

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТЕХНОСФЕРЕ**
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT
№ 3 (51) – 2019

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

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

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

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

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

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

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

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

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

доктор технических наук **Николич Божо**, профессор Высшей технической школы 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

- Ксенофонтов Ю.Г., Скрипник И.Л., Воронин С.В.** Радиолинии метеорной связи в информационно-телекоммуникационной инфраструктуре МЧС России Арктического региона 6
- Королева Л.А., Хайдаров А.Г., Ивахнюк Г.К.** Теплофизические условия возникновения горения пористых и дисперсных материалов, изделий при перевозке железнодорожным транспортом и захоронении на полигонах 12
- Монахов В.А., Симонова М.А.** Анализ изменения температурных полей при возникновении горения в резервуарных парках 19
- Коннова Л.А., Львова Ю.В.** Деградация вечной мерзлоты в контексте безопасности жизнедеятельности в Арктической зоне Российской Федерации 27

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Бабилов И.А., Танклевский А.Л., Таранцев А.А.** О способе определения группы принудительно активируемых оросителей при возникновении пожара в помещении 34
- Актерский Ю.Е., Северин С.Н., Северин Н.Н.** Снижение влияния человеческого фактора как необходимое условие улучшения пожарной безопасности магистральных систем электроснабжения железнодорожного транспорта 41
- Бесперстов Д.А., Кроль А.Н., Утробина Т.А.** Нормативно-технические коллизии в современных условиях при выполнении требований в области пожарной безопасности и возможность их устранения 46

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

- Ударцева О.В., Гальцев С.А.** О подходе к снижению пожаровзрывоопасности эксплуатируемых криогенных систем 51
- Горбунов А.А., Терехин С.Н., Гусаков С.А.** Новые технологии ведения разведки пожаров 56
- Воропаев Н.П., Коротеев Д.Р.** Актуальные вопросы подготовки работающего населения в области гражданской обороны 63
- Медведева Л.В., Макаруч Г.В., Мусатов В.И.** К вопросу снижения аварийности станций очистки сточных вод населенных пунктов 69
- Савчук О.Н., Аксенов А.А.** Пути совершенствования мероприятий по обеспечению безопасной транспортировки аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом в республике Мордовия на основе оценки риска химической опасности 75
- Квашнин А.В., Колесников Д.А., Шарапов С.В.** Методы расчета показателей техногенного риска линейной части магистральных газопроводов 83

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

- Кузьмин А.А., Кузьмина Т.А., Пермьяков А.А.** Осаждение аэрозолей в каналах систем противодымной вентиляции 90
- Чешко И.Д., Парийская А.Ю., Лобова С.Ф.** Пожарная опасность и следы аварийных режимов на линиях электропередач в сельской местности 95
- Султыгов М.М., Галишев М.А., Бельшина Ю.Н.** Влияние механических свойств и структуры почв на состав почвенных нефтяных загрязнений при чрезвычайных ситуациях, обусловленных разливами нефти 104

Седнев В.А., Лопухова Н.В. Особенности планирования и организации тушения крупномасштабных лесных пожаров и пожаров на территории сельских населенных пунктов	110
Сведения об авторах	116
Информационная справка	119
Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере»	124

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

РАДИОЛИНИИ МЕТЕОРНОЙ СВЯЗИ В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ МЧС РОССИИ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Ю.Г. Ксенофонов, кандидат технических наук;
И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;
С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Обоснована целесообразность применения метеорной сети связи как телекоммуникационной основы в сети доступа системы мониторинга объектов инфраструктуры МЧС России в Арктике. С позиций системного анализа представлены основные параметры, характеризующие телекоммуникационные технологии метеорной связи, структурно-функциональная схема, обобщенная математическая модель радиолинии, состоящей из радиопередатчика и приемника. Сформулированы предложения по использованию в качестве ультракоротковолновых антенных систем адаптивных антенных решеток.

Ключевые слова: радиолинии метеорной связи, структурно-функциональная схема, коэффициент использования радиолинии, многолучевое распространение

RADIO METEOR COMMUNICATIONS IN INFORMATION AND TELECOMMUNICATION INFRASTRUCTURE OF EMERCOM OF RUSSIA IN THE ARCTIC REGION

Yu.G. Ksenofontov; I.L. Skripnik; S.V. Voronin.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article substantiates the expediency of using the meteor communication network as a telecommunication basis in the access network of the monitoring system of the Russian emergencies Ministry infrastructure in the Arctic. The main parameters characterizing telecommunication technologies of meteor communication, the structural and functional scheme, the generalized mathematical model of the radio line consisting of the radio transmitter and the receiver are presented from positions of the system analysis. Proposals for the use of adaptive antenna arrays as ultrashort-wave antenna systems are formulated.

Keywords: radio meteor communications, structural-functional scheme, utilization ratio of the radio link, multipath propagation

Для успешной реализации государственной стратегии в освоении Арктической зоны необходимо создание информационно-телекоммуникационной инфраструктуры (ИТИ) МЧС России, в рамках которой должен обеспечиваться сбор, анализ, обработка, хранение и распределение информации об обстановке в регионе. При этом целесообразно учитывать

наиболее эффективные пути реализации различных видов связи в указанном регионе, исходя из социально-экономического и культурного развития Российской Федерации в условиях обязательного соблюдения экологических норм и требований.

Основные направления развития систем связи МЧС России обусловлены возрастающими потребностями системы управления в информационном обмене. Использование в комплексе всех видов связи позволит решить задачи, связанные с предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций [1, 2].

Одним из направлений развития ИТИ является резервирование каналов связи с учетом обеспечения достоверной своевременной доставки сообщения.

В качестве резервного канала связи в условиях Арктики предлагается применить сеть передачи данных на базе радиолиний метеорной связи (РМС), принцип работы которых основан на отражении радиоволн от метеорных следов, возникающих в ионосфере на высоте 80–120 км и использующих диапазон ультракоротких волн (УКВ). Предлагаемая сеть может функционировать как независимо, так и выступать в виде дублирующей ионосферную УКВ-связь (рис. 1). Ионосферные радиолинии используют эффект рассеяния радиоволн неоднородностями ионосферы на высотах 75–95 км. Так как диэлектрическая проницаемость неоднородности ионосферы с ростом частоты убывает по квадратичному закону, напряженность электрического поля рассеянного сигнала также убывает, следовательно, частотный диапазон для работы радиолинии лежит в пределах 30–60 МГц. Недостатками такого вида связи являются повышенный коэффициент усиления антенн (20–30 дБ) и достаточно большая мощность передатчика (10–20 кВт).

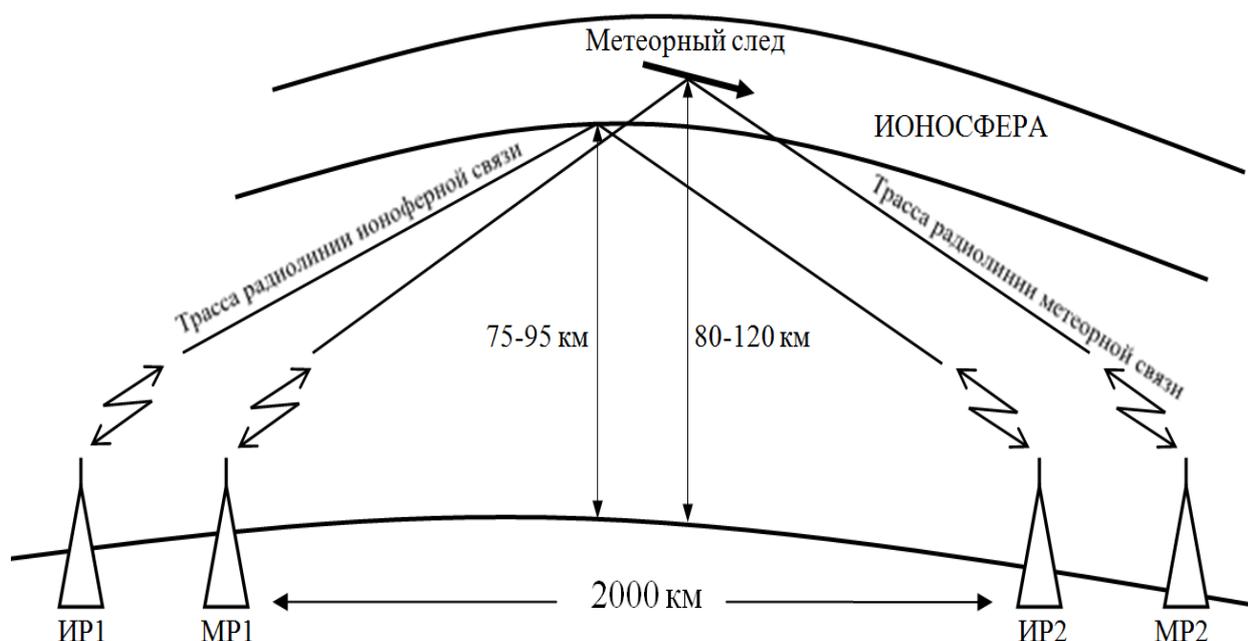


Рис. 1. Вариант организации связи между удаленными труднодоступными объектами в ИТИ Арктического региона Российской Федерации:

ИР1, ИР2 – приемопередающие станции радиолинии ионосферной связи УКВ;
МР1, МР2 – приемопередающие станции РМС УКВ

Метеорная связь на УКВ – это статистически устойчивый вид связи, являющийся наиболее экономичной телекоммуникационной технологией, которую целесообразно использовать для передачи данных между удаленными объектами инфраструктуры МЧС России в труднодоступных районах Арктики в диапазоне 40–60 МГц. Благодаря направленному характеру метеорного распространения радиоволн, создается так называемая пространственно-временная избирательность, позволяющая осуществлять сеансы радиосвязи

попеременно с большим количеством пространственно разнесенных абонентов на одной частоте.

Рассмотрим один из вариантов сети, который включает в себя три радиосети на базе РМС, позволяющих сформировать статистически устойчивый канал передачи данных между удаленными объектами МЧС России, представленный на рис. 2 [3].

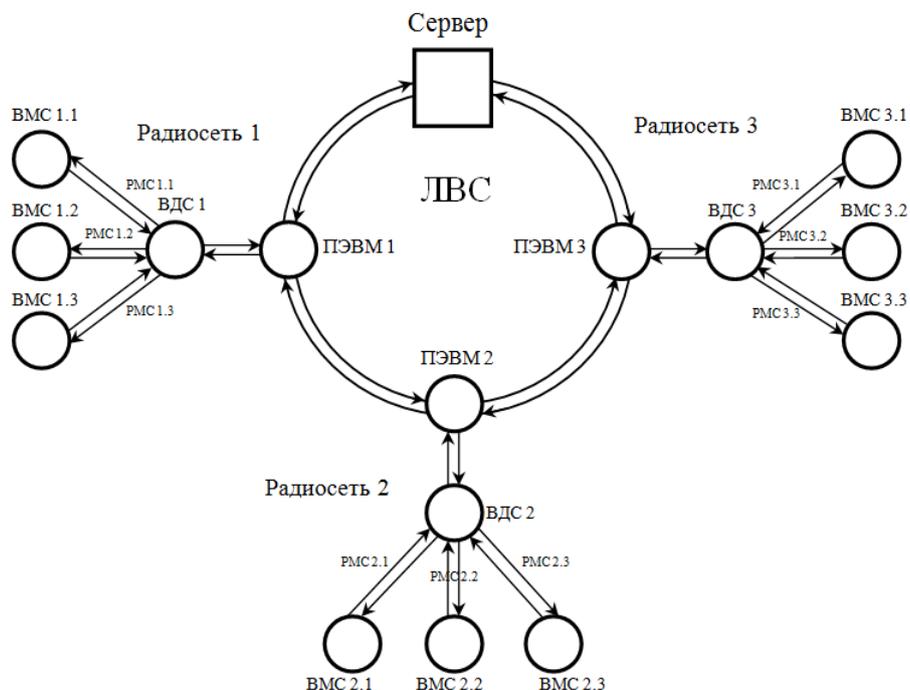


Рис. 2. Топология варианта телекоммуникационной сети обмена данными между объектами инфраструктуры Северного морского пути: ЛВС – локальная вычислительная сеть; ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина; ВДС – ведущая станция; ВМС – ведомая станция; РМС – радиолиния метеорной связи

Центром каждой из радиосетей является ВДС. В свою очередь, все они включены в единую ЛВС, в центре которой расположен главный сервер, например, морского спасательно-координационного центра, который регулирует работу всех радиосетей. Он дает команду на начало цикла функционирования по команде от оператора или автоматически по расписанию.

Передача данных по РМС осуществляется при помощи формализованных сообщений (ФС). Исходя из решения стоящих перед МЧС России задач, с учетом складывающейся обстановки частоту передачи и объем таких ФС определяет центр управления.

Типовой алгоритм работы РМС предусматривает процедуры обнаружения канала, синхронизации, обмен ФС и компоновку их частей. Характерная особенность алгоритма заключается в передаче подтверждений об обнаружении канала и получении сообщений, в том числе и при односторонней связи.

Если ФС передаются по прерывистому каналу передачи данных РМС, то в течение каждого энергетического контакта может быть передано все ФС или по частям, если были прерывания в связи. Для охвата всех средств телекоммуникации на большой территории (до 2 000 км) формируется РМС. Территория, которую может охватить одна РМС, зависит от ее параметров: мощности радиопередающих устройств (РПДУ), чувствительности радиоприемных устройств (РПУ), физических параметров антенн, реализованных методов модуляции-демодуляции сигнала и др. Эти характеристики определяют коэффициент использования $K_{и}$ пропускной способности РМС, а от него зависит предельное количество средств телекоммуникации, которые могут быть охвачены одной РМС. Таким образом, задача построения структуры РМС является многокритериальной задачей и для ее оптимизации

требуется нахождение компромиссного решения. В данной работе основное внимание уделяется проблеме повышения $K_{\text{и}}$ путем применения адаптивных антенных решеток (ААР) на УКВ.

Принцип реализации предлагаемого решения следующий. Суммарное количество метеоров в атмосфере Земли оценивается миллионами штук в сутки, но при сгорании не все они оставляют следы, которые возможно использовать для передачи данных на УКВ. Некоторые метеоры после сгорания оставляют ионизированные следы длиной порядка 20 км, которые существуют от нескольких секунд до нескольких минут. Они могут отражать сигналы УКВ, и их возможно использовать для связи между корреспондентами на расстоянии до 2 000 км. В условиях Севера на частотах 40–60 МГц средняя длительность контакта от одного метеорного следа составляет от 0,2 до 200 с, которая изменяется в течение времени (на протяжении суток, времени года и др.) [3–5].

Так как такой канал связи является прерывным по своей природе, то для его оценки вводится коэффициент использования линии для передачи данных:

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ci}}{t_{\text{н}}},$$

где t_{ci} – длительность i -го прохождения сигнала, измеренная на уровне порогового напряжения $U_{\text{пор}}$; $t_{\text{н}}$ – время наблюдения.

Коэффициент $K_{\text{и}}$ зависит от длины волны, мощности передатчика, коэффициента усиления антенны и направления ее главного лепестка, величины $U_{\text{пор}}$, определяемой заданным отношением сигнал/шум на входе приемника. Изменения числа и направления движения метеоров в течение суток и времени года приводит к значительным колебаниям величины $K_{\text{и}}$. Среднюю величину $K_{\text{и}}$ можно считать приблизительно равной 0,05–0,1 [6].

На линиях метеорной связи наблюдается многолучевое распространение радиоволн, обусловленное существованием нескольких следов, разрывом следа на части и его сильным искривлением под действием атмосферных потоков, а также отражением от регулярных слоев ионосферы. Из-за многолучевости ограничивается полоса пропускания радиотракта, которая может достигать 300 кГц [6]. В связи с этим представляет большой научный интерес вопрос работы радиолинии с узконаправленными антеннами системами.

В РМС в дежурном режиме (режим поиска контакта для связи) используются немодулированные гармонические колебания, которые описываются соотношением:

$$s(t) = U_0 \cos(\omega_c t + \varphi_0),$$

где U_0 , $\omega_c t$, φ_0 – амплитуда, частота и начальная фаза соответственно.

Теоретически максимальный объем информации, переданный за время существования метеорного следа [7], может быть представлен как:

$$V = \int_0^{\infty} \Delta F \cdot \log_2 \left(1 + \left(\frac{S_0}{N} \right)^2 e^{-\frac{2t}{\tau}} \right) dt,$$

где ΔF – полоса пропускания канала; S_0/N – отношение сигнал-шум в точке приема в момент формирования следа; τ – постоянная времени рассеяния следа.

Для увеличения пропускной способности канала передачи данных рекомендуется применить квадратурную амплитудную модуляцию (КАМ, QAM – Quadrature Amplitude Modulation), при которой меняются амплитуда и фаза несущей частоты. Это позволит повысить количество бит, кодируемых в единицу времени, и, соответственно, увеличить помехоустойчивость РМС. Квадратурное представление сигналов имеет вид:

$$s(t) = x(t)\sin(\omega_c t + \varphi_0) + y(t)\cos(\omega_c t + \varphi_0),$$

где $x(t), y(t)$ – биполярные дискретные величины.

В качестве обобщенной математической модели рассмотрим общий случай работы РМС (рис. 3), в которой одновременно присутствуют отражения от нескольких следов метеоров разной плотности, и, соответственно, образуются несколько трасс $r_j (j = \overline{1, k})$.

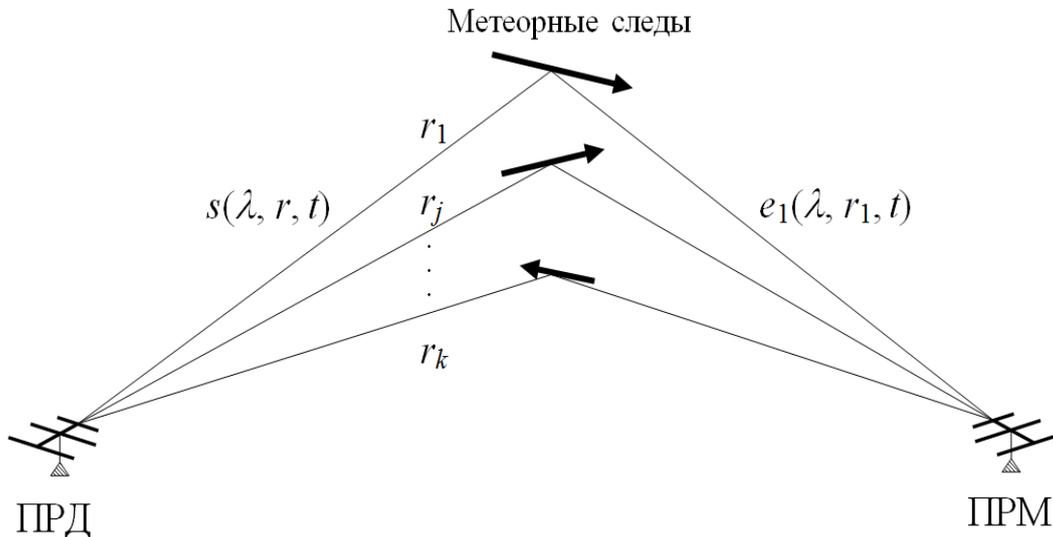


Рис. 3. Схема РМС:
ПРД – пункт передачи; ПРМ – приемник

Процесс передачи сообщений в этом случае описывается системой операторных уравнений:

$$\begin{aligned} s(\lambda, t) &= A[\lambda, s(t)]; \\ s(\lambda, r, t) &= Bs(\lambda, t); \\ e_j(\lambda, r_j, t) &= C_j s(\lambda, r, t), \quad (j = \overline{1, k}); \\ e_\Sigma(\lambda, t) &= D_j \sum_{j=1}^k e_j(\lambda, r_j, t), \quad (j = \overline{1, k}); \\ \lambda &= Ee_\Sigma(\lambda, t). \end{aligned}$$

Структурно-функциональная схема тракта, представленная на рис. 4, содержит ПРД и ПРМ, где обозначено следующее: $A, A_i (i = \overline{1, N})$ – устройства преобразования сообщений в каналах, несущих полезную информацию; B – диаграмма направленности (ДН) передающей антенны; $C_j (j = \overline{1, k}), C_j$ – физическая среда (метеорный след, обеспечивающий отражение сигналов на УКВ в различных направлениях); $D_j (j = \overline{1, k})$ – один из лепестков ДН приемной антенны УКВ; E – приемник, содержащий узкополосную фильтрующую цепь, демодулятор и низкочастотное фильтрующее звено.

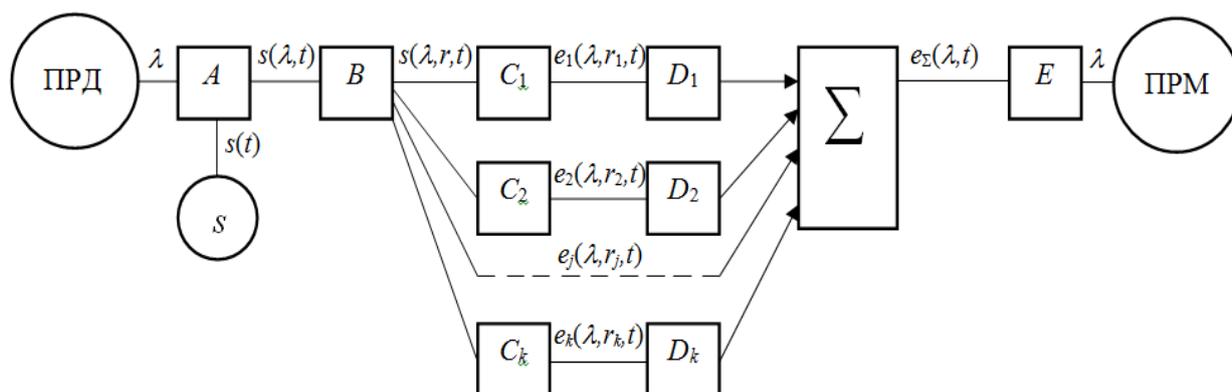


Рис. 4. Структурно-функциональная схема канала РМС с использованием приемной ААР:

λ – передаваемое сообщение в основном канале; $s(t)$ – переносчик полезной информации;
 A, B, C, D, E – операторы, описывающие преобразования сигналов в соответствующих звеньях системы

В ААР осуществляется весовая обработка сигналов во всех каналах без исключения [8]. Весь процесс сводится к суммированию сигналов x_i , получаемых с N выходов различных элементов ААР, с учетом весовых коэффициентов w_i :

$$y = \sum_{i=1}^N w_i x_i .$$

Во многолучевых ААР [8] каждому сигналу, соответствующему отдельному лучу ДН, присваивается вес. При этом амплитудная ДН многолучевой ААР определяется следующим выражением:

$$F(u) = \sum_{k=1}^M w_k F_k ,$$

где w_k – весовой коэффициент в канале адаптации k -го луча; $F_k(u)$ – ДН, соответствующая k лучу.

В целом ААР способны решать такие задачи, как:

- определять направления поступления сигналов от каждого k источника и их количество;
- выделять полезный сигнал от помехи;
- формировать узкие ДН в направлении полезных источников сообщений и нулевые уровни боковых лепестков в направлении источников помех;
- производить формирование пространственно-временной области.

Обобщение представленного материала позволяет утверждать, что возможность применения РМС в ИТИ Арктического региона позволит обеспечить статистически устойчивую связь в системе мониторинга МЧС России между удаленными объектами, расположенными в труднодоступных районах Арктики. Проведенные исследования процесса функционирования РМС показали, что повышение коэффициента использования линии K_{Π} с целью увеличения пропускной способности РМС в условиях случайного характера появления метеоров, способных оставлять следы своего сгорания в верхних слоях ионосферы для обеспечения условий образования кратковременного энергетического контакта между корреспондентами, может быть достигнуто путем использования на приемной стороне ААР УКВ диапазона.

