоне температур нагрева образцов 100–500 °С, было получено следующее уравнение для образца № 1:

$$T=-671+762 \cdot (I_p / I_{pmax})+658 \cdot B .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным ($R^2=0,951$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,81, 0,79, 0,35. Таким образом, результаты РФА в данном случае значимы, однако уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции – 0,095.

Для образца № 2:

$$T=2559-2422 \cdot (I_p / I_{pmax})-16 \cdot B .$$

Построенная линейная модель адекватна экспериментальным данным (уровень значимости гипотезы о равенстве нулю коэффициента множественной корреляции близок к нулю – 0,0053, $R^2=0,996$). Значимость гипотезы о равенстве коэффициента a_i нулю каждого члена уравнения составляет 0,13, 0,13, 0,96. Таким образом, результаты РФА в данном случае практически незначимы.

Проведенный анализ показал, что выбрать регрессионную модель, позволяющую сочетать все рассмотренные методы, трудно, часть данных при этом теряет свою значимость.

В качестве численного критерия, позволяющего приблизительно оценить степень нагрева материала, можно использовать значения T_{p3} , рассчитываемые по уравнению:

$$T_{p3}=2500-2000 \cdot (I_p / I_{pmax})-250 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max})-200 \cdot B ;$$

при совместном использовании всех трех рассмотренных в работе полевых методов:

$$T_{p2}=250-300 \cdot (\text{ЭДС} / \text{ЭДС}_{max})-900 \cdot B$$

при использовании прибора вихретокового анализа и портативного РФА спектрометра. К плюсам последнего уравнения можно отнести то, что оно может использоваться в диапазоне 200–1 000 °С, в то время как применение только РФА ограничено диапазоном до 500 °С,

а применение вихретокового анализа возможно в диапазоне нагрева конструкций 600–1000 °С. Кроме того, в данном случае нет необходимости зачищать поверхность от остатков лакокрасочного покрытия (ЛКП).

Полученные по данному уравнению числовые значения T_{p2} или T_{p3} вносят в схему точек выполнения измерений величин I_p , ЭДС и Val согласно приобретенным данным с поддержкой какого-либо программного пакета, позволяющего осуществлять графические построения (Excel, Stadia и др.), и строятся зоны температурного воздействия на конструкцию. По полученным замерам могут быть рассчитаны критерии T_s , T_m и T_b . Полученные данные могут дополнять картину температурного воздействия на стальные конструкции в случае получения спорных данных. Расчет всех предложенных в работе аспектов способен выполняться в то же время согласно грани фиксации итогов определения в ПК благодаря программам обрабатывания табличных сведений [1, 3].

Для выявления зон различного нагрева можно предложить следующую схему анализа, объединяющую различные полевые методы исследования, с целью установления очага пожара на маломерных судах (рис. 1) [4, 5].



Рис. 1. Схема анализа, объединяющая различные полевые методы исследования, с целью установления очага пожара на маломерном судне

Полученная схема была опробована при исследовании пожара на заброшенном судне в ремонтном блоке Санкт-Петербургского государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. При осмотре корпуса судна термические повреждения наблюдаются в передней части, с наибольшими повреждениями в правой части. При осмотре всего судна наблюдаются наибольшие термические повреждения в отсеке двигателя, в правой его части. По мере удаления от указанной зоны степень и характер повреждений уменьшается. Было проведено исследование передней части судна, включая боковые части.

Были проведены измерения силы тока размагничивания, ЭДС и содержания Val на металлических элементах в 70 точках – 10 по ширине металлический элемент (лист) на расстоянии 15 см друг от друга и 7 по его длине на расстоянии 10 см друг от друга, на боковых элементах в 50 точках, 7 по ширине (через 10 см) и 5 по высоте (через 10 см), а также на крыше в 50 точках (10 по ширине и 5 на расстоянии 70 см от переднего края через 15 см). По полученным данным были проведены расчеты критериев T_{p2} , полученные температурные зоны нагрева этих элементов представлены на рис. 2.