Литература

1. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года. М.: Маркетинг, 2013.
2. Песков Р.И. Основные используемые в МЧС России информационные системы // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2017. № 2 (72). С. 1–10.
3. Дорошенко В.И., Ксенофонтов Ю.Г. Применение метеорной связи в системах обеспечения безопасности объектов инфраструктуры Северного морского пути // Вопросы оборонной техники. Технические средства противодействия терроризму. Сер. 16. 2019. № 1–2 (127–128). С. 3–11.
4. Долуханов М.П. Распространение радиоволн: учеб. для вузов. М.: Связь, 1972. 336 с.
5. Метеоры сегодня: учеб. пособие / Б.Л. Кашеев [и др.]. Киев: Техника, 1996. 196 с.
6. Системы связи и радиорелейные линии: учеб. для электротехнических институтов связи / Н.И. Калашников [и др.] / под ред. Н.И. Калашникова. М.: Изд-во «Связь», 1977. 392 с.
7. Антипов И.Е. Повышение пропускной способности метеорного радиоканала путем применения переменной скорости передачи данных // Радиотехника. 2004. № 137. С. 130–134.
8. Адаптивные антенные решетки: учеб. пособие: в 2-х ч. / В.А. Григорьев [и др.] / под общ. ред. В.А. Григорьева. СПб: Университет ИТМО, 2016. Ч. 2. 118 с.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГОРЕНИЯ ПОРИСТЫХ И ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ И ЗАХОРОНЕНИИ НА ПОЛИГОНАХ

Л.А. Королева, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.Г. Хайдаров, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).

Г.К. Ивахнюк, доктор технических наук, профессор.

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

Рассмотрены условия самопроизвольного и вынужденного распространения горения. Предложено дополнить «пожарный треугольник» эксергетической составляющей. Рассчитана эксергия для самовозгорающихся пористых и дисперсных полимерных материалов и изделий. Найдены зависимости эксергии от энергии активации, критической температуры окружающей среды, теплоемкости. Установлена связь эксергии и влажности. Показано, что ведение эксергии в оценку самовозгорания веществ и материалов позволяет характеризовать теплофизические условия возникновения горения, уточнять класс опасности железнодорожных грузов.

Ключевые слова: возгорание, самовозгорание, пористые и дисперсные материалы и изделия, эксергия, энергия активации, самонагревание, температура тления, температура самовоспламенения, теплоемкость, влажность, теплофизические условия возникновения горения, железнодорожный транспорт

THERMOPHYSICAL CONDITIONS OF OCCURRENCE OF BURNING OF POROUS AND DISPERSED MATERIALS, PRODUCTS DURING CARRIAGE BY RAIL AND DISPOSAL AT LANDFILLS

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

A.G. Haydarov. Saint-Petersburg state institute of technology (technical university).

G.K. Ivakhnyuk. Saint-Petersburg institute (engineering and technical) of Military academy of logistics named after general of army A.V. Khrulev

The conditions of spontaneous and forced propagation of combustion are considered. «Fire Triangle» is proposed to complement the exergy component. Exergy for spontaneously combustible porous and dispersed polymeric materials and products are calculated. Dependences of exergy on energy of activation, critical ambient temperature, heat capacity are found. The connection between exergy and humidity is established. It is shown that the introduction of exergy in the assessment of spontaneous combustion of substances and materials allows us to characterize the thermophysical conditions occurrence of combustion to specify the hazard class of railway cargo.

Keywords: combustion, spontaneous combustion, disperse and porous materials, exergy, energy of activation, self-heating, smoulder temperature, spontaneously combustible temperature, heat capacity, humidity, thermophysical conditions occurrence of combustion, railway transport

Основным условием возникновения процесса горения является совокупность элементов пожара: источник зажигания, окислитель и горючее вещество. В большинстве случаев воздуха достаточно для начала пожара, поэтому система предупреждения пожаров опирается, в основном, на два понятия – горючее и источник зажигания.

Различают два режима возникновения горения: «самопроизвольное возникновение горения» (самовозгорание, самовоспламенение) и «вынужденное зажигание» (зажигание) [1].

Самопроизвольное возникновение горения внутри скопления дисперсного или пористого материала или жидкости, пропитывающей пористый материал, называется самовозгоранием. Рассматриваемый процесс заканчивается тлением (беспламенным горением) или проходит через стадию тления. При самовоспламенении возникает пламенное горение в паро- и газообразной среде, без стадии тления [1].

В работе [1] указывается основное отличие самовоспламенения от самовозгорания: при самовоспламенении температурные зависимости скорости тепловыделения характеризуются большими значениями энергии активации (100–200 кДж/моль).

Отличия самовозгорания от возгорания представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Отличия процессов возгорания и самовозгорания**

Характеристический признак	Возгорание	Самовозгорание
Первоначальный очаг горения	Вблизи высокотемпературного источника теплоты, воздействующего на горючую среду	Внутри самонагревающейся горючей массы вследствие ее саморазогрева
Определяющий фактор	Величина теплового импульса	Условия концентрации тепла
Температура	Температура источника зажигания выше температуры самовозгорания материала	Температура источника зажигания ниже температуры самовозгорания материала, но больше температуры самонагревания материала
Величина периода индукции	Секунды, минуты	Дни, часы, месяцы
Распределение температуры по толщине материала	Более высокие температуры создаются на периферии материала, тепло распространяется вглубь его массы	Более высокие температуры создаются в глубине материала, тепло распространяется к периферии

Самопроизвольный разогрев горючей твердой среды достаточно часто является причиной пожаров при переработке, транспортировании, хранении и захоронении веществ и материалов. Например, анализ пожаров на грузовом железнодорожном подвижном составе за 2013–2018 гг. показывает, что одной из наиболее вероятных причин пожаров является самовозгорание грузов (около 30 % от общего количества пожаров). Пожары от самовозгорания нередко происходят на мусорных полигонах. Это определяет научный и практический интерес к процессам самовозгорания при обеспечении пожарной безопасности при перевозке грузов на железнодорожном транспорте и захоронении твердых коммунальных отходов (ТКО).

Киселевым Я.С. [1] показано, что наличие горючей среды и источника зажигания является необходимым, но не достаточным условием возникновения горения. Процессы возникновения и распространения горения определяются не только химическими свойствами горючих веществ, но и их физическим состоянием – горение возникает и распространяется при определенных физических условиях. Понятие «источника зажигания» как инициатора горения является недостаточным. Для характеристики его зажигающей способности необходим учет физических условий возникновения и развития горения. Так, Я.С. Киселев предлагает дополнить «пожарный треугольник» (горючее вещество, окислитель, источник зажигания) понятием – теплофизические условия возникновения горения (ТФУ), которое для профилактики пожаров является «более важным, чем инициатора горения» [1].

Развивая данную теорию, авторы работы [2] предлагают включить в «пожарный треугольник» еще одну составляющую – эксергетическую, что представлено на рис. 1. Это подтверждается наличием зависимостей между химической эксергией и показателями пожаровзрывоопасности веществ, обращающихся на железнодорожном транспорте [2].



Рис. 1. Место эксергии в «пожарном треугольнике»

Авторами предпринята попытка определить эксергетические условия теплового самовозгорания пористых и дисперсных полимерных материалов и изделий при их перевозке на железнодорожном транспорте и захоронении на полигонах ТКО. В качестве модельных объектов были выбраны термореактивные материалы (при повышении температуры термопласты плавятся и не способны к самовозгоранию) и исследовано самовозгорание травяной, крилевой, рыбной, шламовой, ржаной, кормовой муки, дрожжей, древесных опилок, хлопка, сена, торфа, древесно-волоконистых плит (ДВП), гетинакса.

Для расчета температуры самонагревания использовали модель Я.С. Киселева, которая отличается от модели Д.А. Франк-Каменецкого [3] тем, что теплоотвод от наиболее нагретого элемента к окружающей среде полагается линейным. Для учета неоднородности температурного поля скопления самонагревающегося материала Я.С. Киселевым введен критерий неравномерности нагрева, отсутствующий в модели Н.Н. Семенова [4].

Прогноз самовозгорания осуществляется по следующей методике.

$$\frac{E}{RT_B^2} \times C \times \exp\left(-\frac{E}{RT_B^2}\right) = P_0,$$

где E – энергия активации, Дж/моль; C – предэкспоненциальный множитель адиабатической скорости самонагрева, К/с; $R=8,314$ Дж/(моль*К) – универсальная константа, значение равно произведению константы Больцмана на число Авогадро; T_c – критическая температура вещества, К; P_0 – темп охлаждения, с⁻¹.

В критических условиях темп охлаждения равен темпу самонагрева.

Допуская линейность теплоотвода наиболее нагретого элемента самонагревающегося материала к окружающей среде:

$$T_0 = T_B - R \cdot T_B^2 / E,$$

где T_0 – критическая температура окружающей среды, при которой возможно самонагревание.

Получим для неподвижного скопления материала:

$$P_0 = \frac{\psi \cdot \alpha \cdot F}{p \cdot V \cdot C_p},$$

где ψ – критерий неравномерности нагрева; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²*К); C_p – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг*К); p – насыпная плотность, кг/м³; F – площадь внешней поверхности скопления, контактирующей с окружающей средой, м²; V – объем скопления, м³.

$$\psi = \frac{n \cdot \lambda}{\alpha \cdot R_x + n \cdot \lambda},$$

где n – относительный температурный градиент для плоскости, неограниченного цилиндра, сферы, куба, конечного цилиндра равен соответственно 2,38; 2,71; 3,01, 2,29, 2,50 [1]; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К); R_x – определяющий размер скопления.

Так как энергия активации и предэкспоненциальный множитель не являются константами, они связаны между собой изопараметрическим компенсационным уравнением:

$$E = E' + R \cdot T_c (\ln C - \ln C'),$$

где T_c – температура компенсации, К; E' – изокINETическая энергия активации, равная 22 000 Дж/моль; C' – изокINETический предэкспонент, равный 10 К/с.

Выражая предэкспоненциальный множитель, получим:

$$C = \exp(\ln C' + \frac{E/R - E'/R}{T_c}).$$

Расчеты физической эксергии e_ϕ осуществляли по формуле [5] при равенстве давлений внутри скопления вещества и в окружающей среде:

$$e_\phi = C_p [(T - T_0) - T_0 \ln \left(\frac{T}{T_0} \right)],$$

где T – температура нагрева вещества, К.

Необходимые исходные данные (энергию активации, температуру компенсации, насыпную плотность, температуру тления и т.д.) определяли по [1, 7–9].

В расчетах принимали $R_x = 1,35$ м (половина борта грузового железнодорожного вагона). Пример исходных данных и результатов расчета приведен в табл. 2.

Таблица 2. Примеры исходных данных и результатов расчета для параметров эксергетических условий самовозгорания

№ п/п	Наименование вещества	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	Насыпная плотность, кг/м ³	Коэф. теплопроводности, Вт/(м·К)	Коэф. теплоотдачи, Вт/(м ² ·К)	Энергия активации, кДж/моль	Температура компенсации, Тс, К	Т _{тл} , К	Т _{св} , К	Т _о , К	ε _ф , кДж/кг	
											При Т = Т _{тл}	При Т = Т _{св}
1	Хлопок	1 505	80,0	0,14	11,0	128,95	476	478	680	369	20,51	129,04
2	Торф	2 000	170	0,046	8,0	81,00	459	460	678	352	24,50	182,75
3	ДВП	1 400	270	0,05	10,4	100,97	514	–	633	331	–	122,35
4	Опилки дубовые	1 830	160	0,09	10,0	89,64	514	502	613	343	51,90	129,64

Эти параметры стали основой при построении зависимостей эксергии от энергии активации при Т=Т_{тл} (рис. 1) и Т=Т_{св} (рис. 2).

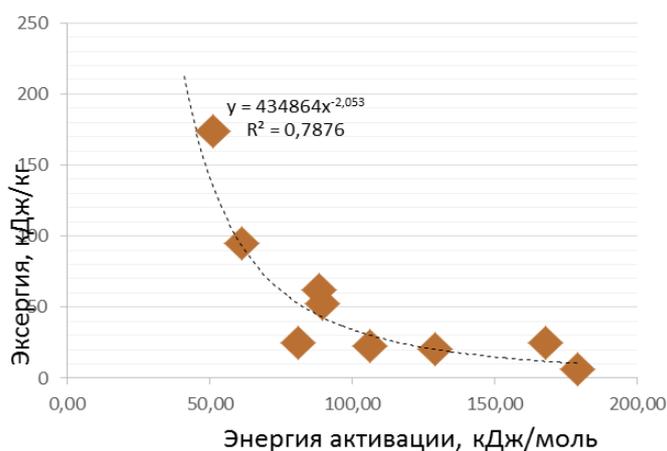


Рис. 1. Зависимость эксергии от энергии активации при Т=Т_{тл}

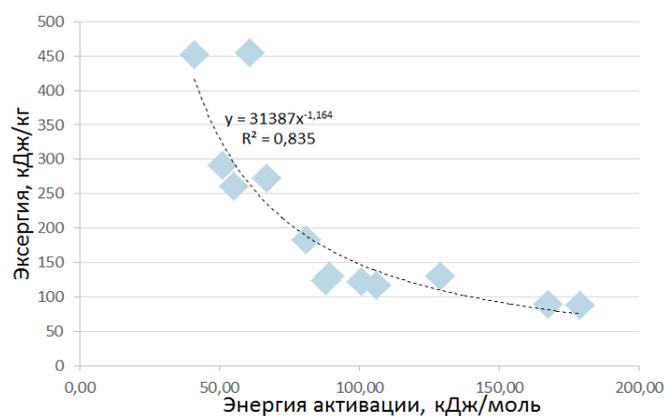


Рис. 2. Зависимость эксергии от энергии активации при Т=Т_{св}

Зависимости эксергии самовозгорающихся пористых и дисперсных материалов и изделий от энергии активации при $T=T_{\text{тл}}$ и $T=T_{\text{св}}$ описываются степенными функциями. Как следует из графиков (рис. 1, 2), с уменьшением энергии активации физическая эксергия увеличивается.

Зависимость эксергии от критической температуры окружающей среды T_0 (рис. 3, 4) указывает, что снижение критической температуры окружающей среды, при которой возможно самовозгорание материала, сопровождается увеличением его физической эксергии.

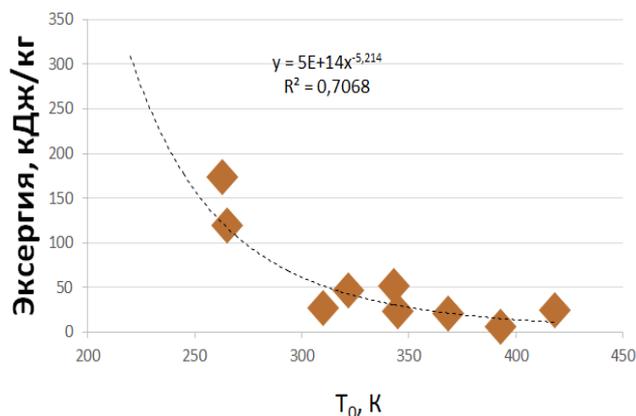


Рис. 3. Зависимость эксергии от критической температуры окружающей среды при $T=T_{\text{тл}}$

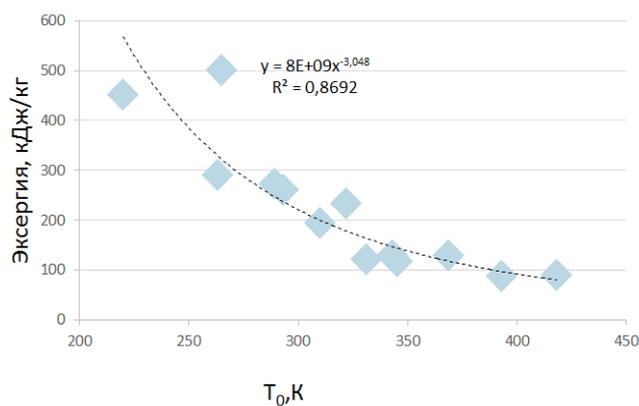


Рис. 4. Зависимость эксергии от критической температуры окружающей среды при $T=T_{\text{св}}$

Зависимости физической эксергии пористых и дисперсных полимерных материалов и изделий, способных к самовозгоранию, от теплоемкости (рис. 5) свидетельствуют о том, что с увеличением теплоемкости материала физическая эксергия возрастает.

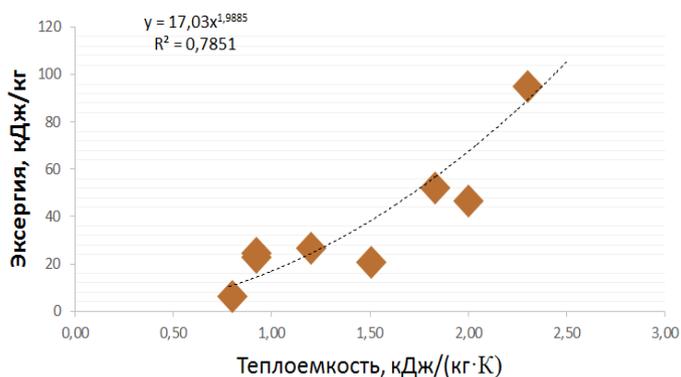


Рис. 5. Зависимость эксергии от теплоемкости при $T=T_{\text{тл}}$

Если принять T постоянной величиной, например $T=600$ °С, то получаем линейную зависимость эксергии от теплоемкости материала (рис. 6).

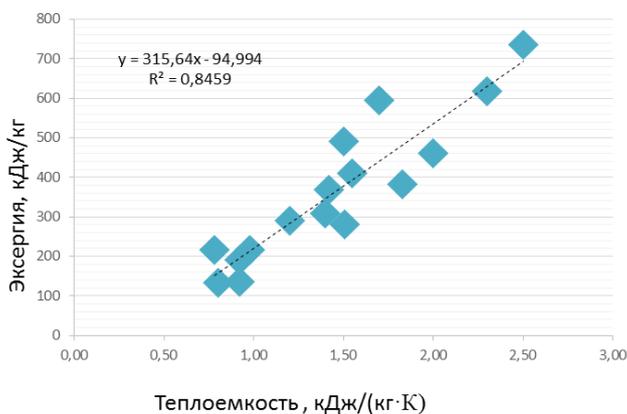


Рис. 6. Зависимость эксергии от теплоемкости при $T=600$ °С

Еще одним физическим параметром, который оказывает влияние на возможность теплового самовозгорания, является влажность горючего материала. Теплопроводность влажного вещества, материала, изделия, не реагирующего с водой, будет зависеть от теплопроводности воды, для которой при 20 °С $\lambda=0,587$ Вт/ (м·К). Для сравнения воздух при тех же условиях имеет коэффициент теплопроводности $\lambda=0,0252$ Вт/ (м·К). Поэтому повышение влажности способствует возрастанию теплопроводности материала и росту темпа охлаждения. Уменьшение склонности к самовозгоранию может быть связано с комкованием порошков в процессе их увлажнения, снижающее их удельную поверхность и количество активных центров реакции окисления. Эти процессы приводят к уменьшению физической эксергии веществ и материалов.

Однако при самовозгорании, например, углеродных материалов, их способность адсорбировать пары воды из воздуха на начальной стадии процесса приводит к выделению тепла. При поглощении из воздуха 0,01 г воды выделяется 22,6 Дж тепла, что способствует подъему температуры до 65–70 °С [8]. При такой температуре реакция окисления угля становится основным источником тепловыделения.

При микробиологических причинах самовозгорания, к которому склонны главным образом продукты растительного происхождения, насыщение влагой может способствовать активизации жизнедеятельности бактерий, что также ведет как к ускорению тепловыделения, так и к возрастанию температуры, и, как следствие, росту эксергии. Например, при влажности сена 14 % жизнедеятельность бактерий замедлена, при 17 % она увеличивается в 40 раз, при 20,4 % – в 250 раз [10].

Таким образом, найденные закономерности позволяют использовать эксергию для прогностической оценки способности пористых и дисперсных грузов к самовозгоранию и уточнения класса опасности грузов [11]. Введение эксергетического показателя даст возможность связать физические свойства обращающихся материалов и изделий, отходов на полигонах ТКО с показателями, характеризующими их склонность к самовозгоранию.

Литература

1. Киселев Я.С., Хорошилов О.А., Демехин Ф.Н. Физические модели горения в системе пожарной безопасности: монография / под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: СПб ун-т ГПС МЧС России. 2009. 339 с.
2. Эксергетический подход к оценке энергоэкологической эффективности и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте / Л.А. Королева [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 7–8. С. 43–52.

3. Франк-Каменецкий Д.А. Распределение температур в реакционном сосуде и стационарная теория теплового взрыва // Физ. химия. 1939. Т. 13. № 6. С. 738–755.
4. Семенов Н.Н. Теория горения и взрыва // Успехи физических наук. 1940. Вып. 3. Т. 23. С. 251–292.
5. Gundersen T. The concept of exergy and energy quality. Norway: Department of energy and process engineering norwegian university of science and technology trondheim, 2009. 25 p.
6. Методика определения теплового самовозгорания веществ и материалов. М.: ВНИИПО, 2004. 67 с.
7. Методика обеспечения пожарной безопасности складирования самовозгорающихся материалов. М.: ВНИИПО, 2008. 46 с.
8. Горшков В.И. Самовозгорание веществ и материалов. М.: ВНИИПО, 2003. 446 с.
9. 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.: Пожнаука, 2004. Ч. 1. 713 с.; Ч. II. 774 с.
10. ГОСТ 19433–88. Грузы опасные. Классификация и маркировка. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. 47 с.
11. Таубкин И.С. Микробиологическое самовозгорание как причина пожаров: методические рекомендации для следователей и экспертов // Теория и практика судебной экспертизы. 2016. № 4 (44). С. 73–85.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ГОРЕНИЯ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ

В.А. Монахов;

М.А. Симонова, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности и проведен анализ условий возникновения горения в резервуарах, определены критерии и связи образования горючих концентраций. Обоснованы основные причины пожаров и взрывов в резервуарах. Представлен новый способ обеспечения пожарной безопасности, сверхраннего обнаружения пожара по принципу мониторинга температурных полей непосредственно в резервуаре с жидкостью.

Ключевые слова: опасные производственные объекты, пожарная безопасность, система пожарной сигнализации, концентрация горючих паров, температурные поля

ANALYSIS OF CHANGES IN THE TEMPERATURE FIELDS AT THE OCCURRENCE OF COMBUSTION IN TANK FARMS

V.A. Monakhov; M.A. Simonova.

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

Describes the characteristics and the analysis of conditions of occurrence of burning in the tanks, the criteria and the Association of the formation of flammable concentrations. The main causes of fires and explosions in the tanks. The new method of fire safety, early fire detection, on the basis of monitoring of temperature fields directly in the fluid reservoir.

Keywords: hazardous production facilities, fire safety, fire alarm system, concentration of combustible vapors, temperature field

Предприятие (организация), на котором эксплуатируются опасные производственные объекты (ОПО) (нефтебазы или склады нефтепродуктов), обязано соблюдать требования Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», других общегосударственных законов и иных нормативно-правовых актов Российской Федерации, в том числе в области промышленной безопасности [1].

Для обеспечения пожарной безопасности на таких объектах согласно ст. 5 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» создается система защиты, включающая комплекс организационно-технических, нормативных и аппаратно-программных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является обеспечение уровней предупреждения и защиты от пожара людей и имущества [2].

Согласно разделу 2.6 постановления Госгортехнадзора Рос. Федерации от 20 мая 2003 г. № 33 «Об утверждении правил промышленной безопасности нефтебаз и складов нефтепродуктов» (зарег. в Минюсте Рос. Федерации 9 июня 2003 г. № 4666) обозначены требования по оснащению стальных вертикальных резервуаров для обращения углеводородных топлив аппаратно-техническими средствами, наличие которых является основой обеспечения пожарной безопасности.

Конструкция резервуара, внедряемых в него устройств и приборов, а также их месторасположение четко регламентированы утвержденным проектом, в котором отражается ответственность за обеспечение безопасной эксплуатации при наполнении, опорожнении и хранении топлива, выполнении регламентных работ и процедур.

Пожары на объектах нефтегазового комплекса характеризуются интенсивным развитием, так как в своих пределах сосредотачивают высокую пожарную нагрузку в виде наличия значительных концентраций горючих паров и количества нефтепродуктов.

Также стоит упомянуть, что аварии на подобных промышленных территориях могут привести к химическим и термотравмам у людей, пагубно повлиять на экологическую обстановку посредством распространения на значительные площади и попадания в окружающую среду опасных продуктов горения, непосредственно самих нефтепродуктов и огнетушащих веществ, материалов.

Достоверно известно, что для возникновения пожара необходима горючая среда и создание теплехимических условий возникновения горения.

В целях проведения анализа условий возникновения горения в резервуарных парках в научно-исследовательской среде проведено многочисленное количество разборов аварий. Достоверно выявлено, что выполнение технологических операций наполнения и опорожнения резервуара с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) считается серьезным риском возникновения пожара и взрыва (по причине возможного наличия достаточного количества пирофорных отложений, их взаимной химической реакции с кислородом); так же существует вероятность возникновения аварии в резервуарах на стадии проведения ремонтных и регламентных работ.

Действительно, причинами пожаров и взрывов в резервуарах являются: высокая вероятность наличия горючих концентраций паров в его свободном пространстве и характерные следующие теплехимические условия возникновения горения: искры, разряды статического электричества, грозовые разряды, открытый огонь, самовозгорание, самовоспламенение и пирофорные отложения [3, 4].

Формирование горючей среды происходит при выполнении условия в соответствии с ГОСТ 12.1.044–89:

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_e,$$

где φ_p – рабочая (действительная) концентрация паров жидкости в резервуаре, кг/м³ или 0 % об.; φ_n, φ_e – соответственно нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, кг/м³ или 0 % об. (справочные данные) [3].

Распределение объема паров в паровоздушном пространстве происходит неравномерно. Концентрация насыщенных паров наблюдается над поверхностью жидкости, тогда как у крыши она минимальна. В настоящее время считают, если температура жидкости выше верхнего температурного предела распространения пламени, то паровоздушная среда является негорючей. Справедливость данного суждения оправдывается только тогда, когда концентрация паров у крыши резервуара равна концентрации насыщения. Такое состояние горючей паровоздушной среды наступает через длительное время и практически не достигает насыщения. Вследствие этого, оценка горючести среды по температурным пределам распространения пламени без учета кинетики насыщения свободного пространства аппарата является недостаточной.

Проведя математическое моделирование состояния горючести паровоздушной среды с учетом кинетики насыщения свободного пространства, вызванного испарением дизельного топлива, бензина и керосина (основные свойства веществ приведены в табл. 1), хранящихся в РВС-10000 (параметры резервуара приведены в табл. 2) при заданных условиях, по методике расчета [5, 6], получаем зависимость концентрации паров от времени, отображаемую на графиках (рис. 1–6).

Таблица 1. Основные данные о пожароопасных свойствах веществ

Смеси (ГОСТ, ТУ, состав в % мас.)	Химическая формула	Молярная масса, кг·кмоль ⁻¹	Температура вспышки, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант уравнения Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об.)	Характеристика вещества	Низшая теплота сгорания, кДж·кг ⁻¹
				A	B	C _A				
Дизельное топливо «З» (ГОСТ 305–82)	C _{12,343} H _{23,889}	172,3	48	5,07818	1255,73	199,523	40...210	0,61	ЛВЖ	43 590
Бензин АИ-93 (зимний) (ГОСТ 2084–67)	C _{6,911} H _{12,168}	95,3	-37	4,26511	695,019	223,220	-60...90	1,1	ЛВЖ	43 641
Керосин осветительный КО-20 (ГОСТ 4753–68)	C _{13,595} H _{26,860}	191,7	55	4,82177	1211,73	194,677	40...240	0,55	ЛВЖ	43 692

Из веществ, относящихся к ЛВЖ, наиболее пожароопасным является бензин, так как при нормальных условиях возможно образование горючих смесей исходя из температуры вспышки.

Таблица 2. Размерные характеристики резервуаров типа РВС

Тип резервуара	Высота резервуара, м	Диаметр резервуара, м	Площадь зеркала горючего, м ²	Периметр резервуара, м
РВС-10000	12	34	918	107

Существует проблема быстрой фиксации очагов тепловыделения и подавления их на стадии индукционного периода.

Общая формула для вычисления концентрации паров в любой момент времени выглядит следующим образом:

$$\varphi_{Z_i, \tau_i} = \varphi_S \left\{ \left[\left(\frac{Z}{h_n} \right)^n - 1 \right] \cdot e^{\frac{n \cdot D_i \cdot F \cdot \tau_i}{V \cdot H}} + 1 \right\}.$$

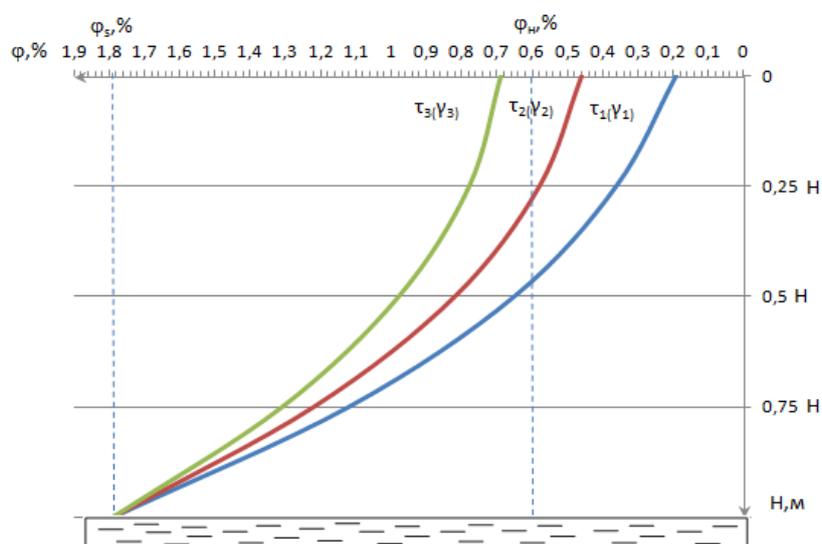


Рис. 1. График изменения концентрации паров для каждой высоты свободного объема резервуара с дизельным топливом при $t=61^{\circ}\text{C}$

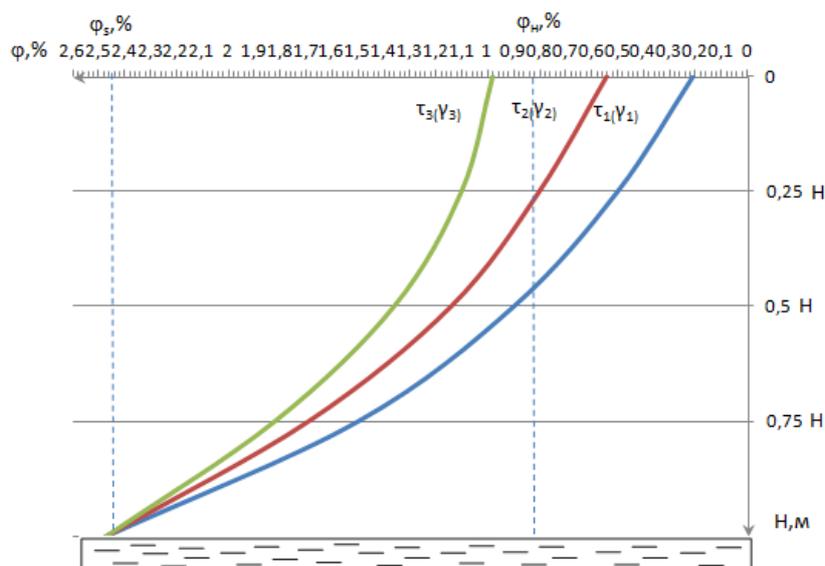


Рис. 2. График изменения концентрации паров для каждой высоты свободного объема резервуара с дизельным топливом при $t=69^{\circ}\text{C}$

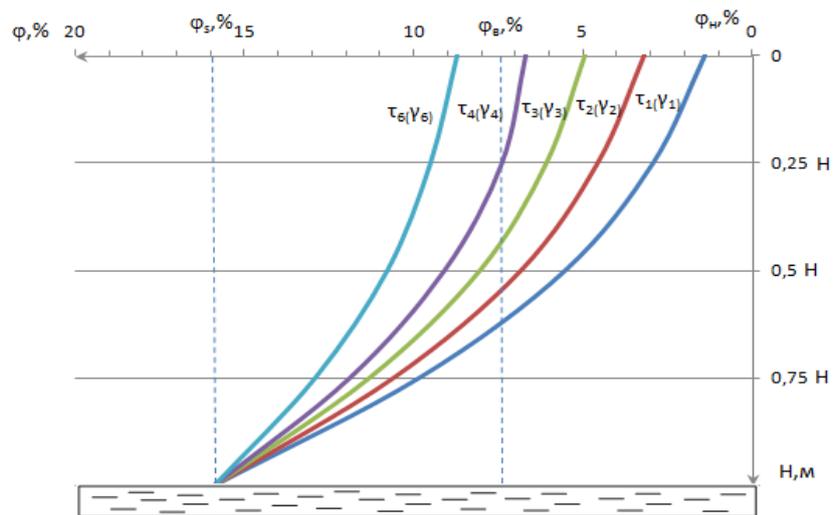


Рис. 3. График изменения концентрации паров для каждой высоты свободного объема резервуара с бензином при $t=4\text{ }^{\circ}\text{C}$

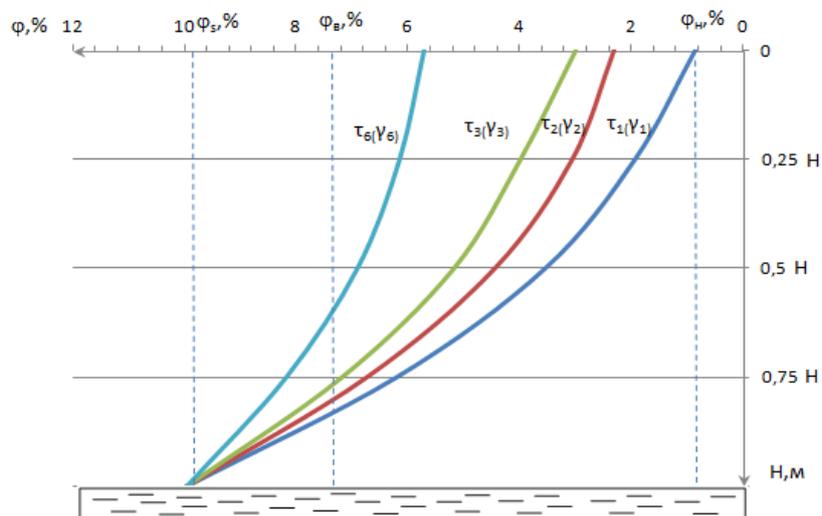


Рис. 4. График изменения концентрации паров для каждой высоты свободного объема резервуара с бензином при $t=-10\text{ }^{\circ}\text{C}$

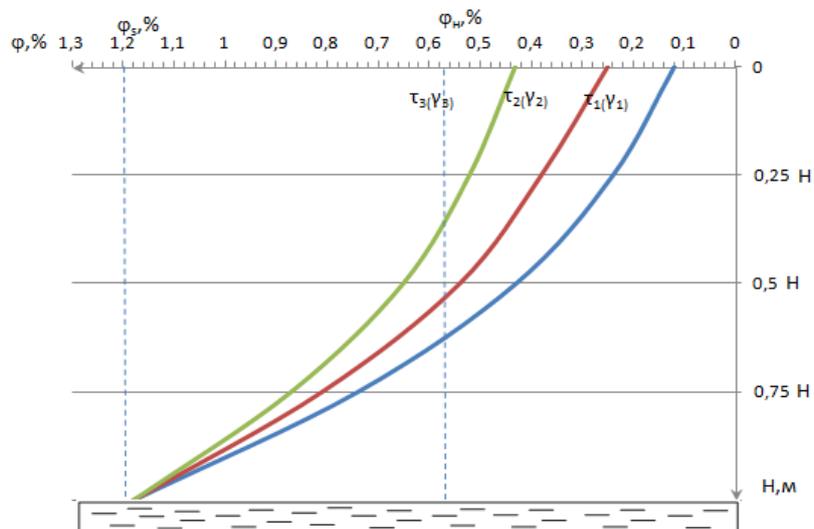


Рис. 5. График изменения концентрации паров для каждой высоты свободного объема резервуара с керосином при $t=61\text{ }^{\circ}\text{C}$

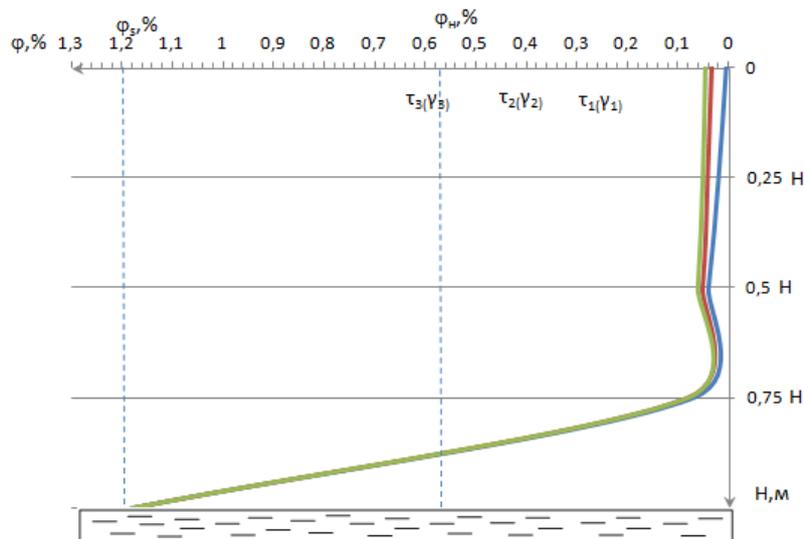


Рис. 6. График изменения концентрации паров для каждой высоты свободного объема резервуара с керосином при $t=15\text{ }^{\circ}\text{C}$

При значениях температуры более низких, чем нижний температурный предел, взрыва не произойдет, так как давление паров ЛВЖ недостаточное, а при более высокой температуре, чем верхний температурный предел, в закрытой емкости будет недостаточное относительное содержание кислорода.

Полученные результаты исследования расчетов по изменению концентрации паров в зависимости от времени протекания реакции и температуры жидкости, наглядно отображенных на графиках, позволяют сделать вывод: как видно, в неустановившемся режиме эксплуатации резервуара (процесс накопления паров до насыщенных концентраций может быть до нескольких суток) резервуар находится в пожароопасном состоянии.

Для воспламенения горючей смеси необходимо сообщить ей минимальную энергию зажигания.

Электрический разряд, обладающий энергией, способной воспламенить наиболее подверженный к взаимной реакции объем газа, пара или пыли с воздухом, называется минимальной энергией зажигания.

Минимальная энергия зажигания паров W вычисляется по методике расчетов [7], общая формула представлена в виде:

$$W=K_w \cdot 10^{-7} \cdot ((9.4 \cdot M/\beta)(t_{cv}-20)+(-23+0.97 \cdot t_{cv}-4.5 \cdot 10^{-4} \cdot t_{cv}^2)) \cdot I_k,$$

где W – минимальная энергия зажигания, мДж; K_w – молекулярная масса горючего вещества; t_{cv} – температура самовоспламенения вещества, $^{\circ}\text{C}$; I_k – величина критического зазора, мм. При отсутствии экспериментальных сведений о величине I_k допускается полагать $I_k=3,5$ мм.

W для исследуемых жидкостей будет равна:

$$W_{\text{дт}}=11,53 \text{ (мДж)};$$

$$W_{\text{бензин}}=8,66 \text{ (мДж)};$$

$$W_{\text{керосин}}=13,75 \text{ (мДж)}.$$

При нахождении концентрации паров горючей смеси в состоянии, способном к самовоспламенению при минимальной энергии зажигания, происходит зажигание горючей смеси.

Если для иллюстрации самовоспламенения воспользоваться диаграммой Н.Н. Семенова (рис. 7), то можно констатировать, что с увеличением критической температуры окружающей среды T_o критическая температура T_c также возрастает, пока критическая температура T_c не достигнет температуры горения T_2 . Критическая температура окружающей среды T_o в этом случае станет равной температуре зажигания T_3 .

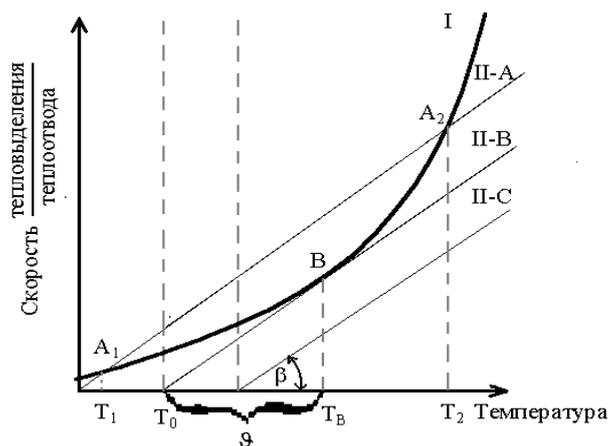


Рис. 7. График предельных условий теплового самовоспламенения и взрыва (диаграмма Н.Н. Семенова)

Спровоцированное зажигание – есть критическая проекция «самопроизвольного». Предельная температура окружающей среды T_0 в этом случае становится температурой зажигания T_z , а предельная температура самовоспламенения T_e – температурой горения T_2 . Предвзрывного разогрева ΔT_e в этом случае не существует, так как горючая среда сразу разогревается до температуры горения и критический разогрев ΔT_e становится равным критическому разогреву, называемому характерным температурному интервалу при горении ΔT_2 .

Полагая, что воспламенение ЛВЖ и горючих жидкостей – теплхимический быстропротекающий процесс, то его можно назвать адиабатическим.

При адиабатическом горении весь запас химической энергии горючего объема переходит в тепловую энергию продуктов реакции, нагреваемых до определенной температуры.

Для поддержания процесса горения энергии теплового поля должно быть достаточно для начала процесса воспламенения.

Количество энергии, которое следует сообщить системе, способное запустить реакцию горения, называется энергией активации (Ea).

Согласно модели Я.С. Киселева теплоотвод при стационарном температурном поле от наиболее нагретого элемента принимается линейным относительно разности температур этого элемента и статированной окружающей среды (рис. 8) [8, 9].

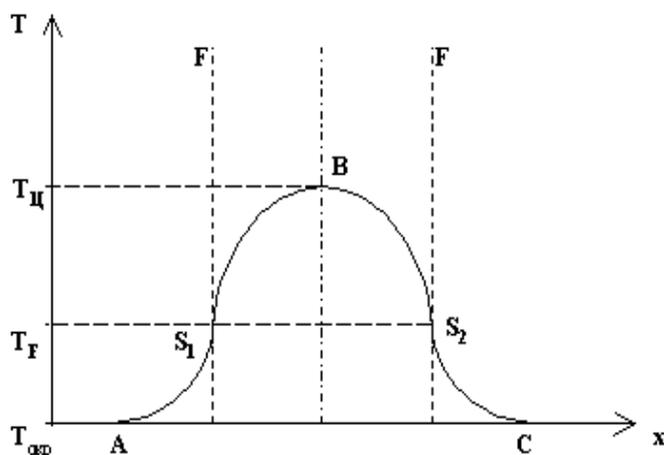


Рис. 8. Профиль стационарного температурного поля тела с внутренними источниками тепловыделения в модели Я.С. Киселева

Рассматриваемая модель в тождестве с моделью Я.С. Киселева имеет непостоянную температуру в объеме самонагревающейся массы. Ее отображение происходит, как это было показано выше, по параболическому закону, наивысшее значение которого в теплофизическом центре и минимальное – на поверхности.

Следовательно, вероятность возникновения пожара горючих жидкостей можно определить как значения температурного показателя быстропротекающего процесса нагрева горючего объема.

Таким образом, обнаружение начальных значений теплового самовоспламенения ЛВЖ в рассматриваемой емкости обеспечивает возможность контроля пожарной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли.

Проанализировав технические характеристики современных образцов средств обнаружения пожара, следует отметить то, что они, несомненно, обладая своими достоинствами и недостатками, фиксируют опасные факторы пожара уже после того, как началось его развитие (показатели температурного поля до взрывоопасной концентрации паров жидкости не определяются) (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительная таблица средств обнаружения пожара в резервуаре

Тип средства	Назначение	Достоинства	Недостатки
Тепловые извещатели	Срабатывают при повышении температуры выше допустимой по принципу замыкания двух термореле	Минимальный уровень вероятности ложного срабатывания (ложной тревоги)	Не способен обнаружить пожар на его ранней стадии
Пожарные извещатели пламени	Обнаружение возгорания, сопровождающегося появлением открытого горения	Разработан для защиты объектов со сложными условиями эксплуатации при высоком уровне оптических и электромагнитных помех	Срабатывают на развившийся пожар
Газовые извещатели	Непрерывный автоматический контроль до взрывоопасных концентраций газов в воздухе	Максимальная высота установки 16 м	При горении жидких топлив уровни СО будут низкими

Действительно, непростой задачей в начальный момент воспламенения для средств автоматического пожаротушения будет выполнение этапов тушения пожара, таких как локализация и ликвидация, поскольку распространение горения по зеркалу ЛВЖ происходит с достаточно высокой скоростью.

В связи с этим действительно актуально просматривается задача разработки комплекса по фиксации пожара в момент зажигания горючих смесей – системы.

В термодинамике для расчета тепловых потоков обозначена модель абсолютно черного тела. Частота излучательной способности с зависимостью от температуры и частоты абсолютно черного тела определяется законом Планка:

$$I(\nu) = \frac{2 h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}.$$

Каждое тело с температурой выше абсолютного нуля ($-273,15^\circ\text{C}=0\text{ К}$) излучает со своей поверхности электромагнитное излучение, которое пропорционально его внутренней температуре. Частью так называемого внутреннего излучения является инфракрасное излучение, которое может использоваться для измерения температуры тела.

Детекторами теплового потока являются пироэлектрические устройства. В их состав входит ниом, который обладает высокой поглощающей и излучающей способностью.

Пироэлектрические датчики относятся к классу пассивных инфракрасных детекторов и не нуждаются во внешних сигналах возбуждения. Свойствами таких устройств являются: высокое быстродействие, отсутствие избирательности по спектру излучения. При изменении температуры происходит перемещение тепловых волн, формируется электрический заряд на поверхности кристалла, данный процесс называется пироэлектрическим эффектом.

Исходя из вышеизложенного, существует задача по определению и выбору спектрального диапазона регистрации теплового излучения для незамедлительной реакции на повышение температуры жидкости в резервуаре и дальнейшим противопожарным действиям.

В целях решения несомненно приоритетной задачи, характеризующейся актуальными потребностями системы МЧС России и общества и проецирующей один из более важных векторов обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтегазовой промышленности, необходима разработка принципиально нового типа системы сверххранного обнаружения пожара посредством мониторинга характеристик температурного поля в момент зажигания горючих смесей.

Литература

1. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. ГОСТ 12.1.044–89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (введ. 1 янв. 1991 г.). М.: Гос. комитет по стандартам, 1991. 156 с.
4. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (введ. 1 июля 1992 г.). М.: Гос. комитет по стандартам, 1992. 108 с.
5. Киселев Я.С. Распределение концентрации паров над поверхностью жидкости в закрытом технологическом аппарате // Оценка пожарной опасности некоторых видов технологического оборудования: сб. трудов. М.: ВИПТШ, 1989.
6. Паспорта изделий: ИП-535 «Спектрон», ГРВ-Exd, ИП 103-1В, ИПП-329/330.
7. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. М.: ВНИИПО, 2002.
8. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (введ. 1 июля 1992 г.). М.: Гос. комитет по стандартам, 1992.

ДЕГРАДАЦИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ В КОНТЕКСТЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации;**

Ю.В. Львова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены проблемы, связанные с таянием вечной мерзлоты в Арктическом регионе. Обсуждается рост рисков природных и техногенных катастроф, вызванный разрушением вечной мерзлоты, и предлагаемые специалистами меры противодействия.

Ключевые слова: Арктика, вечная мерзлота, экологическое равновесие, безопасное хозяйствование, меры сохранения мерзлоты

PERMAFROST DEGRADATION IN SECURITY CONTEXT LIVELIHOODS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

L.A. Konnova; Yu.V. Lvova.