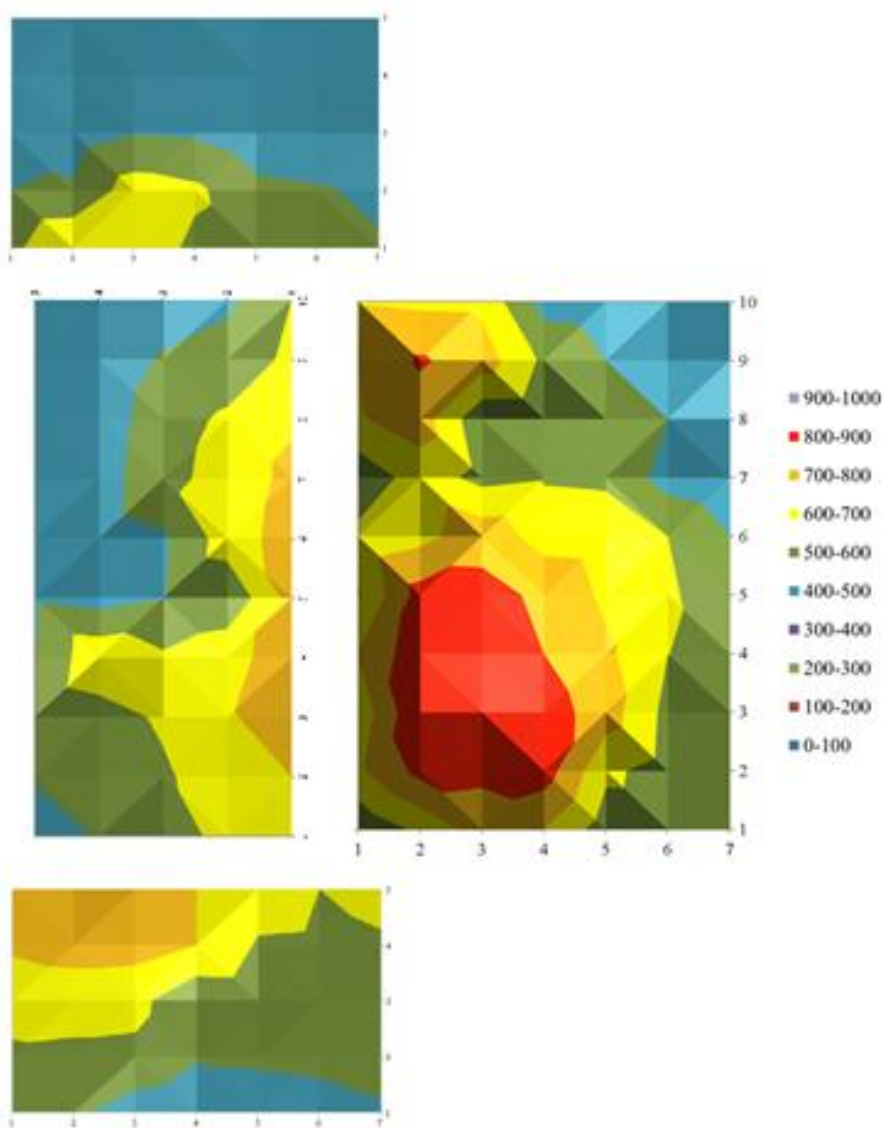


Рис. 2. Температурные зоны нагрева стальных элементов маломерного судна, построенные по результатам расчета критерия T_{p2}

Помимо основного очага горения, расположенного над системой питания двигателя и характеризующегося температурами нагрева порядка 800–900 °С, имеется локальная зона

нагрева над местом расположения аккумуляторной батареи и сосредоточения значительного количества проводников. Проведенный анализ методом металлографии обнаруженных в данной локальной зоне оплавлений после того, как она была выявлена, показал наличие в одном из них первичного короткого замыкания. Таким образом, была установлена электротехническая причина пожара.

Таким образом, была создана комплексная методика, базирующаяся в основном на применении ряда полевых методов с использованием количественных аспектов оценки теплового влияния на металлические элементы с целью выявления очага и причин пожара на маломерном судне. В случае пожаров на маломерных судах значительная трудность возникает при установлении электротехнической причины, поэтому следующим этапом работы было, в рамках комплексной методики, предложить метод вспомогательного изучения образцов оплавки в медных проводниках электрической сети маломерного судна, позволяющий выявлять признаки протекания в них аварийного режима короткого замыкания при спорных ситуациях по установлению очага и причины пожара на маломерном судне.

На основе математической обработки данных, полученных с помощью коэрцитиметра, прибора вихретокового анализа и портативного рентгенофлуоресцентного спектрометра, предложены расчетные критерии T_{p2} и T_{p3} , позволяющие оценить уровень термического влияния на стальные покрашенные изделия маломерного судна.