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

The problems associated with the melting of permafrost in the Arctic region are considered. Discusses the growing risks of natural and man-made disasters caused by the destruction of permafrost and the proposed countermeasures by specialists

Keywords: Arctic, permafrost, ecological balance, safe management, measures to preserve permafrost

Около 20 % поверхности Земли занимает криолитозона – зона вечной мерзлоты, изучением которой занимается наука геокриология. Согласно данным этой науки возраст криолитозоны составляет 1,5 млн лет. По сути, вечная мерзлота представляет собой слой грунта, который сохраняет минусовую температуру и не оттаивает в теплое время года. Однако в последнее десятилетие в научной литературе используют другое название этого явления: многолетнемерзлые породы (ММП) [1]. Обусловлено это процессами таяния вечной мерзлоты в связи с потеплением климата. Сегодня эта проблема актуальна для всего мира, но особенно для России, поскольку ММП России занимают 11 млн км² полярных и приполярных районов, в которых активно развивается промышленность, добыча полезных ископаемых, поиск, разведка и добыча углеводородов. Процессы таяния ведут к деградации ММП, что представляет опасность и для природы, и для безопасности жизнедеятельности в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ), создавая риски для объектов инфраструктуры и транспортных магистралей.

Известно, что ММП поддерживают хрупкое экологическое равновесие в арктической тундре, сохраняя лесной фонд и полноводность рек. В условиях интенсивной добычи нефти и газа, бурного развития промышленности в АЗРФ и развития инфраструктуры проблема разрушения вечной мерзлоты приобретает особую значимость. Стратегией экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. разрушение вечной мерзлоты отнесено к опасным геокриологическим процессам, которые являются источниками чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера. На международных форумах, конференциях, в отечественной научной литературе широко обсуждаются проблемы негативного влияния таяния вечной мерзлоты на климат и социально-экономическое развитие Арктического региона. Деградация ММП негативно влияет не только на природу Арктики, но и на объекты капитального строительства. Особое значение это имеет для республики Саха (Якутия), территория которой почти целиком находится в зоне вечной мерзлоты, где толщина промерзшего слоя составляет от 30 см до 1 000 м и более. Самый толстый слой ММП обнаружен в верховьях р. Виллой, протекающей на территории Якутии, он составляет 1 370 м.

Под влиянием процессов глобального потепления промерзшие слои отступают к северу, и, как выяснилось, совсем не медленно [2]. Из-за регулярного роста среднегодовой температуры зона ММП в Арктике постепенно сокращается. При этом глобальное потепление, по мнению ученых, особенно негативно ощущается в холодных областях планеты, к которым и относится Якутия.

В последние годы число сообщений о случаях аварий и повреждений различных сооружений в зоне вечной мерзлоты постоянно растет. Только на поддержание трубопроводов, построенных по старым технологиям в конце XX в., и ликвидацию их деформации, вызванной разрушением вечной мерзлоты, уходит до 55 млрд руб. в год (рис. 1).



Рис. 1. Нефте- и газопроводы в зоне оттаивания ММП

В АЗРФ расположены города, численность населения которых составляет до 100 тыс. чел., и около 400 деревень и поселков, расположенных в арктической тундре. В зоне вечной мерзлоты создана мощная промышленная инфраструктура – нефтепроводы и газопроводы, горнопромышленные объекты, химические опасные и взрывопожароопасные объекты, важные элементы коммуникаций, железнодорожные дороги, аэродромы, морские и речные порты. Билибинская атомная электростанция (АЭС), например, является единственной в мире АЭС, расположенной в зоне вечной мерзлоты. Интенсивное оттаивание ММП, наблюдаемое в последнее время, несет риски для безопасности этих объектов. Уже в настоящее время в Западной Сибири отмечается оттаивание ММП до 4 см/год, что особенно опасно для зданий, сооружений и коммуникаций, построенных ранее без учета возможного потепления климата и оттаивания мерзлоты. Чем ниже температура, тем выше несущие способности оснований зданий. При повышении температуры замороженные фундаменты деформируются – уменьшается эксплуатационная надежность зданий и сооружений. Предполагается, что в случае увеличения среднегодовой температуры воздуха на два градуса несущая способность свайных фундаментов сократится на 50 %.

В настоящее время более трети существующей инфраструктуры АЗРФ расположены в районах, где риск таяния вечной мерзлоты особенно высок. Это 36 тыс. домов и 100 аэропортов и около 45 % российских арктических месторождений нефти и природного газа. В конце прошлого века значительно возросло число зданий, получивших повреждения из-за просадки фундаментов в зоне вечной мерзлоты, увеличилось на 42 % в г. Норильске, на 61 % в г. Якутске и на 90 % в п. Амдерме. Почти 60 % зданий подверглись деформации в городах Игарке, Вилюйске, п. Диксоне, 100 % – в национальных поселках Таймыра, около 40 % в г. Воркуте. 300 зданий из-за повреждений не подлежали восстановлению и были снесены в г. Норильске [3].

Оттаивание ММП несет опасность не только зданиям и сооружениям, но разрушает и транспортную систему. Деформируются и разрушаются транспортные магистрали, вертолетные площадки и полевые аэродромы, что затрудняет доставку в северные регионы необходимых для жизнеобеспечения товаров первой необходимости и препятствует своевременному оказанию медицинской помощи. Рис. 2 демонстрирует разрушение железнодорожного пути Чара–Чина геологическими и геокриологическими процессами и явлениями [4].



Рис. 2. Разрушение железнодорожного пути, июль 2015 г.

Наибольшему риску разрушений подвергаются объекты инфраструктуры в тех местах, где мерзлый грунт содержит большое количество льда. К таким районам относится значительная часть долины р. Лены, Западносибирская равнина, Чукотка и большая часть островных территорий севера европейской части страны, на которых находятся крупные нефтегазовые комплексы и линии электропередач. Ежегодно происходит около 35 тыс. отказов и аварий на нефте- и газопроводах. Около 21 % аварий связаны с механическими воздействиями, в том числе с потерей устойчивости фундаментов и деформацией опор.

Геокриологические процессы наносят вред экологии Арктики, дестабилизируя природную среду. Возрастает береговая эрозия, которая еще более усиливается из-за сокращения длительности ледового периода и связанного с этим удлинением периода волнового воздействия на берега Арктических морей. Это представляет угрозу для портов, танкерных терминалов и других промышленных объектов.

Большинство современных населенных пунктов на Севере располагаются на берегах рек. В последние годы из-за изменения водного режима рек резко усилились весенние паводки, участились наводнения, ускорились процессы размыва берегов, которые приносят большие бедствия населению.

Процесс таяния ММП создает и риски возникновения ЧС биолого-социального характера. Деформация и разрушение нефтепроводов опасны авариями и протечками сырой нефти, которая в случае разлива большого количества не распределяется в почве, а остается в земле, скованная вечной мерзлотой. При таянии мерзлоты новые биоценозы могут быть отравлены нефтью. Существует и опасность расконсервации сибирезвенных захоронений с выходом возбудителя во внешнюю среду.

Особую опасность представляет ослабление ММП на Новой Земле в зонах расположения хранилищ радиоактивных отходов и на полуострове Ямал в районе перспективной нефтедобычи.

Таяние ММП несет опасность и для жизнедеятельности коренных малочисленных народов российского Севера. Изменение климата и таяние льда ограничивает возможности охоты и оленеводства, рыболовства и собирательства, увеличивает риски для здоровья и жизни. Наиболее уязвимым для воздействия последствий таяния ММП оказалось оленеводство в связи с проблемой сокращения и деградации пастбищ. Вечная мерзлота защищала пастбища, где раньше кормились олени, от вытаптывания, но сегодня животные могут всего за один сезон уничтожить всю растительность на территориях, где они питались много десятилетий.

Таяние ММП несет и другие опасности, обусловленные выбросами в окружающую среду метана, значительная часть которого была заперта в замерзших почвах. Возникают термокарстовые озера, вокруг которых таяние происходит более быстро и глубоко. На Ямале, например, обнаружено 368 озер [1]. Опасно возникновение озер вблизи трубопроводов и транспортных магистралей. Возникновение такого озера под месторождением или трубопроводом грозит экологической катастрофой (рис. 3).



Рис. 3. Термокарстовое озеро в арктической тундре

Особенно опасны процессы, которые захватывают ММП, в которых содержатся огромные запасы цельного твердого льда. При разрушении мерзлоты лед внутри нее тает, образуются пустоты и впадины, происходят провалы грунта, образуются пруды и озера. Температура грунта в результате продолжает расти, а лед таять, и такая резкая «оттепель» меняет ландшафт Арктики. Возрастает число оползней и обвалов. Например, на острове Банкс в Канаде за период с 1984 по 2013 гг. число разрушительных оползней возросло в 60 раз [5].

На сегодняшний день по оценкам экспертов, даже при условии выполнения Парижского соглашения (удержать рост глобальной средней температуры намного ниже 2 градусов и ограничить ее рост до 1,5 градуса), арктическая вечная мерзлота сократится на 45 %. Это может привести к выбросу в атмосферу до 1,6 млрд кубометров парниковых газов, что станет катализатором для дальнейшего таяния мерзлоты и повышения уровня Мирового океана.

Приведенные факты и предположения свидетельствуют о том, что таяние вечной мерзлоты будет сопровождаться значительными изменениями ландшафта с преобладанием депрессивных форм, что, в свою очередь, представляет серьезную опасность для инфраструктуры АЗРФ. В связи с этим на основании накопленного опыта в настоящее время актуальным является разработка и применение инновационных подходов к строительству и использованию различных промышленных и технологических объектов в Арктике, повышающих их безопасность. Одним из применяемых сегодня способов является термостабилизация вечной мерзлоты при строительстве зданий и сооружений, а также дорог и железнодорожных линий, суть которой в применении парожидкостных термосифонов. Это достаточно простое устройство работает по принципу теплового насоса, «закачивая холод» из атмосферного воздуха в верхний слой вечной мерзлоты и понижая ее температуру в холодный период года. Устройство не потребляет энергию и представляет собой замкнутую с обеих концов трубу, внутри которой находится хладагент, например, сжиженная углекислота. Что касается трубопроводов, то сегодня сборку магистралей производят открытым способом, по опорам.

Но тем не менее, как видно из вышесказанного, большое количество зданий разрушается, а производственные ЧС показывают, что при проектировании учитываются далеко не все случаи реакции «вечной мерзлоты» в зонах крупных технологических объектов. Сложность в том, что практически нет приборов, чтобы измерить мерзлоту. В основном ученые изучают небольшие участки и удаленно следят за другими труднодоступными территориями.

В настоящее время безопасное строительство на территориях, расположенных в зоне вечной мерзлоты, представляет одну из приоритетных задач развития АЗРФ. По мнению специалистов, необходимо создание новых регламентов для строительства в АЗРФ в местах существования вечной мерзлоты. Безопасное строительство требует внимания не только на региональном, но и на федеральном уровне с учетом важных моментов в законах и в государственных программах.

Особое внимание вопросам вечной мерзлоты уделяется в Якутии, где криолитозона охватывает практически 100 % территории республики. В мае 2018 г. парламент Республики Саха, не дожидаясь федерального закона, принял Закон «Об охране вечной мерзлоты». Согласно закону понятие «вечная мерзлота» определено как «мерзлые горные породы, характеризующиеся нулевой или отрицательной температурой, содержащие в своем составе лед и находящиеся в таком состоянии в течение длительного времени». Принятый Закон возложил госуправление в области охраны вечной мерзлоты на уполномоченный орган исполнительной власти, к полномочиям которого отнесены создание и ведение единой системы республиканского фонда информации о вечной мерзлоте, госэкспертиза ее состояния, осуществление государственного надзора в этой сфере. Кроме этого, вводятся ограничения пользования земельным участком в целях сохранения вечной мерзлоты. Закон также устанавливает регистрацию факторов, влияющих на состояние вечной мерзлоты, и регулярный учет уровня их воздействия. Определен порядок мониторинга, а также механизмов надзора – государственного и общественного. В законе нормировано воздействие на состояние вечной мерзлоты, а также определены требования к хозяйственной и иной деятельности, оказывающей воздействие на состояние грунтов. Определены мероприятия по защите населения при изменении состояния вечной мерзлоты. Отдельные нормы Закона уже действуют, предполагается принятие всех предусмотренных законом подзаконных актов, определяющих механизм сохранения вечной мерзлоты. Предполагается введение законопроекта, устанавливающего административную ответственность за несоблюдение правил безопасного хозяйствования на территориях вечной мерзлоты.

В то же время понятно, что решить глобальную проблему не региональном уровне невозможно, с точки зрения мерзловедов для безопасного хозяйствования в АЗРФ необходимо правовое регулирование на федеральном уровне. Правовое регулирование позволит комплексно решить все проблемы, связанные с фактором мерзлоты, разработать подзаконные нормативные акты, и, самое главное, обеспечить научное сопровождение освоения Арктики.

Все это в комплексе позволит обеспечить сохранность вечной мерзлоты, тем самым сберечь окружающую среду, объекты инфраструктуры, социальные и производственные объекты и, как следствие, предотвратить огромнейшие затраты государственного бюджета и убытки народному хозяйству в целом. Следует принимать во внимание и негативное влияние на окружающую среду в АЗРФ интенсивно развивающейся промышленности, особенно газовой и нефтедобывающей. Это требует и повышенного внимания к проблеме промышленной безопасности [6].

Таким образом, можно заключить, что вечная мерзлота является основной характерной особенностью АЗРФ, разрушение которой в связи с процессами таяния, повышает риск природных и техногенных ЧС. Перспективным путем противодействия разрушений вечной мерзлоты представляется введение государственной регистрации факторов, влияющих на состояние вечной мерзлоты, определение порядка температурного мониторинга и механизма государственного и общественного надзора, дальнейшее совершенствование и внедрение инноваций в области строительства и промышленной безопасности. Следует

рассматривать и проблему пожаров в тундре, которые возникают из-за потепления климата и изменения ландшафта тундры. Пожары являются факторами, способствующими растапливанию верхнего слоя почвы и, соответственно, разрушению вечной мерзлоты под ним.

Литература

1. Дегазация Земли в Арктике: дистанционные и экспедиционные исследования выбросов газа на термокарстовых озерах / В.И. Богоявленский [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2019. № 2 (34). С. 31–44.
2. Оберман Н.Г., Шеслер И.Г. Современные и прогнозируемые изменения мерзлотных условий европейского северо-востока Российской Федерации // Проблемы Севера и Арктики Российской Федерации: науч.-информ. бюл. М., 2009. Т. 9. С. 96–106.
3. Филоненко В. Арктика: настоящее и будущее // Парламентская газета. URL: <https://www.pnp.ru/social/zapolyarnyy-genplan.html> (дата обращения: 15.03.2019).
4. Кондратьев В. «Вечная» проблема железных дорог на вечной мерзлоте // Инженерная защита: научно-практический журнал. URL: <https://territoryengineering.ru/bez-rubriki/vechnaya-problema-zheleznyh-dorog-na-vechnoj-merzlote/> (дата обращения: 18.03.2019).
5. Крейг Уэлч, Кэти Орлински. Тундра: переломный момент // National Geographic. 2019. С. 74–85.
6. Промышленная безопасность как основной элемент устойчивого развития Российской Арктической зоны / Е.В. Иваницкая [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 3. С. 34–44.



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

О СПОСОБЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУППЫ ПРИНУДИТЕЛЬНО АКТИВИРУЕМЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ

И.А. Бабиков;

А.Л. Танклевский.

**Высшая школа техносферной безопасности Санкт-Петербургского
политехнического университета Петра Великого.**

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

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

Рассмотрены вопросы определения принудительно активируемых оросителей спринклерной автоматической установки пожаротушения с принудительным пуском спринклеров при появлении очага возгорания в помещении и срабатывании одного из оросителей. Сформулирована задача превентивной активации оросителей, решение которой позволит найти минимально необходимое число оросителей и их координаты, что обеспечит локализацию и даже ликвидацию пожара при намного меньшем расходе воды, как если бы активация оросителей происходила традиционным способом – по мере нагрева их колб высокотемпературными продуктами горения. Приведены примеры.

Ключевые слова: очаг пожара, спринклерная автоматическая установка пожаротушения с принудительным пуском, ороситель, активация

DETERMINATION METHOD OF SPRINKLERS WITH ELECTRICAL ACTIVATION IN CASE OF INTERNAL FIRE

I.A. Babikov; A.L. Tanklevsky.

Higher school of technosphere security of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university.

A.A. Tarantsev. N.S. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences

The problems of determining force-activated sprinkler automatic fire extinguishing system with forced start the sprinklers when the fire in the room and triggered one of the sprinklers. The objective of the preventive activation of sprinklers, the solution of which will allow to find the minimum required number of sprinklers and their locations that provide localization and even the elimination of a fire with much less water, as if the activation of sprinklers occurred in the traditional way – as the heating of their flasks high temperature combustion products. Examples are given.

Keywords: fire, sprinkler automatic fire suppression system with forced start-up, sprinkler activation

Одной из важнейших задач при возникновении пожара в помещении, защищаемом спринклерной автоматической установкой пожаротушения (АУП) [1], является быстрее тушение за счет превентивной принудительной активации ограниченного числа (группы) оросителей до того, как площадь пожара примет большие размеры. Решение этой задачи зависит от оперативного определения координат очага возгорания при срабатывании одного из оросителей, после чего система управления АУП может принять объективное решение об активации конкретных оросителей – одного или группы.

Постановка задачи

В общем случае задача может быть сформулирована следующим образом. Если оросители (спринклеры) расположены в помещении «квадратно-гнездовым» способом (рис. 1 а) и сработал один из них (в данном случае ороситель № 5) с координатами (x_i, y_j) , то требуется определить, какие три из соседних оросителей (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9) и в каком квадранте (I–IV) нужно активировать, когда известны координаты оросителей (x, y) и температуры $\{T\}$ в местах их расположения. Это связано с тем, что если активировать все восемь соседних оросителей, то будет иметь место необоснованно большой расход огнетушащего вещества (ОТВ) – воды, который, кроме того, будет представлять собой сопутствующий опасный фактор пожара (ОФП) [2].

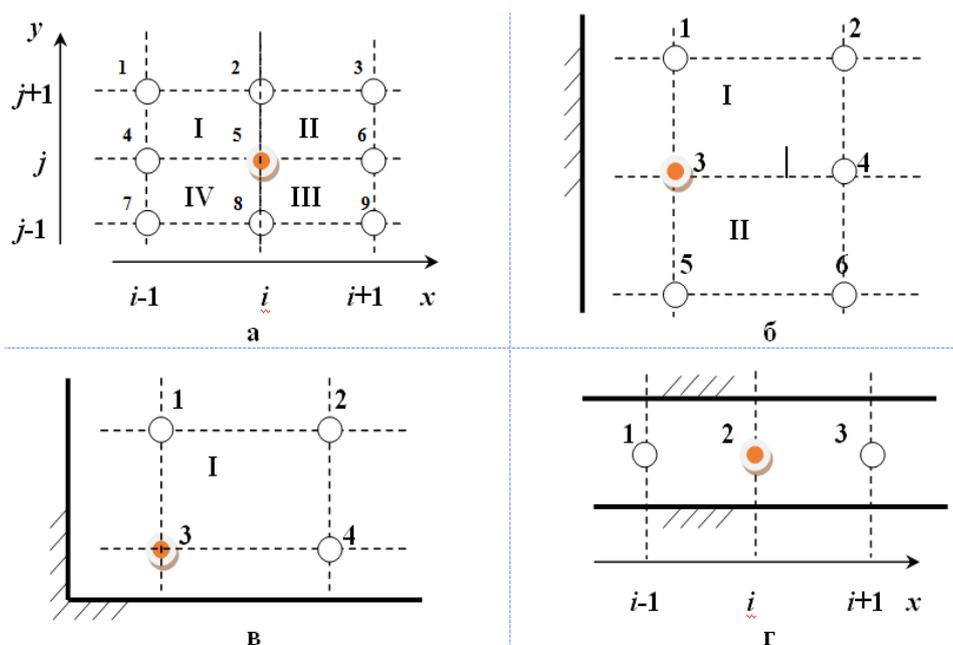


Рис. 1. Варианты активации оросителей:

а – возгорание в центре помещения; б – вблизи стены; в – в угловой части помещения; г – в коридоре или тоннеле (красным обозначен первый активировавшийся ороситель, оросители нумеруются условно, исходя из активации первого из них)

Могут быть сформулированы и частные задачи. Например, если активировался ороситель № 3 у стены помещения (рис. 1 б), то группу каких оросителей – 1, 2 и 4 (I квадрант) или 4, 5 и 6 (II квадрант) следует активировать, если очаг находится в каком-либо из этих квадрантов? Или достаточно активировать ороситель № 1 (очаг у стенки между оросителями 1 и 3)? Или активировать ороситель № 5, если очаг у стенки между оросителями 3 и 5? Как и в предыдущем случае, решение этой задачи позволит обеспечить минимально возможный расход ОТВ.

Если же активировался ороситель № 3 в углу помещения (рис. 1 в), то следует ли принудительно активировать соседние оросители 1, 2 и 4 (то есть очаг возгорания на площади между этими четырьмя оросителями) или достаточно активировать ороситель № 1 (очаг у стенки между оросителями 1 и 3), или активировать ороситель № 4 (очаг у стенки между оросителями 3 и 4)?

В случае возгорания в коридоре или тоннеле (рис. 1 г), если сработал i -й ороситель (№ 2), также важно оперативно определить, между какими оросителями – $i-1$ -ым и i -ым или между i -ым и $i+1$ -ым может находиться очаг пожара. В первом случае нужно активировать $i-1$ -й ороситель (№ 1), а во втором - $i+1$ -й (№ 3).

При решении задачи превентивной активации оросителей также важно быстрее и объективное определения координат очага пожара.

1. Экспресс-метод

Задача экспресс-метода определения группы оросителей, которые следует превентивно активировать при срабатывании одного из оросителей, в том, чтобы сделать это без определения координат очага пожара.

1.1. Применительно к случаю на рис. 1 а эта задача сводится к тому, чтобы принять решение, какие оросители – 1, 2 и 4 (I квадрант) или 2, 3 и 6 (II квадрант), или 6, 8 и 9 (III квадрант), или 4, 7 и 8 (IV квадрант) следует активировать, если известны температуры $T_1 \div T_9$ и сработал ороситель № 5. То есть очаг пожара может находиться в соответствующем квадранте. Для этого нужно найти средние температуры по квадрантам:

$$T_I = (T_1 + T_2 + T_4) / 3, \quad (1)$$

$$T_{II} = (T_2 + T_3 + T_6) / 3, \quad (2)$$

$$T_{III} = (T_6 + T_8 + T_9) / 3, \quad (3)$$

$$T_{IV} = (T_4 + T_7 + T_8) / 3. \quad (4)$$

Квадрант активируемых оросителей определяется из условия: $\max(T_I, T_{II}, T_{III}, T_{IV})$.

Следует иметь ввиду, что вероятность того, что очаг пожара будет находиться строго под оросителем № 5 или строго между оросителями 2 и 5, или между оросителями 4 и 5, или между оросителями 5 и 6, или между оросителями 5 и 8 пренебрежимо мала.

Пример 1. Пусть $T_1=30$ °С, $T_2=50$ °С, $T_3=20$ °С, $T_4=40$ °С, $T_5 \geq 60$ °С, $T_6=30$ °С, $T_7=20$ °С, $T_8=30$ °С, $T_9=20$ °С. Согласно (1–4): $T_I=(30^\circ+50^\circ+40^\circ)/3=40$ °С, $T_{II}=(50^\circ+20^\circ+30^\circ)/3=33,33$ °С, $T_{III}=(30^\circ+30^\circ+20^\circ)/3=26,67$ °С, $T_{IV}=(40^\circ+20^\circ+30^\circ)/3=30$ °С. Тогда условие $\max(T_I=40^\circ; T_{II}=33,33^\circ; T_{III}=26,67^\circ; T_{IV}=30^\circ)$ указывает на то, что нужно активировать группу оросителей в I квадранте, поскольку очаг пожара находится между оросителями 1, 2, 4 и 5.

1.2. Применительно к случаю на рис. 1 б (сработал ороситель № 3 у стены) следует принять решение, какие оросители – 1, 2 и 4 (I квадрант) или 4, 5 и 6 (II квадрант) следует активировать (то есть очаг пожара может находиться в I или II квадранте) либо достаточно активировать ороситель № 1 (очаг у стенки между оросителями 1 и 3), либо только ороситель № 5, когда очаг у стенки между оросителями 3 и 5.

По аналогии с предыдущим случаем находим средние температуры по квадрантам:

$$T_I = (T_1 + T_2 + T_4) / 3, \quad (5)$$

$$T_{II} = (T_4 + T_5 + T_6) / 3, \quad (6)$$

после чего по условию $\max(T_I, T_{II}, T_2, T_5)$ определяем, какую группу или какой отдельно ороситель превентивно активировать.

Пример 2. Пусть $T_1=30$ °С, $T_2=40$ °С, $T_3 \geq 60$ °С, $T_4=20$ °С. Согласно (5–6): $T_I=(30^\circ+20^\circ+40^\circ)/3=30$ °С, $T_{II}=(40^\circ+50^\circ+30^\circ)/3=40$ °С. Тогда условие $\max(T_I=30^\circ; T_{II}=40^\circ; T_2=20^\circ;$

$T_3=50^\circ$) указывает на то, что нужно превентивно активировать ороситель 5, поскольку очаг пожара находится у стены между оросителями 3 и 5.

1.3. Применительно к случаю на рис. 1 в, если сработал ороситель № 3 в углу, следует принять решение, если сработал, какие оросители – 1, 2 и 4 (очаг между оросителями 1, 2, 3 и 4) или ороситель 1 (очаг у стенки между оросителями 1 и 3), или ороситель 4 (очаг у стенки между оросителями 3 и 4) следует активировать. Аналогично сравниваются температуры T_1 , T_4 и средняя $T_1=(T_1+T_2+T_4)/3$, а по наибольшей из них принимается решение об активации оросителей.

Пример 3. Пусть $T_1=30^\circ\text{C}$, $T_2=40^\circ\text{C}$, $T_3\geq 60^\circ\text{C}$, $T_4=20^\circ\text{C}$. Тогда $T_1=(30^\circ+40^\circ+20^\circ)/3=30^\circ\text{C}$. Условие $\max(T_1=30^\circ; T_4=20^\circ; T_1=30^\circ)$ дает некоторую неопределенность, поскольку $T_1=T_1=30^\circ\text{C}$. Но превентивно следует активировать все три оросителя – 1, 2 и 4, поскольку наиболее нагрет ороситель № 2, что свидетельствует о том, что очаг возгорания находится между четырьмя оросителями.

1.4. Применительно к случаю на рис. 1 г следует принять решение, если сработал ороситель № 2, какие оросители – 1 (очаг между оросителями 1 и 2) или 3 (очаг между оросителями 2 и 3) следует активировать. Тогда, если $T_1>T_3$ следует активировать ороситель № 1, а если $T_1<T_3$, то ороситель № 3.

Пример 4. Пусть $T_1=30^\circ\text{C}$, $T_2\geq 60^\circ\text{C}$, $T_3=40^\circ\text{C}$. Поскольку $T_1<T_3$, то следует превентивно активировать ороситель № 3, так как очаг пожара находится между оросителями 2 и 3.

2. Уточненная оценка координаты очага пожара

Тем не менее желательно определять и координаты очага возгорания для более объективного принятия решения по борьбе с пожаром. Задача определения координат может быть решена аппроксимационными методами.

2.1. Например, для случая на рис. 1 г (возгорание в коридоре), если известны температуры T_1 , T_2 и T_3 , профиль температуры $T(x)$ для них можно представить в виде квадратного полинома:

$$T(x) = a_0 + a_1x + a_2x^1, \quad (7)$$

коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 которого находятся по выражениям [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 = T_3 - \frac{T_2 - T_3}{x_2 - x_3} x_3 + \frac{T_1 - T_3 + \frac{T_2 - T_3}{x_2 - x_3} (x_3 - x_1)}{x_2 x_3 - x_1 x_2 - x_1 x_3 + x_1^2} x_2 x_3, \\ a_1 = \frac{T_2 - T_3}{x_2 - x_3} - \frac{T_1 - T_3 + \frac{T_2 - T_3}{x_2 - x_3} (x_3 - x_1)}{x_2 x_3 - x_1 x_2 - x_1 x_3 + x_1^2} (x_2 + x_3), \\ a_2 = \frac{T_1 - T_3 + \frac{T_2 - T_3}{x_2 - x_3} (x_3 - x_1)}{x_2 x_3 - x_1 x_2 - x_1 x_3 + x_1^2}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Координата очага пожара x_n и условный максимум температуры T_n при этом могут быть определены по выражениям:

$$x_{\text{п}} = -\frac{a_1}{2a_2}, \quad (9)$$

$$T_{\text{п}} = a_0 - \frac{a_1^2}{4a_2}. \quad (10)$$

Если расстояния между оросителями постоянны и равны Δ , а систему координат перенести так, чтобы $x_2=0$, то выражения (8) значительно упрощаются:

$$\begin{cases} a_0 = T_2, \\ a_1 = \frac{T_3 - T_1}{2\Delta}, \\ a_2 = \frac{T_1 + T_3 - 2T_2}{2\Delta^2}. \end{cases} \quad (11)$$

Пример 5. Пусть, как и в примере 4, $T_1=30^\circ\text{C}$, $T_2 \geq 60^\circ\text{C}$, $T_3=40^\circ\text{C}$, а оросители расположены равномерно с шагом $\Delta=3$ м. По выражениям (11) находим коэффициенты полинома (7): $a_0=60$, $a_1=5/3$ и $a_2=-25/9$. Тогда из (9) находим координату возгорания $x_{\text{п}}=0,3$ м, а по (10) – максимальную температуру $T_{\text{п}}=60,25^\circ\text{C}$.

2.2. Вышеизложенный подход можно применить и к общему случаю, рассмотренному в п. 1.1 и представленному на рис. 1 а.

Профиль температуры по «вертикальным» рядам – левому (оросители 1, 4, 7), среднему (оросители 2, 5, 8) и правому (оросители 3, 6, 9) можно представить квадратными полиномами:

$$\begin{bmatrix} T_{\text{л}} \\ T_{\text{с}} \\ T_{\text{п}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{\text{л}0} \\ a_{\text{с}0} \\ a_{\text{п}0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{\text{л}1} \\ a_{\text{с}1} \\ a_{\text{п}1} \end{bmatrix} y + \begin{bmatrix} a_{\text{л}2} \\ a_{\text{с}2} \\ a_{\text{п}2} \end{bmatrix} y^2,$$

откуда при $(T_1, T_7) < T_4$, $(T_2, T_8) < T_5$ и $(T_3, T_9) < T_6$ находим координаты максимумов температуры по вертикальным рядам – левому, среднему и правому:

$$\begin{bmatrix} y_{\text{л}} \\ y_{\text{с}} \\ y_{\text{п}} \end{bmatrix} = -0,5 \begin{bmatrix} \frac{a_{\text{л}1}}{a_{\text{л}2}}; \frac{a_{\text{с}1}}{a_{\text{с}2}}; \frac{a_{\text{п}1}}{a_{\text{п}2}} \end{bmatrix}^T. \quad (12)$$

Коэффициенты $\{a\}$ находим из уравнений в обобщенном виде:

$$\begin{cases} a_{\text{л}0, \text{с}0, \text{п}0} = T_{1,2,3} - \frac{T_{4,5,6} - T_{1,2,3}}{y_{4,5,6} - y_{1,2,3}} y_{1,2,3} + a_{\text{л}2, \text{с}2, \text{п}2} y_{1,2,3} y_{4,5,6}; \\ a_{\text{л}1, \text{с}1, \text{п}1} = \frac{T_{4,5,6} - T_{1,2,3}}{y_{4,5,6} - y_{1,2,3}} - a_{\text{л}2, \text{с}2, \text{п}2} (y_{1,2,3} + y_{4,5,6}); \\ a_{\text{л}2, \text{с}2, \text{п}2} = \frac{T_{7,8,9} - T_{1,2,3} + \frac{T_{4,5,6} - T_{1,2,3}}{y_{4,5,6} - y_{1,2,3}} (y_{1,2,3} - y_{7,8,9})}{y_{1,2,3} y_{4,5,6} - y_{4,5,6} y_{7,8,9} - y_{1,2,3} y_{7,8,9} + y_{7,8,9}^2}. \end{cases} \quad (13)$$

Если систему координат выбрать так, чтобы $y_4=y_5=y_6=0$, а шаг между оросителями равномерный и равен Δ , то выражения (13) упрощаются:

$$\begin{cases} a_{л0,с0,п0} = T_{4,5,6}; \\ a_{л1,с1,п1} = \frac{T_{1,2,3} - T_{7,8,9}}{2\Delta}; \\ a_{л2,с2,п2} = \frac{T_{7,8,9} + T_{1,2,3} - 2T_{4,5,6}}{2\Delta^2}. \end{cases} \quad (14)$$

По найденным значениям координат максимумов строится ломаная линия $y_л \leftrightarrow y_с \leftrightarrow y_п$, которая наносится на схему (рис. 1 а).

Аналогичным образом находим профили температуры для «горизонтальных» рядов – верхнего (оросители 1, 2, 3), центрального (оросители 4, 5, 6) и нижнего (оросители 7, 8, 9) в виде квадратных полиномов:

$$\begin{bmatrix} T_в \\ T_ц \\ T_н \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{в0} \\ a_{ц0} \\ a_{н0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{в1} \\ a_{ц1} \\ a_{н1} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} a_{в2} \\ a_{ц2} \\ a_{н2} \end{bmatrix} x^2, \quad (15)$$

откуда при $(T_1, T_3) < T_2$, $(T_4, T_6) < T_5$ и $(T_7, T_9) < T_8$ находим координаты максимумов температуры по горизонтальным рядам – верхнему, центральному и нижнему:

$$\begin{bmatrix} x_в \\ x_ц \\ x_н \end{bmatrix} = -0,5 \begin{bmatrix} a_{в1} & a_{ц1} & a_{н1} \\ a_{в2} & a_{ц2} & a_{н2} \end{bmatrix}^T. \quad (16)$$

Полагая, что система координат выбрана так, что $x_2=x_5=x_8=0$, а шаг между оросителями равномерный и равен Δ , получаем упрощенные выражения для коэффициентов $\{a\}$ полиномов (15):

$$\begin{cases} a_{в0,ц0,н0} = T_{2,5,8}; \\ a_{в1,ц1,н1} = \frac{T_{3,6,9} - T_{1,4,7}}{2\Delta}; \\ a_{в2,ц2,н2} = \frac{T_{1,4,7} + T_{3,6,9} - 2T_{2,5,8}}{2\Delta^2}. \end{cases} \quad (17)$$

По полученным значениям $x_в$, $x_ц$ и $x_н$ строится вертикальная ломаная линия $x_в \leftrightarrow x_ц \leftrightarrow x_н$, на пересечении которой с ранее найденной горизонтальной ломаной линией $y_л \leftrightarrow y_с \leftrightarrow y_п$ и может находиться очаг пожара.

Пример 6. Пусть, как и в примере 1, $T_1=30\text{ }^\circ\text{C}$, $T_2=50\text{ }^\circ\text{C}$, $T_3=20\text{ }^\circ\text{C}$, $T_4=40\text{ }^\circ\text{C}$, $T_5\geq 60\text{ }^\circ\text{C}$, $T_6=30\text{ }^\circ\text{C}$, $T_7=20\text{ }^\circ\text{C}$, $T_8=30\text{ }^\circ\text{C}$, $T_9=20\text{ }^\circ\text{C}$. Требуется найти не только квадрант, где случилось возгорание, но и координаты очага, если шаг между оросителями постоянный $\Delta=3\text{ м}$, а система координат выбрана так, что сработавший ороситель № 5 находится в центре ($x_5=0$, $y_5=0$).

Сначала построим ломаную линию $y_{л}\leftrightarrow y_{с}\leftrightarrow y_{п}$, для чего по выражению (14) находим:

$$a_{л1} = (T_1 - T_7) / 6 = 5 / 3; a_{с1} = (T_2 - T_8) / 6 = 10 / 3; a_{п1} = (T_3 - T_9) / 6 = 0;$$

$$a_{л2} = (T_1 + T_7 - 2T_4) / 18 = -5 / 3; a_{с2} = (T_2 + T_8 - 2T_5) / 18 = -20 / 9; a_{п2} = (T_3 + T_9 - 2T_6) / 18 = -10 / 9.$$

Тогда, согласно (12): $y_{л}=0,5\text{ м}$; $y_{с}=0,75\text{ м}$; $y_{п}=0$. Эта линия $0,5\leftrightarrow 0,75\leftrightarrow 0$ нанесена на рис. 2. Для построения ломаной линии $x_{в}\leftrightarrow x_{п}\leftrightarrow x_{н}$ по (17) найдем коэффициенты:

$$a_{в1} = (T_3 - T_1) / 6 = -5 / 3; a_{п1} = (T_6 - T_4) / 6 = -5 / 3; a_{н1} = (T_2 - T_9) / 6 = 0;$$

$$a_{в2} = (T_1 + T_7 - 2T_4) / 18 = -5 / 3; a_{п2} = (T_4 + T_6 - 2T_5) / 18 = -25 / 9; a_{н2} = (T_7 + T_9 - 2T_8) / 18 = -10 / 9.$$

Тогда, согласно (16): $x_{в}=-0,5\text{ м}$; $x_{п}=-0,3\text{ м}$; $x_{н}=0$. Эта линия $-0,5\leftrightarrow -0,3\leftrightarrow 0$ также нанесена на рис. 2. Пересечение этих линий позволяет определить координаты очага пожара ($x_{п}\approx -0,4\text{ м}$; $y_{п}\approx 0,72\text{ м}$). Этот результат согласуется с результатом примера 1 – очаг пожара в I квадранте.

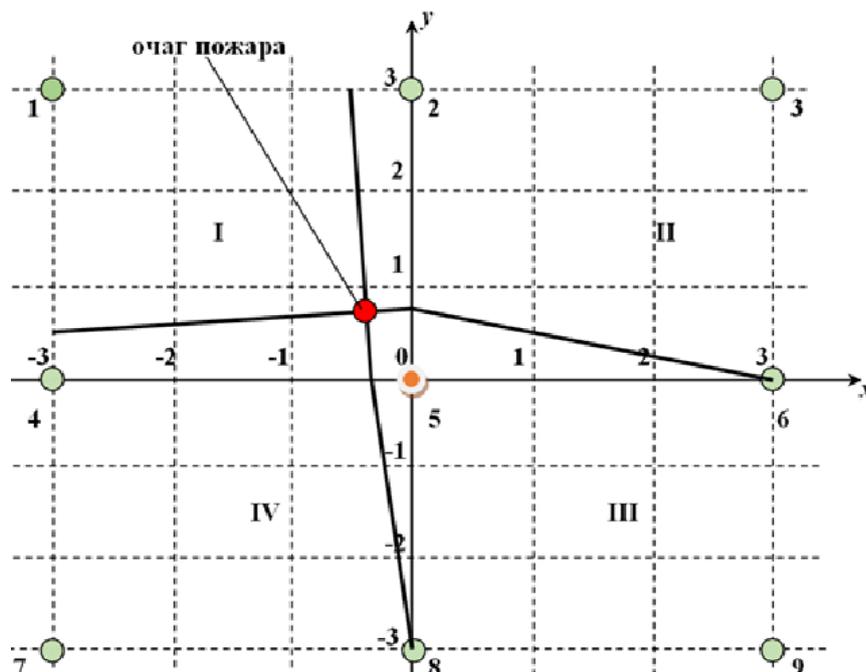


Рис. 2. Определение координат очага пожара (к примеру 6)

Таким образом, показана возможность определения группы оросителей или отдельного оросителя, которые целесообразно превентивно активировать, если уже сработал один ороситель. По информации о координатах оросителей и по показаниям их термодатчиков можно решить не только эту задачу, но и с достаточной точностью определить координаты

очага пожара. Превентивная активация оросителей позволит оперативно подавить очаг пожара при минимальном расходе воды или иного огнетушащего вещества.

Литература

1. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования // МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/document/3743746> (дата обращения: 14.02.2019).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123 // МЧС России. URL: https://www.mchs.gov.ru/law/Federalnie_zakoni/item/5378566 (дата обращения: 14.02.2019).
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. 4-е изд. М.: Наука, 1978. 881 с.
4. Методика оценки возможности использования спринклерной АУП / А.А. Таранцев [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 2014. С. 143–151.

СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ УЛУЧШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Ю.Е. Актерский, доктор военных наук, профессор;

С.Н. Северин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Н.Н. Северин, доктор педагогических наук, профессор.

Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина

Рассмотрены составляющие и предпосылки негативного влияния человеческого фактора на пожарную безопасность системы электроснабжения железнодорожного транспорта. Приведен анализ основных способов снижения негативного влияния человеческого фактора на пожарную безопасность электроэнергетических объектов системы электроснабжения железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, система электроснабжения, подстанции, пожарная безопасность, человеческий фактор

REDUCING THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR AS A NECESSARY CONDITION FOR IMPROVEMENT OF FIRE SAFETY THE MAIN POWER SUPPLY SYSTEMS FOR RAILWAY TRANSPORT

Yu.E. Actersky; S.N. Severin.

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

N.N. Severin. Belgorod law institute of the Ministry of internal affairs of Russia they I.D. Putilin

The components and prerequisites of the negative influence of the human factor on the fire safety of the power supply system of railway transport are considered. The analysis of the main

ways to reduce the negative impact of the human factor on the fire safety of electric power facilities of the power supply system of railway transport is given.

Keywords: railway transport, power supply system, substations, fire safety, human factor

Требования пожарной безопасности, изложенные в федеральных нормативно-правовых актах [1–4] и детализированные в отраслевых нормативно-технических документах [5, 6], составляют нормативно-правовую, техническую и методическую базу, реализация которой представляется достаточной для обеспечения пожарной безопасности железнодорожного транспорта. Однако достичь ее пока что не удается [5, 7]. Так с 2013 по 2017 гг. на железных дорогах зафиксировано 57 пожаров [7, 8], значительная часть которых произошла из-за неисправностей электрооборудования. Результаты расследования причин пожаров показывают [7, 8], что большинство из них произошло не по техническим причинам, а по вине людей из-за ошибок или халатности обслуживающего персонала. Отсюда следует первостепенная важность учета человеческого фактора и снижения его негативного влияния при разработке мероприятий по улучшению пожарной безопасности системы электроснабжения железнодорожного транспорта и особенно ее наиболее пожароопасных энергетических объектов: трансформаторных и тяговых подстанций [8]. Человеческий фактор – это совокупность человеческих качеств, характеристик, особенностей индивидуальных и групповых, которая определяет способность обслуживающего персонала обеспечивать безопасное, без аварий и пожаров, функционирование объекта [9].

Рассмотрим основные составляющие человеческого фактора, способствующие проявлению его негативного влияния на пожарную безопасность систем электроснабжения (от ошибок и халатности обслуживающего персонала до необоснованных и несвоевременных управляющих решений специалистов и руководителей структурных подразделений системы электроснабжения).

В основе многих ошибок и неправильных решений лежит некомпетентность работников, обусловленная низким уровнем их профессиональной и специальной (то есть в области техногенной и пожарной безопасности, охраны и организации труда, здорового образа жизни) подготовки. К ошибкам и неправильным действиям может также привести плохое самочувствие работника, постоянное или возникшее во время его дежурства. Неудовлетворительное физическое и психоэмоциональное состояние работника может быть обусловлено его болезнями или несоответствием способностей и возможностей человека требованиям, которые предъявляют выполняемая им работа или служебные обязанности. К ошибкам и неправильным действиям и решениям предрасполагают также неудовлетворительные условия труда. Важнейшей составляющей человеческого фактора является отношение сотрудника к своей работе, степень его честности, добросовестности и ответственности при выполнении своих служебных обязанностей. Способы снижения влияния человеческого фактора определяются его составляющими и предпосылками [9, 10]. Прежде всего, необходимо поддерживать соответствие между физическими, интеллектуальными и психо-эмоциональными нагрузками, которым подвергается работник в процессе своей трудовой деятельности, с его способностями и возможностями, поскольку работа на пределе возможностей человека ведет к хроническому переутомлению и психологическому выгоранию, что может быть причиной ошибок и неправильных действий работника, особенно в экстремальных и критических ситуациях. Для этого необходимо согласно нормативным документам [6, 11, 12], а также отраслевым положениям о допуске лиц к работе на опасных производственных объектах строго соблюдать процедуру профессионального отбора работников не по формальным признакам, а с проверкой фактического уровня квалификации, прохождением медицинского освидетельствования и психологического тестирования. Кроме этого, представляется целесообразным распространить действующую в компании Российские железные дороги процедуру предсменного контроля состояния работников некоторых

специальностей на начальников и старших электромехаников подстанций. Также необходимо вменить в обязанность должностных лиц подстанций осуществлять текущий, то есть в течение рабочей смены, контроль состояния работников, несущих дежурство или исполняющих другие ответственные обязанности. Необходимо также четко соблюдать установленный график периодических медицинских обследований работников. Снижению негативного влияния человеческого фактора на пожарную безопасность подстанций, безусловно, будет способствовать поддержание благоприятных условий труда сотрудников [11, 12], включающих в себя строгое исполнение всех требований охраны труда, рациональный режим труда и отдыха, хорошие бытовые условия, удобные и аттестованные в установленном порядке рабочие места, надежные средства индивидуальной защиты, качественный инструмент, спокойный, доброжелательный морально-психологический климат в производственном коллективе. Важным направлением снижения негативного влияния человеческого фактора на пожарную безопасность системы электроснабжения является повышение уровня квалификации всех работников, занятых обслуживанием и эксплуатацией электроэнергетических объектов. Производственное обучение электротехнического персонала, переподготовка и повышение квалификации специалистов и должностных лиц подстанций ведутся в соответствии с нормативными документами [5, 11, 12], которые определяют содержание, объем и порядок проведения занятий. Проблема заключается в том, что самообучение и проверка знаний работников нередко проводится формально. Обучение сводится к повторению всем известных требований, правил, наставлений, то есть обучение носит поучительно-дидактический характер, в то время как эффективным является только ситуационно-практический стиль обучения. Занятия должны включать в себя разбор реальных, имевших место возгораний и пожаров с детальным анализом причин их возникновения и упущенных способов их предупреждения и профилактики. На практических примерах необходимо вырабатывать умения раннего распознавания предаварийных ситуаций. Путем проведения ситуационных игр необходимо отрабатывать навыки и приемы поведения и восстановления самообладания работников в экстремальных и критических ситуациях для проведения таких занятий и соответствующих психологических тренингов необходимо привлекать высококвалифицированных специалистов медицинского и психологического профиля. Эффективность обучения может быть повышена путем использования неявного знания в виде опыта, интуиции работников старшего возраста, имеющих большой трудовой стаж. В процессе общения и обмена опытом таких работников неявные знания не просто складываются, а умножаются, детализируются, структурируются и совершенствуются. Так постепенно формируется групповое или организационное знание, которое по результатам исследований японских ученых [13] является постоянным источником инноваций и важным фактором успеха передовых японских компаний [13]. Формирование организационного знания не только способствует повышению квалификации персонала, но является также инструментом восстановления доброжелательных конструктивных межличностных отношений, установления благоприятного морально-психологического климата в коллективе. Для приумножения, усвоения и сохранения организационного знания необходимо использовать все возможные способы общения и обмена опытом работников: наставничество, производственные совещания, конференции и другие мероприятия [13].

Проведение подобных мероприятий будет способствовать также заблаговременному формированию надежного кадрового резерва системы электроснабжения. Рассматривая способы снижения влияния человеческого фактора на пожарную безопасность подстанций, следует иметь в виду, что негативное влияние человеческого фактора может проявляться не только при обслуживании и эксплуатации подстанций, но и на более ранних стадиях их жизненного цикла: при разработке технических заданий на изготовление и поставку оборудования для вновь создаваемых или модернизации действующих подстанций. При проектировании оборудования, при его изготовлении, транспортировке и монтаже возможным способом снижения числа ошибок и неправильных решений на этих стадиях представляется организация консультаций и сотрудничества специалистов, обслуживающих

и эксплуатирующих подстанции, знающих слабые места, недостатки оборудования и возможные его скрытые дефекты, со специалистами, которые занимаются разработкой и изготовлением оборудования. Представляется обязательным участие представителей обслуживающего персонала при проведении приемо-сдаточных испытаний оборудования. Кроме рассмотренных выше организационных способов снижения негативного влияния человеческого фактора к этой проблеме возможен и технический подход, суть которого заключается в устранении и минимизации самой возможности реализации негативных проявлений человеческого фактора. Например, замена маслонаполненного оборудования подстанций на сухое, а также замена всего оборудования, выработавшего свой ресурс, на новое, существенно снижает возможность возникновения пожаров в результате ошибочных действий обслуживающего персонала. Вероятность возникновения возгораний может быть уменьшена в результате периодических строгих проверок и поддержания в надлежащем состоянии защитных аппаратов, предохранительных устройств, систем сигнализации и блокировок от ошибочных или случайных неправильных действий операторов. Особое внимание следует уделить проверке правильности расчета и установки систем молниезащиты подстанции. Эффективным способом снижения влияния человеческого фактора было бы внедрение автоматических систем управления подстанциями, но, поскольку эти системы устанавливать и обслуживать будут все же люди, то внедрение автоматических систем управления способно снизить влияние негативных проявлений человеческого фактора лишь частично.