Разработана комплексная методика, основанная на совместном использовании рассмотренных в работе полевых методов с применением количественных критериев оценки термического воздействия на металлические изделия, которая была успешно опробована при расследовании реального пожара на судне.

В рамках комплексной методики разработан способ дополнительного исследования образцов оплавлений на медных проводниках электросети маломерного судна, позволяющий в спорных, неочевидных случаях подтвердить протекание в них аварийного режима короткого замыкания. Предлагается проводить повторное металлографическое изучение проводников путем послойного исследования в направлении перпендикулярном их оси. В этом случае можно не только выявить дендритные структуры, но и проследить их распределение в теле оплавления.

Предложенная комплексная методика исследования металлов и сплавов, позволяющая в единой схеме анализа объединить полевые и лабораторные методы исследования с целью установления условий и причин пожаров на маломерных судах, также может применяться при исследовании пожаров на морском транспорте и использоваться судебно-экспертными учреждениями МЧС России при проведении пожарно-технических экспертиз.

Литература

1. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных: учеб. пособие. М.: Форум: ИНФРА-М, 2011. 512 с.
2. Шульгин С.О. Полевые экспресс-методы исследования стальных конструкций и предметов при установлении очага пожара: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 1999. 174 с.
3. Тумановский А.А., Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д. Компьютерное моделирование температурных зон в различных объемах с учетом пожарной нагрузки // Расследование пожаров: сб. ст. М.: ВНИИПО, 2007. Вып. 2.
4. Сысоева Т.П., Бельшина Ю.Н., Галишев М.А. Комплексная методика анализа окрашенных стальных элементов автомобиля на основе полевых методов исследования // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 53–61.
5. Сысоева Т.П. Комплексная методика установления очаговых признаков при расследовании пожаров автомобилей в условиях пониженных температур // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Вопросы обеспечения комплексной безопасности деятельности в Арктическом регионе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2014.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Астанков Алексей Михайлович – нач. лаб. Воен. ин-та (науч.-исслед.) Воен.-космич. акад. им. А.Ф. Можайского (197082, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), e-mail: astankovy@yandex.ru;

Белов Андрей Сергеевич – доц. каф. ест.-науч. и спец. дисц. Дальневост. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: belovac@mail.ru, канд. техн. наук;

Бесков Максим Сергеевич – препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: bmsmchs@yandex.ru;

Богуцкий Сергей Юрьевич – нач. сектора суд. экспертиз ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по г. Санкт-Петербургу (197046, Санкт-Петербург, ул. Пеньковская, д. 6), e-mail: ipl-spb@mail.ru;

Вагин Александр Владимирович – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-69-68, e-mail: alexwagin@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

Вилков Валерий Борисович – доц. каф. общенауч. и общетехн. дисц. Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), e-mail: amirusha@ Rambler.ru, канд. физ.-матем. наук, доц.;

Вострых Алексей Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: a.vostrykh@list.ru;

Горшкова Елена Евгеньевна – ст. препод. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: gorshkovaelena@ Rambler.ru;

Громов Виктор Никифорович – проф. каф. № 9 Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. ген. армии А.В. Хрулева (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), e-mail: vгромов@spb.skylink.ru, д-р техн. наук, проф.;

Гутовский Алексей Вениаминович – адъюнкт каф. экспл. транспорт.-технол. машин и комплексов № 34 инж. фак-та Акад. гражд. защиты МЧС России (Московская область, г. Химки, мкр-н. Новогорск), e-mail: gutovskiy.alexey@mail.ru;

Дорошенко Сергей Александрович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Завьялов Дмитрий Евгеньевич – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zavialov-dmitriy@mail.ru, канд. техн. наук;

Завьялов Сергей Анатольевич – доц. каф. «Радиотехнические устройства и системы диагностики» Омского гос. техн. ун-та (644050, Сибирский ФО, Омская область, г. Омск, пр. Мира, д. 11), канд. техн. наук;

Иванов Анатолий Николаевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: iv.52@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Иванов Роман Юрьевич – пом. нач. караула 61 ПСЧ 28 ОФПС по Лен. обл. (187555, Лен. обл., Тихвинский р-н, г. Тихвин, ул. Машиностроителей, д. 1), e-mail: ivanovroma000345@mail.ru;

Калач Андрей Владимирович – проф. каф. техносф. и пож. безопасн. Воронеж. гос. техн. ун-та (394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84), e-mail: a_kalach@mail.ru, д-р хим. наук, проф.;

Клюй Валерий Владимирович – проф. каф. орг. пожаротуш. и провед. авар.-спасат. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: val-1964@yandex.ru, канд. пед. наук, доц.;

Кондрашин Алексей Викторович – нач. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kondrashin@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Копнышев Сергей Львович – доц. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Б. Галушкина, д. 4), e-mail: Serkopn@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Кулек Николай Владимирович – ст. препод. каф. спец. подгот. фак-та доп. проф. образ. Дальневост. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: kulekn@mail.ru;

Кухарев Александр Александрович – зам. нач. отд. эксперт. пож. и орг. подгот. экспертов ИЦЭП СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru;

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.;

Ляшук Алексей Николаевич – ст. препод. каф. «Радиотехнические устройства и системы диагностики» Омского гос. техн. ун-та (644050, Сибирский ФО, Омская область, г. Омск, пр. Мира, д. 11), канд. техн. наук;

Мартинович Николай Викторович – нач. отд. прикл. исслед. и инновац. технол. науч.-техн. центра Сиб. пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), e-mail: martin-nv@mail.ru;

Мартынович Владимир Леонидович – доц. каф. «Техносферная безопасность» Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: martynovichvl@tyuiu.ru, канд. техн. наук;

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

Мельник Антон Анатольевич – 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: melnik@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Монашков Виктор Владимирович – доц. СПб гос. политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: mvv0110@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Морозов Александр Юрьевич – науч. сотр. Федер. исслед. центра «Информатика и управление» РАН (119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, кор. 2), e-mail: morozov@infway.ru, канд. физ.-мат. наук;

Назаров Андрей Амангельдэвич – нач. Сиб. пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), e-mail: nazarov@sibpsa.ru;

Некрасов Игорь Николаевич – препод. 43-й каф. Воен. ин-та (науч.-исслед.) Воен.-космич. акад. им. А.Ф. Можайского (197082, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), e-mail: slepou_pilot@mail.ru, канд. техн. наук;

Николаев Денис Валерьевич – нач. ин-та развития СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nikolaev01@mail.ru, канд. пед. наук;

Онов Виталий Александрович – нач. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: onov.va@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Проценко Татьяна Валерьевна – магистрант 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, доц.;

Савенкова Анастасия Евгеньевна – препод. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: savenkova@igps.ru, канд. техн. наук;

Савчук Олег Николаевич – проф. каф. сервис 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;

Седнев Анатолий Владимирович – студент Моск. гос. техн. ун-та им. Н.Э. Баумана (нац. исслед. ун-та) (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), техник лаб. динам. проц. ин-та машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101000, Москва, ул. Бардина, д. 4), e-mail: stolya2000@mail.ru;

Седнев Владимир Анатольевич – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: sednev70@yandex.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, поч. работник науки и техн. РФ, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. науки и техн., лауреат премии Прав-ва РФ в обл. образования РФ;

Сысоева Татьяна Павловна – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru, канд. техн. наук;

Турсенев Сергей Александрович – зам. нач. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. – нач. отд. инф. обеспеч. населения и технол. информ. поддержки РСЧС и пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Ударцева Ольга Владимировна – проф. каф. техносф. безопасн. Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: oblاد@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Филановский Александр Маркович – 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: filanovsky@igps.ru, канд. техн. наук;

Хайруллина Лариса Батыевна – доц. каф. «Техносферная безопасность» Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: hajrullinalb@tyuiu.ru, канд. техн. наук;

Чащин Евгений Александрович – инж. проектировщик РНС каф. «Радиотехнические устройства и системы диагностики» Омского гос. техн. ун-та (644050, Сибирский ФО, Омская обл., г. Омск, пр. Мира, д. 11);

Черных Андрей Климентьевич – проф. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nataliachernykh@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Шидловский Григорий Леонидович – нач. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: shidlovsky.g@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Юнцова Ольга Семеновна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: uncova@igps.ru, канд. пед. наук, доц.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

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

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

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

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

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

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

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

В составе университета:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

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

6. Оформление библиографии (списка литературы):

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

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

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

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

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

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

4. Грждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневой 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.

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

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

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

Научно-аналитический журнал

Проблемы управления рисками в техносфере
№ 2 (54) – 2020

Подписной индекс № ПА482 в электронном каталоге «Почта России»

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.

Редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 30.06.2020. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. л. 17,00 Тираж 1000 экз. Зак. № 00

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