Проблема снижения негативного влияния человеческого фактора на пожарную безопасность подстанций имеет также внешний аспект. Опасные последствия для подстанций и системы электроснабжения в целом могут иметь злонамеренные действия: воровство, вандализм или диверсии проникших на подстанцию посторонних лиц. Для предотвращения таких ситуаций подстанции и площадки для открыто установленного оборудования должны быть оборудованы защитными системами и обеспечены надежной охраной. Кроме этого, для предотвращения противоправных и опасных для жизни вмешательств представителей местного населения в систему электроснабжения железной дороги необходимо организовать через средства массовой информации, учебные заведения и общественные организации прилегающей к дистанции электроснабжения территории разъяснительную и пропагандистскую работу. Представляется также необходимой постоянная связь руководства дистанции электроснабжения с органами самоуправления и органами МВД прилегающей территории.

Важнейшим направлением снижения негативного влияния человеческого фактора является улучшение отношения сотрудников к своей работе и степени их добросовестности при исполнении своих служебных обязанностей. Эта черта личности неразрывно связана с характером человека, его жизненным опытом, поэтому отличается высокой стабильностью и консервативностью, однако опыт управления персоналом в различных областях [14–16] деятельности показывает, что непрерывная, целеустремленная воспитательная работа и рациональная система воздействий могут улучшить отношение человека к своей работе. Формы и методы воспитательной работы многочисленны и разнообразны [15, 17]. Важно, чтобы люди, ведущие воспитательную работу, пользовались заслуженным авторитетом и уважением производственных коллективов, могли в профессиональном и нравственном отношении служить личным примером для воспитуемых. Эффективным методом воздействия является общественное воздействие, то есть воздействие производственного коллектива. Диапазон этого воздействия очень широк: от одобрения, поддержки до порицания и осуждения. Ввиду высокой интенсивности общественного воздействия, пользоваться им надо очень осторожно и тактично. К административным методам воздействия относятся: система стимулирования материальных и моральных поощрений за честный и добросовестный труд, а также система ответственности взысканий и наказаний за нарушения трудовой дисциплины, требований охраны труда и безопасности, за допущенные грубые ошибки и халатность. Совершенствование методов управления производственным коллективом,

переход от организационно-распорядительных и административно-правовых методов управления к мотивационно-стимулирующим и комплексное применение различных форм воспитательной работы и методов воздействия будут содействовать ослаблению негативного влияния человеческого фактора и способствовать проявлению лучших позитивных качеств работников: честного, ответственного, инициативного и творческого отношения к своей работе. Существенное положительное воспитательное воздействие на работников и их отношение к выполнению своих служебных обязанностей, безусловно, окажет забота руководства о своих сотрудниках, выраженная в конкретных мерах, направленных на повышение качества жизни работников и их семей [18, 19].

Литература

1. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. О противопожарном режиме: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390 (с изм. на 6 апр. 2016 г). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Сметанина М.И., Власова О.С. О состоянии пожарной безопасности на железнодорожном транспорте Российской Федерации // Междисциплинарные исследования»: электр. сб. материалов междунар. конф. «Научное сообщество студентов. Новосибирск: Изд-во АНС «Сиб АНС». 2018. № 17 (52). 163 с.
6. Стандарт ОАО РЖД СТОРЖД 1.15.005.2013. Система управления пожарной безопасностью в ОАО РЖД.
7. Аксютин В.П. Вопросы обеспечения пожарной безопасности на железнодорожном транспорте // Транспортная газета «Евразия Вести». 2005. № 8. С. 1–2.
8. Крупенин В.С., Кузнецов Б.В. Организация работы по обеспечению пожарной безопасности на железнодорожном транспорте // Наука и техника транспорта. 2004. № 4. С. 53–60.
9. Либерман А.Н. Техносферная безопасность: Человеческий фактор. СПб., 2006. 101 с.
10. Оценка влияния человеческого фактора на пожарную безопасность образовательных учреждений / Н.Н. Северин [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 144–150.
11. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон № 116 ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федер. закон № 97 ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
13. Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. М.: ОАО Олимп-бизнес, 2003. 384 с.
14. Федорова Н.В., Минченко О.Ю. Управление персоналом. М.: Кнорус, 2014. 432 с.
15. Батышев С.Я. Производственная педагогика. М.: Машиностроение, 1984. 672 с.
16. Террингтон Д., Холл Л., Тейлор С. Управление человеческими ресурсами. М.: Дело и сервис, 2004. 733 с.
17. Подласый И.П. Теория и технологии воспитания. М.: Владос, 2007. 663 с.
18. Маленкова Л.И. Теория и методика воспитания. М.: Педагогическое общество России. 2002. 480 с.
19. Мельникова Д.А. Теоретические и практические аспекты построения системы управления промышленной безопасности опасных производственных объектов: дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2016. 220 с.

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОЛЛИЗИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТРЕБОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Д.А. Бесперстов;

А.Н. Кроль, кандидат технических наук;

Т.А. Утробина, кандидат технических наук.

Кемеровский государственный университет

Изложены проблемы реализации современных законодательных требований в области пожарной безопасности к объектам защиты. Предложен порядок устранения нормативно-технических противоречий в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, риск по безопасности от пожаров, нормативные требования, технические правила, нормативные коллизии, технические коллизии, экономический рост, социальное развитие

NORMATIVE TECHNICAL COLLISIONS IN MODERN CONDITIONS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY AND THE POSSIBILITY OF THEIR SOLUTION

D.A. Besperstov; A.N. Krol; T.A. Utrobina. Kemerovo state university

The problems of realization of modern legislative requirements in the field of fire safety to objects of protection are stated. The order of elimination of standard technical contradictions in the field of fire safety is offered.

Keywords: fire safety, fire safety risk, regulatory requirements, technical regulations, regulatory conflicts, technical conflicts, economic growth, social development

Как в прошлом, так и в наши дни проблема обеспечения пожарной безопасности остается открытой. Изменился подход к данной проблеме. Введены критерии по определению применяемого уровня пожаробезопасности. В Российской Федерации наиболее всеохватывающей оценкой соответствия объектов защиты является федеральный государственный пожарный надзор, которым проводятся соответствующие проверки. Так согласно сведениям, изложенным на сайте со статистическими показателями МЧС России, за 2018 г. проведено 39 425 проверок в области пожарной безопасности, проведенных инспекторами пожарного надзора. По результатам проверок вручены предписания по 20 980 объектам. Фактически на 53 % объектов пожарная безопасность надлежащим образом не обеспечивается [1].

Данная ситуация зачастую возникает по причине ненадлежащей деятельности организаций по обеспечению пожаробезопасности объектов. Вместе с тем ведут свою деятельность и добросовестные руководители, на пути которых возникают нормативно-технические коллизии при выполнении противопожарных норм и правил.

В связи с развитием в нашей стране технического регулирования и возможностью выполнения ряда норм на добровольной основе, технические регламенты стали основополагающими требованиями [2, 3]. То есть фактически технические регламенты явились нормативно-правовыми актами с обязательными требованиями, своды правил и национальные стандарты – нормативными документами с добровольными положениями.

Данное обстоятельство позволило производителям и собственникам товаров и объектов быть более конкурентоспособными за счет возможности удовлетворения потребителей большей разнообразностью продукции. Безусловно, должно выполняться одно условие – условие безопасности. Техническое регулирование привело и к разнообразию форм оценок соответствия, и, как следствие, к разнообразию критериев. Как правило, данные формы и критерии не взаимозаменяют, не исключают друг друга, а дополняют. Применение различных форм оценок соответствия объекта защиты позволяет всесторонне рассмотреть и изучить объект, установить альтернативные, более эффективные решения, чем те, которые изложены в нормах.

Несмотря на положительную тенденцию в нормативно-техническом регулировании, возник вопрос о необходимости выполнения требований, которые ранее были обязательными, а в настоящее время являются рекомендательными. В отношении таких объектов законодатель определил, что если техническим регламентом установлены более высокие требования, то возможно выполнение ранее установленных норм. В свою очередь, если проведен капитальный ремонт или реконструкция объекта, то необходимо выполнение современных действующих требований [2].

Так возник ряд вопросов, решение которых необходимо проводить безотлагательно. Возникшие вопросы фактически и являются коллизиями в силу противоречий. Рассмотрим некоторые из них.

1. Как понять термин: «более высокие требования»?

К примеру, установка противоподымных дверей позволит задержать опасные факторы пожара. Вместе с этим дополнительные двери будут являться дополнительными препятствиями эвакуации людей при возникновении пожара.

Также, с одной стороны, размещение первичных огнетушащих средств является необходимым требованием пожаробезопасности, с другой стороны, их применение увеличит время начала эвакуации, так как появляется риск самостоятельного применения огнетушителей. То же самое можно сказать про размещение в зданиях и сооружениях пожарных кранов.

2. Почему необходимо выполнение норм, которые применялись до вступления в силу технического регламента? Зачастую данные нормативные акты в настоящее время утратили силу, да и в самих нормах не определено их действие до или после начала деятельности объекта.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации, имеющей наивысшую юридическую силу в стране, все граждане имеют право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности [4]. В данной ситуации уровень обеспечения пожарной безопасности людей, находящихся в зданиях и сооружениях, введенных в эксплуатацию до и после вступления в силу Технического регламента по пожарной безопасности, не одинаков.

3. Особый вопрос возникает в том, что при проведении ремонта капитального характера на объекте применяются современные требования, установленные техническим регламентом в объеме работ проведенного ремонта. Так, при проведении капитального ремонта в настоящее время, например, на пятом этаже десятиэтажного здания, введенного в эксплуатацию до вступления в силу технического регламента по безопасности в области недопущения пожаров, на пятом этаже будут предъявляться требования пожаробезопасности, установленные техническим регламентом, для остальных этажей будут установлены требования, действующие до введения в действие соответствующего регламента.

Вместе с тем отсутствует однозначность условий соответствия объекта требованиям безопасности в области пожарной безопасности. Так считается, что пожаробезопасность обеспечивается при выполнении одного из следующих условий:

1. Должен быть проведен комплекс мероприятий, изложенный в техническом регламенте, а также риски должны соответствовать минимально необходимым значениям.

2. По аналогии с вышеизложенным условием, при выполнении всех требований технического регламента. Вместе с этим должны быть выполнены мероприятия, приведенные в документах, являющихся нормативными по пожаробезопасности [2]. Как видно, расчет пожарных рисков [5] приравнен к требованиям, изложенным в нормах. То есть

речь идет о сопоставлении и приравнивании независимых друг от друга документов. Так в исходные данные по расчетам пожарных рисков входят далеко не все параметры, изложенные в нормативных документах. Для устранения данной коллизии в методику по определению расчетных величин пожарного риска необходимо внести изменения в части тех фактов, которые позволят получить результаты с учетом проведенных расчетов риска, то есть данные работы необходимо учитывать в части объектов, которые рассматривались [5].

К данным вопросам можно добавить необходимость устранения противоречий, имеющих в нормативных актах, когда требования в одном документе отличаются от требований другого. Так, в соответствии с Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности устанавливаются временные рамки прибытия пожарных подразделений: в городских округах 10 мин, в сельских поселениях – 20 мин [3], что противоречит Конституции Российской Федерации, которая дает равное право на жизнь каждому человеку, независимо от места его проживания [4].

Другой пример, правила противопожарного режима в Российской Федерации категорически запрещают хранение баллонов с горючими газами в жилье [6]. Вместе с этим сводами правил по газораспределительным системам хранение баллонов с газом в квартирах разрешается при определенных условиях [7].

Противоречия имеют место в законодательных актах Российской Федерации в части, касающейся реализации полномочий органами местного самоуправления по обеспечению пожарной безопасности на вверенной им территории. В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» выполнение органами местного самоуправления вопросов городского поселения относится к требованиям по обеспечению пожаробезопасности населения, являющихся первичными [8]. В свою очередь, регламентом, являющегося техническим в области обеспечения пожаробезопасности объектов, к первичным мерам отнесено девять мероприятий. Законодательством же по пожарной безопасности уменьшено количество первичных мер до трех [9].

Рассмотрев ряд нормативно-технических коллизий, можно предложить следующую схему порядка их устранения (рисунок).



Рис. Порядок устранения нормативно-технических коллизий в области пожарной безопасности

Согласно представленной схеме в целях устранения ранее рассмотренных нормативно-технических коллизий в области пожарной безопасности необходимо, чтобы требования национальных стандартов и сводов правил были сопоставимы с расчетной методикой по оценке пожарного риска. В свою очередь, связующим звеном между современными требованиями и требованиями, действующими до вступления в силу технического регламента о требованиях пожаробезопасности, предлагается проектно-сметная документация на объект защиты. Выполнение данной документации актуально по причине того, что она действует на всех этапах жизненного цикла объекта с учетом действующих норм в области пожарной безопасности, соответствующих текущему периоду времени.

Актуальность проблемы устранения нормативно-технических коллизий очевидна и заключается в том, что при наличии противоречий не обеспечивается надлежащим образом безопасность людей, предоставленная им конституционным правом. Также требования пожарной безопасности в ряде случаев имеют неоднозначную интерпретацию. Противоречия или неоднозначность требований могут быть неверно истолкованы и являться дополнительными нормативными барьерами при выполнении мероприятий по обеспечению пожарной безопасности людей.

Малоэффективные мероприятия приводят к дополнительным финансовым затратам. Особенно остро данная проблема стоит перед добросовестными организациями, которые готовы проводить весь необходимый комплекс противопожарных мероприятий. Они заинтересованы в выполнении всех актуальных для их объектов требований, которые установлены соответствующими нормами по пожарной безопасности, действующие на территории Российской Федерации.

Собственники объектов, которые нарушают противопожарные требования, не заботятся об обеспечении безопасности своих работников. Недобросовестные организации не заинтересованы в актуальности норм в силу своей неисполнительности и низкой культуры безопасности.

Предприятия, нарушающие нормы в области пожарной безопасности, не заботящиеся о безопасности своих работников, не заинтересованы в актуальности норм в силу их неисполнения.

Сложившаяся ситуация приводит не только к неравным социальным правам граждан, обусловленным различными подходами работодателей к безопасности своих работников, но и экономически не равным условиям деятельности предприятий. Организации готовы в разной степени выполнять требования по пожарной безопасности в зависимости от социальной грамотности собственников предприятий. Это указывает на неравную конкурентоспособность организаций. Добросовестные предприятия несут дополнительные убытки, затрачиваемые на противопожарные мероприятия, которые при возникновении пожара не дадут необходимый эффект. Препятствия на пути развития отдельных предприятий послужат задержкой развития Российской Федерации в целом.

С учетом того, что Российская Федерация вошла во Всемирную торговую организацию и выбрала путь развития малого и среднего предпринимательства, возникает потребность в выполнении международных законов и норм, на основе которых внедрено техническое регулирование, в том числе по выполнению требований в области пожарной безопасности [1]. Техническое регулирование позволяет разработать максимально эффективные, в том числе отсутствующие в нормах, мероприятия по обеспечению пожарной безопасности населения. С учетом развития технического регулирования безусловное выполнение добровольных норм не требуется, то есть нормативные документы в настоящее время выполняются на необязательной основе.

На пути развития предпринимательства в России нормативно-технические коллизии устанавливают дополнительные административные барьеры. Неоднозначность, двоякость и противоречивость норм позволяют инспекторам по пожарному надзору, осуществляющих контроль за выполнением соответствующих требований в контролируемой области,

интерпретировать их на свое усмотрение, в зависимости от удобства для себя их применения, что уже приводит к коррупционной составляющей.

С учетом вышеизложенного, нельзя недооценивать гармонизацию выполнения существующих требований по пожаробезопасности. Устранение нормативно-технических коллизий в современных условиях является основополагающей задачей, решение которой необходимо для дальнейшего развития Российской Федерации.

Литература

1. Статистические данные о пожарах (загораниях) и последствиях от них в Российской Федерации за 2018 год // ЗАТО Звездный. URL: <http://zvezdny.permarea.ru/Novosti/Novosti/2019/02/01/194648/> (дата обращения: 25.03.2019).

2. Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 6 окт. 1999 г. № 184-ФЗ (в ред. от 6 февр. 2019 г.). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_14058/ (дата обращения: 25.03.2019).

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 23 июня 2014 г.) (принят Гос. Думой 22 июля 2008 г.; с изм. и доп., вступ. в силу с 13 июля 2014 г.). М.: Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 30. Ч. 1. Ст. 3579.

4. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 дек. 1993 г.) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2014. № 31. Ст. 4398.

5. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 // МЧС России. URL: https://www.mchs.gov.ru/law/Normativno_pravovie_akti_Ministerstva/item/5380580 (дата обращения: 23.03.2019).

6. О противопожарном режиме: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390 (в ред. от 30 дек. 2017 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. СП 62.13330.2011*. Газораспределительные системы // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084535> (дата обращения: 25.03.2019).

8. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 6 окт. 2003 г. № 131-ФЗ (в ред. от 6 февр. 2019 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

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



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

О ПОДХОДЕ К СНИЖЕНИЮ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ

О.В. Ударцева, доктор технических наук, профессор.

Тюменский индустриальный университет.

С.А. Гальцев, кандидат философских наук, профессор.

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Предлагается способ снижения вероятности чрезвычайных ситуаций при эксплуатации криогенных установок. Определена и подтверждена расчетами возможность снижения давления в системе без нарушения функциональных параметров установки. Рассмотрен алгоритм расчета пропускной способности предохранительных клапанов резервуара для оценки потерь на потребление. Предложено решение, направленное на снижение пожаровзрывоопасности криогенных установок.

Ключевые слова: криогенные установки, чрезвычайные ситуации техногенного характера, безопасность эксплуатации

ON THE APPROACH TO THE REDUCTION OF FIRE AND INFLAMMATION OF THE EXPLOITED CRYOGENIC SYSTEMS

O.V. Udartseva. Industrial university of Tyumen.

S.A. Galtsev. Irkutsk national research technical university

The article proposes an approach to reducing the probability of emergency in the operation of cryogenic plants. It is defined and confirmed by calculations, possibility of pressure decrease without violation of functional parameters of system. The algorithm of calculation of capacity of safety valves of the tank for an estimation of losses on consumption is considered. The solution aimed at reducing the fire and explosion hazard of cryogenic plants is proposed.

Keywords: cryogenic installations, emergency situations of technogenic character, operational safety

В связи с увеличением числа и сложности функционирующих потенциально опасных промышленных объектов возрастает вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера [1]. Вопросы повышения надежности разнообразных технических устройств и систем становятся все более актуальными во всех отраслях экономики. В рамках данной статьи в качестве фактора опасности рассматриваются сосуды с криогенными продуктами, работающие под давлением, используемыми в учреждениях здравоохранения. При

эксплуатации криогенных систем возникает опасность возможного воспламенения веществ и взрыва оборудования вследствие избыточного давления газов [2].

Целью данного исследования является изучение способа снижения пожаровзрывоопасности криогенных установок, используемых в различных учреждениях.

Постановка задачи – определить техническую возможность регулирования рабочего давления в системе централизованного кислородоснабжения с целью снижения вероятности возникновения взрывов и пожаров.

Наиболее частыми причинами возникновения ЧС на криогенных установках, работающих под давлением, являются несоответствие их конструкции максимально допустимому давлению. В рамках данного исследования изучение конструктивных особенностей установок не представляется возможным, поэтому решение задачи снижения пожаровзрывоопасности системы основано на изучении параметров давления централизованного кислородоснабжения.

В качестве объекта исследования рассмотрена криогенная установка – ГХК 3/1,6–200 (рис.). Данная установка необходима для централизованного снабжения учреждений кислородом, азотом и другими веществами. Но вместе с тем эксплуатация данной системы сопряжена с образованием взрывоопасных горючих смесей при разгерметизации оборудования, травмированием персонала осколками и загрязнением окружающего воздуха свыше предельно допустимой концентрации. Основным элементом исследования данной системы является регулятор давления.

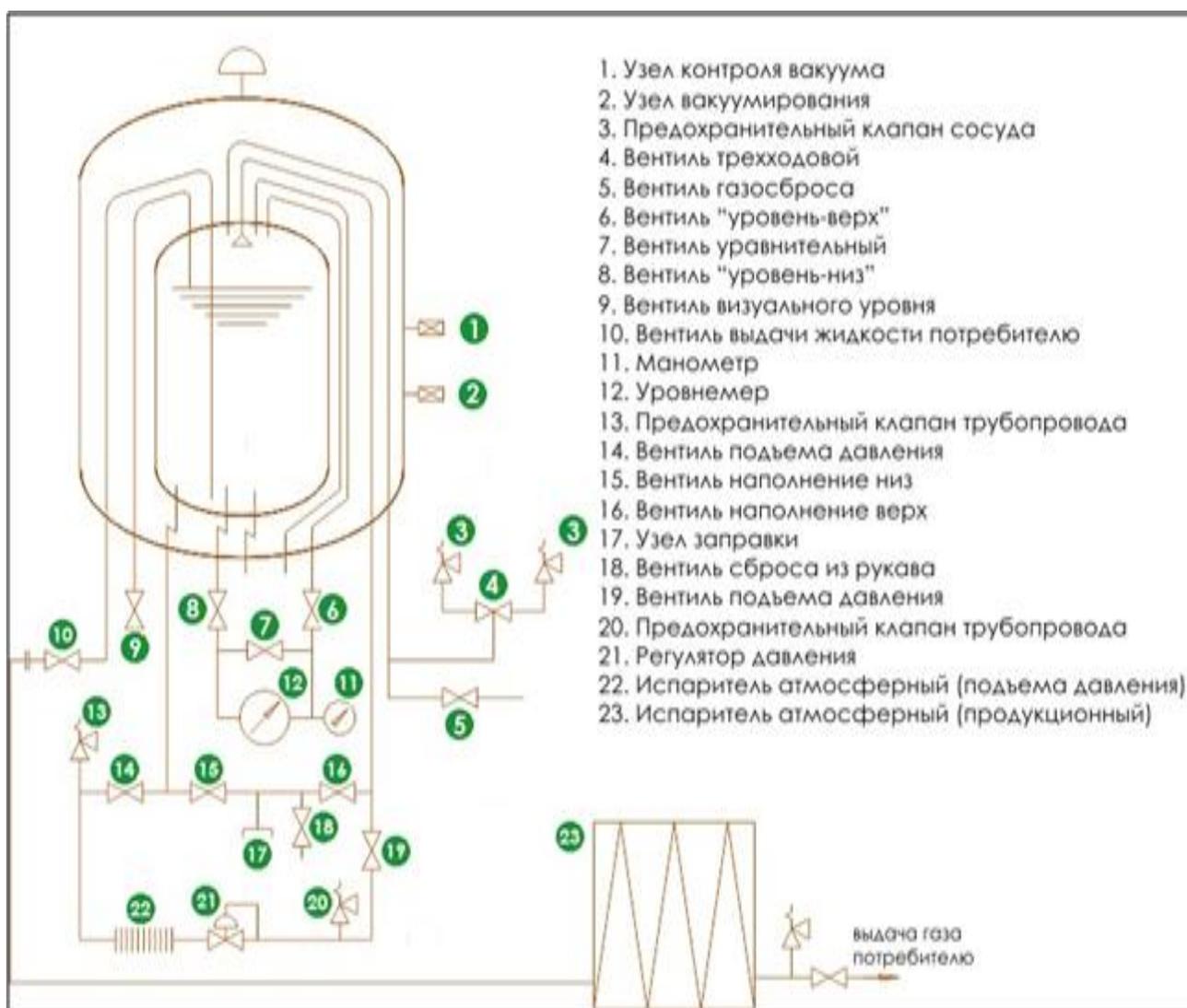


Рис. Принципиальная схема стационарного газификатора

Для решения поставленной задачи проведен анализ опасных факторов, определяющих пожаровзрывоопасность системы:

- возможное повышение давления при хранении и транспортировке криогенных продуктов, термическое деформирование, увеличение хрупкости металла при низкой температуре и разрушение оборудования из-за взрыва, возникновение пожаров;
- низкие температуры криогенных продуктов;
- обмороживание при контакте с криогенными продуктами вследствие глубокого охлаждения.

Несмотря на наличие опасных факторов, необходимость использования данной криогенной установки обоснована следующим:

1. Газификатор ГХК 3/1,6–200 позволяет заменить 40 стандартных баллонов. Отсутствуют операции подключения и отключения баллонов к газовой рампе, снижает опасность разгерметизации и взрыва.

2. Газификатор ГХК 3/1,6–200 имеет рабочее давление до 16 кгс/см², наличие вакуумной изоляции исключает потери продукта, что позволяет обеспечивать непрерывное газоснабжение в течение длительного времени с автоматическим контролем его уровня.

Одним из вариантов решения проблемы пожаровзрывоопасности криогенных установок, предложенный Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности, п. 318 «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», являются рекомендации по снижению рабочего давления в процессе эксплуатации на основании произведенных расчетов пропускной способности предохранительных устройств [3–5].

Данное предложение может быть использовано для снижения пожаровзрывоопасности газификатора ГХК3/1,6–200М с рабочим давлением – 1,6 МПа путем перевода его на пониженное давление – 1,2 МПа [3].

Для реализации предлагаемого решения необходимо выполнить расчет пропускной способности предохранительных клапанов резервуара для рабочего давления 1,2 МПа.

1. Расчет пропускной способности предохранительного устройства по наружному трубопроводу (для расчета взяты типовые параметры трубопровода, в качестве криогенного продукта – кислород).

Скорость кислорода 200 м³/час при нормальных условиях.

При эксплуатации избыточное давление в системе составляет P=1,2 МПа – рабочее давление в системе +0,01 МПа, то есть абсолютное давление P=1,3 МПа. Длина наружного трубопровода L=120 м.

Диаметр сечения наружного трубопровода d₁=20 мм=0,02 м.

Определяем объем газа при рабочих параметрах: P₁V₁ = P₂V₂.

$$V_2 = \frac{1 \cdot 200}{1,3} = 15,4 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Рассчитываем площадь сечения трубопровода:

$$S_{\text{сеч}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,02^2}{4} = 0,000314 \text{ м}^2,$$

где S_{сеч} – площадь сечения, м²; d₁ – диаметр сечения наружного трубопровода, м.

Определяем скорость газа в трубопроводе:

$$V = S_{\text{сеч}} \cdot \omega \cdot 3600;$$

$$\omega = \frac{V}{S_{\text{сеч}} \cdot 3600} = \frac{15,4}{1,13} = 13,6 \text{ м/сек,}$$

где ω – скорость движения кислорода в трубопроводе, м/с; S_{сеч} – площадь сечения, м².

Коэффициент сопротивления трения:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,3164}{Re^{0.25}} = \frac{0,3164}{99100^{0.25}} = 0,0178.$$

Поправка на кривизну трубопровода:

$$\frac{\varepsilon R}{\varepsilon} = 1,1.$$

Гидравлическое сопротивление в наружном трубопроводе:

$$\Delta\rho_1 = \varepsilon_1 \left(\frac{\varepsilon R}{\varepsilon} \right) \cdot \frac{L_{cp}}{d_1} \cdot \frac{\rho_1 \omega_1^2}{2};$$

$$\Delta\rho_1 = 0,0178 \cdot 1,1 \cdot \frac{120 \cdot 12 \cdot 13,6^2}{0,02 \cdot 2} \cdot 10^6 = 0,1303 \text{ кгс/см}^2,$$

где ε – коэффициент сопротивления от трения; $\frac{\varepsilon R}{\varepsilon}$ – поправка к коэффициенту сопротивления на кривизну трубопровода.

2. Расчет пропускной способности предохранительного устройства по внутреннему трубопроводу.

Внутренний трубопровод имеет несколько веток после центральной системы распределения (ЦСР). Выбираем для расчета наиболее нагруженную и наиболее длинную ветку. Рабочие параметры избыточное давление в системе $P=0,55$ МПа – рабочее давление в системе $+0,01$ МПа, то есть абсолютное давление $P=0,65$ МПа.

Расход газа на один аппарат составляет 105 л/мин= 6300 л/час= $6,3$ м³/час.

Количество аппаратов на одной линии включает – 3 шт.

Суммарный расход по данной ветке составляет $6,3 \times 3,0=18,9$ м³/час.

Длина внутреннего трубопровода – $L=80$ м.

Диаметр сечения внутреннего трубопровода $d_2=7$ мм= $0,007$ м.

Определяем объем газа при рабочих параметрах: $P_1 V_1 = P_2 V_2$.

$$V_2 = \frac{1 \cdot 18,9}{6,5} = 2,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Находим площадь сечения трубопровода:

$$S_{сеч} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,007^2}{4} = 0,000038 \text{ м}^2,$$

где $S_{сеч}$ – площадь сечения, м²; d_l – диаметр сечения внутреннего трубопровода, м; π – постоянная величина – $3,14$.

Определяем скорость газа в трубопроводе:

$$V = S_{сеч} \cdot \omega \cdot 3600; \quad (9)$$

$$\omega = \frac{V}{S_{сеч} \cdot 3600} = \frac{2,9}{0,1368} = 21,1 \text{ м/сек}.$$

Коэффициент сопротивления трения:

$$\varepsilon_2 = \frac{0,3164}{Re^{0.25}} = \frac{0,3164}{89200^{0.25}} = 0,0184.$$

Поправка на кривизну трубопровода:

$$\frac{\varepsilon R}{\varepsilon} = 1.1.$$

Гидравлическое сопротивление в наружном трубопроводе:

$$\Delta\rho_2 = \varepsilon_2 \left(\frac{\varepsilon R}{\varepsilon} \right) \cdot \frac{L_{\text{ср}}}{d_2} \cdot \frac{p_2 \omega_2^2}{2},$$

$$\Delta\rho_2 = 0,0184 \cdot 1,1 \frac{80 \cdot 6,5 \cdot 21,1^2}{0,007 \cdot 2} \cdot 10^6 = 0,3347 \text{ кгс/см}^2.$$

Суммарный расход по внутренней и наружной сети трубопровода составляет:

$$\Sigma \Delta\rho = \Delta\rho_1 + \Delta\rho_2; \Sigma \Delta\rho = 0,1303 + 0,3347 = 0,465 \text{ кгс/см}^2.$$

Из расчетов можно сделать вывод, что давление в криогенной системе централизованного кислородоснабжения снижено на 0,0465 МПа, рабочее давление – 1,2 МПа достаточно для бесперебойной подачи кислорода потребителю.

Предлагаемое решение по снижению пожаровзрывоопасности позволит:

1. Снизить нагрузку, действующую на внутреннюю поверхность сосуда в рабочих условиях и в условиях испытаний с учетом веса содержимого, сократить вероятность разгерметизации.

2. Минимизировать возможность разрыва предохранительного клапана в связи со снижением давления на 0,0465 МПа при рабочем давлении 1,2 МПа, с последующей утечкой взрывоопасного вещества.

3. Понизить затраты на содержание ГХК 3/1,6–200 М, его техническое обслуживание.

В статье предложена методика снижения вероятности возникновения ЧС, связанных с эксплуатацией криогенных газификаторов марки ГХК 3/1,6-200 М при рабочем давлении 1,6 МПа, основанная на расчете пропускной способности предохранительного клапана. Полученные данные позволяют перевести криогенный газификатор на пониженное давление – 1,2 МПа, что сокращает вероятность возникновения аварий. Использование математически обоснованного варианта решения задачи направлено на сокращение вероятности возникновения ЧС без нарушения функционирования системы централизованного кислородоснабжения.

Литература

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 20 дек. 2016 г. № 696. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Файнштейн В.И. Кислород, азот, аргон. Безопасность при применении. М.: Энергия, 2005. 407 с.

3. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»: Приказ от 25 марта 2014 г. № 116 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 02.03.2019).

4. Аржанухин И.О., Глотов Е.Н. Методика обоснования способов локализации и дегазации низкипящих аварийно химических опасных веществ пенными рецептурами // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. № 3. С. 35–37.

5. Ударцева О.В., Гальцев С.А. Методика анализа и оценки рисков аварийных ситуаций на химически опасных объектах // Научные образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. № 1 (36). С. 36–41.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ РАЗВЕДКИ ПОЖАРОВ

А.А. Горбунов, кандидат военных наук, доцент.

Академия ГПС МЧС России.

С.Н. Терехин, доктор технических наук, доцент;

С.А. Гусаков.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Статья посвящена анализу информационного обеспечения ведения разведки силами газодымозащитной службы при проведении разведки на основе локальной системы позиционирования подразделений пожарной охраны МЧС России. Исследуется проблема оснащения звеньев газодымозащитной службы при тушении крупных пожаров и в труднодоступных местах. Особое внимание уделяется ухудшению видимости при сильном задымлении, при работе в подземных сооружениях, зданиях повышенной этажности.

Ключевые слова: оперативный штаб, информационно-навигационная система, газодымозащитная служба, непригодная для дыхания среда, тепловизионная система определения местонахождения, тепловизионная карта объекта

NEW TECHNOLOGIES FOR FIRE EXPLORATION

A.A. Gorbunov. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

S.N. Terehin; S.A. Gusakov.

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

The work is devoted to the analysis of information support for the conduct of reconnaissance by the forces of the gas and smoke protection service during reconnaissance on the basis of the local positioning system of the fire brigade units of the EMERCOM of Russia. The problem of equipping gas and smoke protection service links in extinguishing large fires and in hard-to-reach places is investigated. Particular attention is paid to the deterioration of visibility with strong smoke, when working in underground structures, buildings of high-rise.

Keywords: operational headquarters, information and navigation system, gas and smoke protection service, environment unsuitable for breathing, thermal imaging system for determining the location, thermal imaging map of the object

Стремительное развитие общества поставило задачу совершенствования оснащения подразделений пожарной охраны для обеспечения ведения разведки и боевых действий силами газодымозащитной службы (ГДЗС) для предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) и совершенствования управления данной системой.

Наиболее важным и значимым условием повышения качества управления ведения разведки пожара и предотвращения человеческих жертв и материальных потерь является наличие своевременного информационного обеспечения звеньев ГДЗС о сложности планировки, местонахождении пострадавших, среде и объекте при разведке.

Обстановка с пожарами в Российской Федерации, как и прежде, остается напряженной и оказывает негативное влияние на многие сферы общества.

Разведка пожара – это совокупность мероприятий, проводимых в целях сбора информации о пожаре для оценки обстановки и принятия решений по организации действий по тушению пожара и проведения аварийно-спасательных работ (АСР). Особое внимание стоит уделить проведению разведки в труднодоступных местах.

Государственная противопожарная служба МЧС России принимает меры по улучшению обстановки с пожарами в Российской Федерации, вносит изменения в нормативные документы, регламентирующие пожаротушение и направленные

на совершенствование как тактики, так и методики тушения пожаров и проведения спасательных работ.

Чтобы понять, какие новые технологии могут помочь подразделениям пожарной охраны при проведении разведки, следует проанализировать построение разведки в Российской Федерации на основе существующих технологий сбора и обработки информации о пожаре.

Согласно Приказу МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» при проведении разведки пожара устанавливаются:

- наличие и характер угрозы людям, их местонахождение, пути, способы и средства спасения (защиты) людей, а также необходимость защиты (эвакуации) имущества;
- объект пожара, место и размер пожара (площадь, объем), пути распространения огня;
- возможные пути и направления ввода сил и средств подразделений пожарной охраны для проведения боевых действий по тушению пожаров;
- опасность взрыва, радиоактивного заражения, отравления, обрушения, наличие легковоспламеняющихся веществ;
- наличие и возможность вторичных проявлений опасных факторов пожара (ОФП), в том числе обусловленных особенностями технологии и организации производства в организациях;
- необходимость эвакуации имущества и материальных ценностей, а также возможность их защиты от ОФП;
- наличие и возможность использования систем и средств противопожарной защиты организаций;
- местонахождение ближайших водоисточников и возможные способы их использования;
- наличие электроустановок под напряжением, способы и целесообразность их отключения;
- состояние и поведение строительных конструкций здания (сооружения), необходимость и места их вскрытия и разборки;
- достаточность сил и средств подразделений пожарной охраны, привлекаемых к тушению пожара;
- иные данные, необходимые для выбора решающего направления.

Способами проведения разведки пожара являются:

- обследование помещений, зданий, сооружений, транспортных средств; опрос осведомленных лиц;
- изучение документации.

При проведении разведки пожара используются документация и сведения, представляемые должностными лицами организаций, обладающими информацией о планировке, особенностях технологических процессов производства, а также планы и карточки тушения пожаров.

Разведка пожара проводится руководителем тушения пожара (РТП), а также должностными лицами, возглавляющими и осуществляющими проведение боевых действий по тушению пожаров на порученном им участке работы.

При организации разведки пожара РТП:

- определяют направления проведения разведки пожара и лично проводится разведка пожара на наиболее сложном и ответственном участке;
- определяется количество и состав групп разведки пожара, ставятся перед ними задачи, определяются применяемые средства и порядок связи, пожарный инструмент, оборудование и снаряжение, необходимые для проведения разведки пожара;
- принимаются меры по обеспечению безопасного ведения разведки пожара участниками боевых действий по тушению пожаров, а в непригодной для дыхания среде –

звеньями ГДЗС, имеющими на вооружении средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), с выставлением поста безопасности;

– устанавливается порядок передачи полученной в ходе разведки пожара информации.

В состав групп разведки пожара входят:

– РТП и связной, если на пожар прибыло одно отделение;

– РТП, командир одного из отделений и связной, если на пожар прибыли два и более отделений.

Количество и состав групп разведки пожара может изменяться по решению РТП.

Участники боевых действий по тушению пожаров, ведущие разведку пожара, обязаны:

– иметь при себе СИЗОД, необходимые средства спасения, связи, тушения, приборы освещения, инструмент для вскрытия и разборки конструкций, средства страховки и иное необходимое оборудование для проведения боевых действий по тушению пожаров;

– проводить работы по спасению людей в случае возникновения угрозы их жизни и здоровью;

– оказывать при необходимости первую помощь пострадавшим;

– соблюдать требования правил охраны труда и правил работы в СИЗОД;

– принимать в случае обнаружения очага пожара необходимые меры по его тушению;

– докладывать своевременно в установленном РТП порядке результаты разведки пожара и полученную в ее ходе информацию.

При наличии явных признаков горения разведка пожара проводится со стволом «первой помощи», при этом насос автоцистерны заполняется водой для быстрой ее подачи в рабочую линию (при пожаре на этажах зданий создается резерв рукавных линий у зоны пожара для осуществления маневров со стволом) [1].

Чтобы быстро осмотреть большое количество задымленных помещений, разведывательные группы целесообразно направлять параллельно (по этажам) или навстречу друг другу.

Разведка пожара проводится одновременно несколькими группами в тех случаях, если горением охвачено несколько этажей или значительная площадь, этажи сильно задымлены или отсутствуют внешние признаки горения.

Если прибывшее на пожар подразделение никто не встретил, РТП направляет разведывательные группы по внутренним лестницам и по этажам для отыскания места горения. При обнаружении пожара подается сигнал (сирена) для сбора личного состава боевых расчетов.

При тушении пожара в условиях сильного задымления РТП обязан организовать разведку во всех задымленных помещениях и принять меры к поиску и спасению людей.

Если разведка проводится одновременно несколькими группами и в разных направлениях, РТП должен определить число разведывательных групп и их состав, назначить старших разведывательных групп и поставить им задачи; определить порядок передачи сообщения полученных данных, определить и указать вид пожарно-технического вооружения (ствол от автоцистерны, внутреннего пожарного крана), которое необходимо взять с собой в разведку. Перед разведывательными группами РТП ставит конкретные задачи по выяснению обстановки на пожаре, указывает направление их движения и места встречи для доклада о результатах.

Ведущие разведку обязаны: следовать к месту пожара кратчайшим путем; немедленно оказывать помощь пострадавшим, производить спасение людей; ограничивать распространение огня; тщательно проверять помещения, смежные с горящим; при наличии открытого горения принимать меры для тушения пожара; обеспечивать защиту материальных ценностей и оборудования от огня, дыма и воды, используя имеющиеся средства и подручные материалы; устанавливать и поддерживать постоянную связь со штабом или постом безопасности [2].

Согласно Приказу МЧС РФ от 9 января 2013 г. № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде», для выполнения поставленных задач каждое звено ГДЗС должно иметь необходимый минимум оснащения, который предусматривает:

- СИЗОД;
- спасательное устройство, входящее в комплект СИЗОД (одно на каждого газодымозащитника);
- прибор контроля местонахождения пожарных (при его наличии);
- средства связи (радиостанция, переговорное устройство или иное табельное средство);
- приборы освещения: групповой фонарь – один на звено ГДЗС и индивидуальный фонарь – на каждого газодымозащитника;
- лом легкий;
- пожарную спасательную веревку;
- путевой трос (по решению командира звена);
- средства тушения (рабочая рукавная линия с примкнутым к ней перекрывным стволом, огнетушитель);
- инструмент для проведения специальных работ на пожаре (открывания дверей и вскрытия конструкций (при необходимости выполнения работ).

В зависимости от поставленной задачи в оснащение звена ГДЗС дополнительно включаются следующие технические средства:

- приборы контроля состояния окружающей среды, тепловизор (при его наличии), приборы радиационной и химической разведки (при их наличии);
- изолирующие самоспасатели для обеспечения эвакуации людей из зоны с ОФП (аварии);
- специальная защитная одежда изолирующего типа (СЗО ИТ), а также специальная защитная одежда от повышенных тепловых воздействий (СЗО ПТВ);
- пожарный инструмент и оборудование (брезентовая перемычка, комплект II–III типов защиты от поражения электрическим током, домкрат, аварийно-спасательный инструмент) [3].

Важнейшим элементом защиты пожарного является каска пожарного. Рассмотрим шлем пожарного Dräger HPS 7000 (рис. 1).



Рис. 1. Шлем пожарного Dräger HPS 7000

Основным предназначением шлема является защита пожарного во время выполнения работы по тушению пожара, проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР). Шлем пожарного Dräger HPS 7000 помогает выполнять поставленные задачи, среди множества положительных сторон можно выделить: оптимальный баланс

каска – индивидуально регулируется в затылочной и подбородочной области, современное удлиненное забрало обеспечивает защиту лица и высокое качество обзора, забрала из термостойкого полиэфирсульфона надежно защищают глаза и лицо от высоких температур, частиц и жидких химикатов и многие другие конструкторские решения. Но все эти преимущества в оснащении шлема не решают проблему информационно-навигационного и координатно-временного ориентирования при проведении разведки пожара [4].

Авторами предложена разработка мобильной тепловизионной системы «Шлем-камера» (рис. 2), которая позволила бы обеспечить не только защиту пожарного, но и оператора передвижного пункта управления (ППУ) требуемым видеоизображением с места тушения и проведения АСР звеньями ГДЗС для их контроля и информационной поддержки.

Звенья ГДЗС, работающие на пожаре и оборудованные мобильными тепловизорами «Шлем-камера» (рис. 2), непрерывно передают данные о своем местоположении и оперативную обстановку в штаб тушения пожара по средствам беспроводной связи. В результате обработки этих данных получается тепловизионная карта объекта (ТКО) [4].



Рис. 2. «Шлем-камера»

Работа сотрудников ГДЗС осложняется воздействием ОФП: открытое пламя, искры, высокое тепловое воздействие от нагретых конструкций и очага пожара, сильное задымление помещений и т.д. [5]. Поэтому оснащение ППУ мобильными тепловизионными системами определенно повысило бы эффективность и скорость проведения аварийно-спасательных и других видов работ в условиях ограниченной видимости, а также сократило бы количество гибели пожарных при исполнении служебного долга (рис. 3).



Рис. 3. Оснащение ППУ мобильными тепловизионными системами

ППУ являются составными элементами запасных пунктов управления. Они создаются заблаговременно, оборудуются на специальных командно-штабных машинах или на специально дооборудованных транспортных средствах и должны быть способны быстро перемещаться, разворачиваться, устойчиво работать круглосуточно, поддерживать связь на ходу (рис. 4).



Рис. 4. Мобильный комплекс управления ППУ

Основными задачами оперативных штабов ликвидации ЧС (ОШ ЛЧС) являются:

- сбор, обработка и анализ данных об обстановке в зоне ЧС, передача необходимой информации руководителю работ по ликвидации ЧС; прогнозирование развития ЧС и их последствий;
- определение потребности в силах и средствах Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) для ликвидации ЧС, подготовка предложений для руководителя работ по ликвидации ЧС по их привлечению;
- планирование и организация работ по предупреждению и ликвидации ЧС;
- обеспечение контроля выполнения поставленных задач по ликвидации ЧС;
- ведение учета сил и средств в зоне ЧС; создание резерва сил и средств для ликвидации ЧС; обработка и представление информации о ходе ликвидации ЧС;
- организация взаимодействия с органами управления и силами функциональных и территориальных подсистем РСЧС;
- организация всестороннего обеспечения группировки сил и средств РСЧС;
- организация оповещения и информирования населения через средства массовой информации и по иным средствам; подготовка проектов и оформление решений соответствующих руководителей [5].

При этом особое внимание уделяется специальному оснащению оперативных штабов на базе ППУ, предназначенных для обеспечения функционирования оперативной группы территориального органа МЧС России в зоне ликвидации ЧС и тушении пожаров.

Согласно Приказу министра МЧС России от 25 февраля 2013 г. № 123 «О мероприятиях по организации оперативного управления МЧС России при реагировании на чрезвычайные ситуации», утверждено Положение об оперативных группах, оперативных штабах ликвидации чрезвычайных ситуаций и подвижных пунктах управления, в котором говорится, что ОШ ЛЧС разворачивается при выполнении мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС с целью реализации решений руководителя работ по наращиванию группировки сил и средств, всестороннего их обеспечения и организации жизнеобеспечения пострадавшего населения, а также организации взаимодействия с органами управления функциональных и территориальных подсистем РСЧС [5].

Рассмотрим оснащение ППУ на базе Higer. ППУ на базе автобуса Higer предназначен для организации управления, координации руководящего состава при авариях, чрезвычайных происшествиях и стихийных бедствиях. ППУ представляет собой функционально законченное изделие на базе автобуса, оборудованного системами связи, автономного электроснабжения, отсеком для проведения совещаний, рабочими местами радистов, санитарно-бытовыми помещениями и комнатой отдыха руководителя (рис. 5) [6].

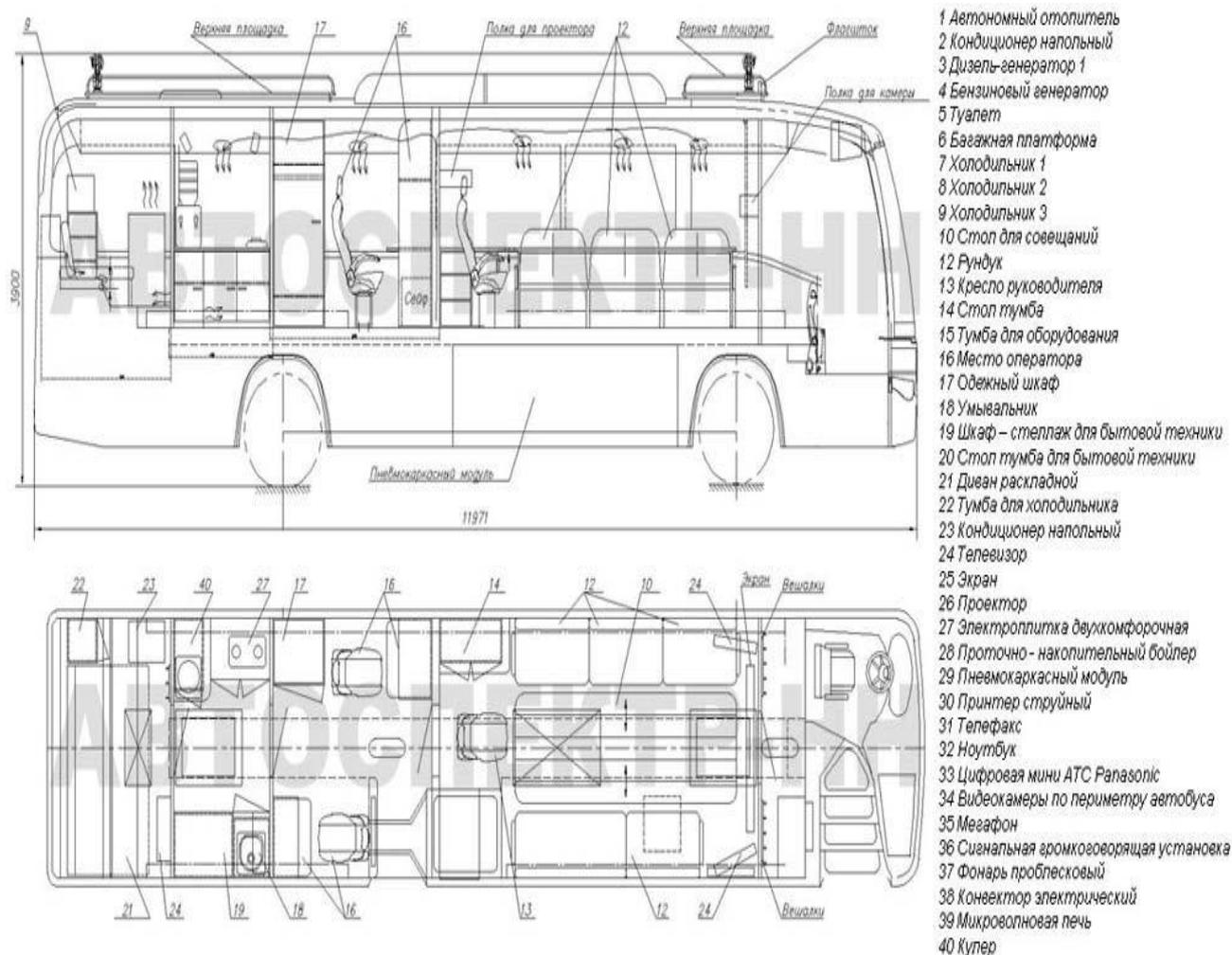


Рис. 5. Состав мобильного комплекса управления ППУ

Состав, оборудование и оснащение ППУ на каждом уровне управления различны с учетом их предназначения. На транспортных средствах ППУ оборудуются рабочие места для глав администраций (руководителей гражданской обороны), членов комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности Минэнерго России и оперативных рабочих групп органа управления гражданской обороны и ЧС, устанавливаются средства связи, обеспечивающие поддержание непрерывной связи с подчиненными и старшими органами управления, подчиненными силами [7].

Таким образом, именно тепловизионная система может стать одним из важных элементов информационного обеспечения ГДЗС. С ее помощью передача сведений об оперативной обстановке на месте пожара или ЧС, идентификации объектов, поиска и обработки данных осуществляется наиболее достоверно и своевременно.

Применение тепловизионных систем позволит повысить эффективность управления, обеспечит более высокий уровень безопасности и позволит сократить время принятия решений при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС.

Применение разработанных систем реализации получения ТКО позволит эффективно контролировать состояние пожарного, своевременно принимать решение на оказание ему помощи и, как следствие, предотвращать возможные несчастные случаи.

Такая система на основе ТКО обеспечит динамическое слежение за развитием пожара и явится серьезным шагом вперед. Ее применение сократит количество пострадавших, так как качественная разведка является одной из первостепенных задач всех подразделений МЧС России.

Литература

1. Терехин С.Н., Корольков А.П., Ульяновский А.А. Информационная поддержка подвижных пунктов управления на основе мобильных тепловизионных систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (32). С. 68–74.

2. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: Приказ МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. Положение об оперативных группах, оперативных штабах ликвидации чрезвычайных ситуаций и подвижных пунктах управления: Приказ МЧС России от 25 февр. 2013 г. № 123. Приложение № 4. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

4. Терехин С.Н., Османов Ш.А. Система управления звеньями ГДЗС МЧС России на основе тепловизионного контроля зданий и сооружений // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 65–71.

5. Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде: Приказ МЧС РФ от 9 янв. 2013 г. № 3. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

6. Терехин С.Н., Юшеров К.С., Синещук Ю.И. Специальное оснащение транспортных средств подвижных пунктов управления при тушении пожаров // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 4. С. 6–12.

7. Совершенствование организации ГДЗС в подразделениях Государственной противопожарной службы: учеб.-метод. пособие. СПб.: С.-Петербур. ун-т МВД России; Акад. права, экономики и безопасности жизнедеятельности, 2000. 32 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ РАБОТАЮЩЕГО НАСЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Н.П. Воропаев, кандидат военных наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Д.Р. Коротеев.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

им. С.М. Кирова

Рассмотрены актуальные вопросы подготовки работающего населения в области гражданской обороны. Отмечена важность дифференцированного подхода при установлении обязанностей организациям, касающихся подготовки работников в области гражданской обороны. Сформулированы предложения, позволяющие устанавливать обязанности организациям по подготовке работников в области гражданской обороны с учетом присвоенной категории риска.

Ключевые слова: вводный инструктаж по гражданской обороне, государственный надзор в области гражданской обороны, гражданская оборона, дифференцированный подход, категория по гражданской обороне, категория риска, курсовое обучение, подготовка населения в области гражданской обороны, работающее население, риск-ориентированный подход, учения и тренировки по гражданской обороне

TOPICAL ISSUES OF TRAINING OF THE WORKING POPULATION IN THE FIELD OF CIVIL DEFENSE

N.P. Voropaev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

D.R. Koroteev. Saint-Petersburg state forest engineering university named after S.M. Kirov

This article deals with topical issues of training of the working population in the field of civil defense. The importance of a differentiated approach in establishing the responsibilities of organizations relating to the training of workers in the field of civil defense. Proposals are formulated to establish the responsibilities of organizations to train workers in the field of civil defense, taking into account the assigned risk category.

Keywords: introductory instruction on civil defense, state supervision in the field of civil defense, civil defense, differentiated approach, category of civil defense, risk category, course training, training of the population in the field of civil defense, working population, risk-oriented approach, exercises and training in civil defense

Гражданская оборона (ГО), решая важнейшую государственную задачу по защите населения и территорий страны от опасностей, возникающих при военных конфликтах и чрезвычайных ситуациях (ЧС), является составной частью системы национальной безопасности. В современных достаточно сложных геополитических, природных, экономических и военно-стратегических условиях актуальность развития ГО значительно возросла. Обеспечение необходимого уровня защищенности населения, материальных и культурных ценностей от опасностей мирного и военного времени достигается подготовкой населения в области ГО, являющейся важнейшей из задач ГО [1]. При этом повышение качества подготовки населения является одним из приоритетных направлений государственной политики в области ГО [2].

Вопросы подготовки населения в области ГО регулирует положение, которое утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 2 ноября 2000 г. № 841 «Об утверждении Положения о подготовке населения в области гражданской обороны» [3]. Последние изменения, которые были внесены в указанное положение, вступили в силу 2 мая 2017 г. В целом внесенные изменения направлены на повышение качества подготовки населения в области ГО. Вместе с тем существенным образом расширился круг обязанностей организаций, касающихся подготовки работников в области ГО. Более того, дополнительные задачи появились не только у организаций, но также у органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и МЧС России.

Далее рассмотрим те дополнительные обязанности, которые появились у организаций.

Во-первых, установлено, что организации обязаны разрабатывать программу курсового обучения в области ГО на основе примерной программы, утвержденной МЧС России [4], и осуществлять соответствующее обучение работников. Здесь важно отметить, что организации осуществлять обучение своих работников в области ГО должны были и ранее. Однако теперь речь идет не о разовых занятиях, а о системном обучении в рамках целых курсов.

Во-вторых, организации обязаны планировать и проводить учения и тренировки по ГО. Ведь в ходе их проведения совершенствуются знания и умения, полученные работниками организации при освоении тем программы курсового обучения. Виды и темы учений и тренировок определяются с учетом характера и масштабов возможных ЧС мирного и военного времени. Для выполнения данной обязанности работодателям необходимо руководствоваться Приказом МЧС России от 24 апреля 2013 г. № 284 «Об утверждении Инструкции по подготовке и проведению учений и тренировок по гражданской обороне, защите населения от чрезвычайных ситуаций, обеспечению пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» [5]. Между тем авторы напоминают, что работодатели также могут руководствоваться разработанными МЧС России Методическими рекомендациями по подготовке и проведению командно-штабных учений в организациях [6].

И, наконец, организации, независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, также обязаны организовывать и проводить вводный инструктаж по ГО с вновь принятыми работниками в течение первого месяца их работы. В целях выполнения данной обязанности работодатели могут руководствоваться разработанными МЧС России Рекомендациями по организации и проведению вводного инструктажа по гражданской обороне [7].

Необходимо отметить, что сейчас обязанности по подготовке своих работников в области ГО распространяются на все организации, независимо от форм собственности, целей деятельности, организационно-правовых форм, численности работников, а также от наличия категории по ГО, но эта ситуация в будущем может измениться.

Так, например, раньше на Федеральном портале проектов нормативных правовых актов был размещен проект постановления Правительства Российской Федерации «О внесении изменения в Положение о подготовке населения в области гражданской обороны» [8]. Проектом предусматривалось внести, на первый взгляд, незначительное изменение, в рамках которого обязанности по подготовке работников в области ГО предлагалось сохранить лишь для организаций, отнесенных в установленном порядке к категориям по ГО. Таким образом, прочие организации освобождались от данных обязанностей.

По конечному результату предложенного проектом изменения большая часть работающего населения Российской Федерации могла быть вычеркнута из системы, созданной в рамках подготовки населения в области ГО, что, безусловно, негативно отразилось бы на эффективности функционирования всей системы. Ведь основной группой лиц, проходящей данную подготовку, является работающее население. К тому же работающее население является социально активным слоем населения, который способен экстраполировать полученные знания и умения на другие группы лиц (например, дети, обучающиеся в общеобразовательных организациях), что в значительной степени способствует повышению эффективности подготовки населения в области ГО. Вместе с тем, по итогам проведенных общественных обсуждений, разработка данного проекта отменена МЧС России.

Безусловно, предложенный в проекте дифференцированный подход является правильным. Ведь конкретный состав и объем выполняемых мероприятий по ГО должны определяться с учетом характеристик организации, а также особенностей региона, на территории которого она расположена. Однако выбранный критерий для установления обязанностей организациям, касающихся подготовки работников в области ГО, является неэффективным. Такой критерий должен учитывать не только наличие категории по ГО, но и другие особенности деятельности организаций.

С одной стороны, такие особенности обусловлены составом и объемом мероприятий по ГО, выполняемых организациями. В связи с этим организации можно разделить на следующие группы:

– категорированные организации;

- некатегоризированные организации, продолжающие осуществлять деятельность в военное время;
- организации, прекращающие свою деятельность в военное время.

Такое разделение организаций на группы вытекает из целого ряда требований нормативных правовых актов в области ГО. Например, в Приказе МЧС России от 23 мая 2017 г. № 230 «Об утверждении Положения об уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны структурных подразделениях (работниках) организаций» определено, что в организациях, отнесенных к категориям по ГО, обязательно назначение освобожденных работников, уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны, а в организациях, не отнесенных к категориям по ГО, это не является обязательным [9]. При этом в организациях, не отнесенных к категориям по ГО, работа по ГО может выполняться по совместительству одним из работников организации или ее руководителем самостоятельно. Здесь важно подчеркнуть, что и обязанности у таких работников также существенно различаются. К тому же в Приказе МЧС России от 16 февраля 2012 г. № 70 ДСП «Об утверждении порядка разработки, согласования и утверждения планов гражданской обороны и защиты населения (планов гражданской обороны)» (Приказ МЧС России от 16 февраля 2012 г. № 70 ДСП) организации разделены на группы по отношению к разработке плана ГО [10].

Разумеется, количество организаций, не отнесенных к категориям по ГО, значительно превышает количество категоризированных, к тому же большинство из них не продолжают осуществлять деятельность в военное время. Учитывая то, что состав и объем выполняемых ими мероприятий по ГО существенно отличаются, выполнение нижеизложенных обязанностей, касающихся подготовки работников в области ГО, является нецелесообразным и приводит к излишней нагрузке.

К примеру, рассмотрим вопросы организации и проведения вводного инструктажа по ГО. Вводный инструктаж по ГО является одной из форм подготовки работающего населения в области ГО, осуществляемой работодателем. Его главная цель заключается в том, чтобы ознакомить работников с информацией о наиболее вероятных опасностях, возникающих при военных конфликтах и ЧС, а также основами защиты от этих опасностей, установленных в организации. При этом важно подчеркнуть, что при доведении до работников подобной информации необходимо учитывать особенности деятельности и месторасположение организации. Выделить особенности в деятельности некатегоризированных организаций, тем более, если они прекращают свою деятельность в военное время, достаточно проблематично. И это очевидно, ведь задачи категоризированных организаций в области ГО всегда будут существенно отличаться от задач, стоящих перед некатегоризированными организациями.

Безусловно, подобное рассуждение касается и выполнения организациями обязанности, связанной с планированием и проведением учений и тренировок по ГО. Более того, в соответствии с Приказом МЧС России от 16 февраля 2012 г. № 70 ДСП организации, прекращающие свою деятельность в военное время, собственные планы ГО не разрабатывают [10]. Мероприятия по защите работников указанных организаций учитываются в планах соответствующих муниципальных образований. При этом должно быть организовано взаимодействие с органами местного самоуправления в рамках подготовки к ведению и ведения ГО. На практике такие организации не в состоянии самостоятельно планировать и проводить учения и тренировки по ГО, ввиду отсутствия обязательных требований по созданию на их базе сил ГО.

С другой стороны, особенности деятельности организаций обусловлены рядом требований, установленных при организации государственного надзора в области ГО. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 305 «Об утверждении Положения о государственном надзоре в области гражданской обороны» с целью применения риск-ориентированного подхода проведение плановых проверок

в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей осуществляется только в тех случаях, если они:

- отнесены в установленном порядке к категориям по ГО;
- эксплуатируют потенциально опасные объекты и (или) критически важные объекты;
- включены в установленном порядке в сводный реестр организаций оборонно-промышленного комплекса;
- имеют на своем балансе защитные сооружения ГО [11].

На основании применяемого риск-ориентированного подхода плановые проверки в отношении значительной доли организаций не проводятся. Разумеется, у руководителей таких организаций появляется возможность допустить формальное отношение к вопросам ГО, в том числе и к выполнению обязанностей, касающихся подготовки своих работников. Тем более дополнительные обязанности по подготовке своих работников в области ГО, которые не так давно появились у организаций, могут быть восприняты излишними.

Таким образом, в целях исключения излишней нагрузки предлагается устанавливать обязанности организациям, касающиеся подготовки работников в области ГО, в зависимости от присвоенной категории риска [11].

Приведенные в таблице данные, позволят устанавливать обязанности организациям, касающиеся подготовки работников в области ГО, в зависимости от присвоенной категории риска.

Таблица. Распределение обязанностей организаций по подготовке работников в области ГО с учетом присвоенной категории риска

Обязанности организаций	Категория риска			
	высокий риск	значительный риск	средний риск	низкий риск
Разрабатывают с учетом особенностей деятельности организаций и на основе примерной программы, утвержденной МЧС России, программу курсового обучения работников организаций в области ГО	+	+	+	+
Осуществляют курсовое обучение работников организаций в области ГО	+	+	+	+
Создают и поддерживают в рабочем состоянии соответствующую учебно-материальную базу	+	+	+	+
Разрабатывают программу проведения с работниками организаций вводного инструктажа по ГО	+	+	+	–
Организуют и проводят вводный инструктаж по ГО с вновь принятыми работниками организаций в течение первого месяца их работы	+	+	+	–
Планируют и проводят учения и тренировки по ГО	+	+	+	–

В части, касающейся некатегоризированных организаций, продолжающих осуществлять деятельность в военное время, за исключением тех, в отношении которых проводятся плановые проверки [11], можно рассмотреть вопрос об отнесении их к категории среднего риска. Очевидно, такой подход, с одной стороны, позволит в отношении них проводить плановые проверки в области ГО, а, с другой, приведет к существенному увеличению их количества. Другой подход, позволяющий сохранить для таких организаций полный перечень обязанностей по подготовке работников в области ГО и не допустить увеличения количества плановых проверок, может заключаться в их обязательном закреплении на законодательном уровне.

Одной из основных тенденций развития ГО является дальнейшее внедрение дифференцированного подхода к защите населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах и ЧС [2]. Некоторым путем внедрения дифференцированного подхода может стать реализация на практике предложений, позволяющих устанавливать обязанности организациям по подготовке работников в области ГО с учетом присвоенной категории риска.

Литература

1. О гражданской обороне: Федер. закон от 12 февр. 1998 г. № 28-ФЗ // МЧС России. URL: https://www.mchs.gov.ru/law/Federalnie_zakoni/item/5378557 (дата обращения: 17.01.2019).

2. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 20 дек. 2016 г. № 696. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

3. Об утверждении Положения о подготовке населения в области гражданской обороны: постановление Правительства Рос. Федерации от 2 нояб. 2000 г. № 841. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

4. Примерная программа курсового обучения работающего населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций (утв. МЧС России 22 февр. 2017 г. № 2-4-71-8-14). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

5. Об утверждении Инструкции по подготовке и проведению учений и тренировок по гражданской обороне, защите населения от чрезвычайных ситуаций, обеспечению пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах: Приказ МЧС России от 24 апр. 2013 г. № 284 // МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/document/4318217> (дата обращения: 17.01.2019).

6. Методические рекомендации по подготовке и проведению командно-штабных учений в организациях (утв. МЧС России). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Рекомендации по организации и проведению вводного инструктажа по гражданской обороне (утв. МЧС России 5 июня 2018 г. № 2-4-71-13-8). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

8. Федеральный портал проектов нормативных правовых актов. URL: <https://regulation.gov.ru/> (дата обращения: 17.01.2019).

9. Об утверждении Положения об уполномоченных на решение задач в области гражданской обороны структурных подразделениях (работниках) организаций: Приказ МЧС России от 23 мая 2017 г. № 230. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

10. Об утверждении порядка разработки, согласования и утверждения планов гражданской обороны и защиты населения: Приказ МЧС России от 16 февр. 2012 г. № 70 ДСП // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.03.2019).

11. Об утверждении Положения о государственном надзоре в области гражданской обороны: постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 305. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Г.В. Макаrchук, кандидат педагогических наук, доцент;

В.И. Мусатов.

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

Рассмотрены последствия аварий на очистных сооружениях населенных пунктов, мероприятия, способствующие снижению риска возникновения подобных аварий. Рассмотрена существующая и перспективная законодательные базы, регламентирующие выбросы сточных вод в гидросферу; показатели выброса неочищенных сточных вод в акваторию водоема на примере населенного пункта с населением пять тысяч человек, предложены наиболее надежные схемы очистки сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, авария, экология, повреждение, станция очистки

THE QUESTION OF SEWAGE DISPERSAL PLANTS ACCIDENT DECREASING

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

G.V. Makarchuk; V.I. Musatov.

Military institute (engineering and technical) of the Military academy logistics support them army general A.V. Hrulev of the Ministry of defence of the Russian Federation

The article discusses the consequences of accidents at wastewater treatment plants of settlements, measures that reduce the risk of such accidents. The existing and prospective legislative framework governing the discharge of wastewater into the hydrosphere is considered. The indicators of untreated sewage discharge into the water area of the reservoir are considered on the example of a settlement with a population of five thousand people, the most reliable schemes of sewage treatment are proposed.

Keywords: sewage, sewage dispersal plants, failure, ecology, damage, purification plant

Системы водоотведения и очистки сточных вод являются важной частью инженерного оборудования населенных пунктов. Вода, после подачи ее потребителю системами водоснабжения, в процессе своего использования теряет первоначальное качество, получает дополнительные примеси, меняющие ее изначальный химический состав и физические свойства, превращается в сточную воду. Сточные воды могут значительно различаться по своему составу в зависимости от источника выброса. В малых населенных пунктах, с населением от 5 до 20 тыс. человек, сточные воды загрязнены преимущественно физиологическими выделениями людей и хозяйственными отходами бытового происхождения. Доля производственных сточных вод в общем объеме незначительна, в связи с чем поступающие на очистные сооружения сточные воды, отвечая своему определению, называются бытовыми.

Выброс бытовых сточных вод осуществляется в акваторию водоемов и почву, которые являются важнейшими элементами окружающей природной среды. Этот процесс приводит к поступлению в них дополнительных загрязнений сверх природного уровня загрязненности. Сточные воды, сбрасываемые в водоем, разбавляются его водой, в результате чего в потоке смеси снижается концентрация загрязняющих веществ, однако возможности каждого водоема ограничены.

Возникновение аварий на станциях очистки сточных вод влечет за собой в первую очередь опасность для жителей населенных пунктов, расположенных поблизости, и обслуживающий персонал станции, а во вторую – возникновение большого залпового выброса токсичных, отравляющих и вредных веществ в окружающую среду. Последствиями таких происшествий могут быть массовые заражения людей и животных опасными инфекционными заболеваниями. Аварии на очистных сооружениях населенных пунктов классифицируются в зависимости от числа жителей населенного пункта – объема производительности станции и величины выброса загрязняющих веществ в случае их возникновения [1].

Примером могут служить аварии, случившиеся в Запорожье и Ивановской области, где из-за выхода из строя очистных сооружений водоканала в водоем попали неочищенные канализационные сточные воды. Следствием этому стала массовая гибель фауны водоема, однако последствия возникновения аварий могут быть еще серьезнее. Известны случаи, когда выход из строя очистных сооружений приводил к увеличению заболеваемости у жителей ближайших от водоема населенных пунктов, возникновению эпидемий.

В данной статье рассмотрены меры, позволяющие снизить аварийность на очистных сооружениях населенных пунктов, рассмотрена законодательная база, регламентирующая сброс сточных вод в водоем, предложены наиболее надежные схемы очистки сточных вод, а также рассчитаны показатели выброса вредных веществ в водоем на примере населенного пункта с населением пять тысяч человек.

С целью снижения риска возникновения аварий на данных сооружениях производится ряд мероприятий:

- по ликвидации потенциальных источников загрязнения акватории водоема, представляющих опасность для здоровья людей, животных и растительного мира;
- по ликвидации отрицательного воздействия на качество воды затопленной древесной растительности и нависающей древесины;
- по хранению отходов;
- по утилизации мусора;
- меры по локализации возможных очагов загрязнения и снижению концентрации вредных примесей.

Стоит отметить, что некоторые факторы необходимо учитывать на стадии проектирования очистных сооружений. Так, ошибка в определении требуемой степени очистки по вредным веществам, содержащимся в сточной воде, или выборе сооружений станции очистки может повлечь за собой работу очистных сооружений при максимальной нагрузке, что увеличивает риск возникновения аварии. Также, говоря об очистных сооружениях малых населенных пунктов, следует учитывать сезонность «пиковых» нагрузок, вызванную различными факторами [2].

Должно предусматриваться обеспечение качества воды водоема по содержанию химических элементов, показателю рН, цветности, биологическому потреблению кислорода и санитарным показателям.

При повышении предельно допустимых концентраций вредных веществ требуется организация дополнительных мероприятий по локализации возможных очагов загрязнений и снижению концентрации вредных примесей.

При проектировании гидротехнических сооружений необходимо учитывать изменения природных условий, которые могут привести к развитию негативных физико-геологических, геодинамических процессов:

- повышение сейсмической активности;
- подтопление и затопление территорий;
- деформация берегов и заиливание водохранилищ;
- химическая суффозия растворимых карстовых пород;
- возникновение оползневых явлений;
- всплытие и растворение торфяных пород, ведущее к изменению химического состава воды;
- деформации оснований, возникших под воздействием грунтовых пород;
- наледообразование.

Эксплуатация сооружений станции очистки сточных вод требует обеспечения безопасности и надежности их бесперебойной работы, соблюдая требования охраны окружающей среды. Особое внимание следует уделять дренажным и фильтрационным устройствам. Все сооружения должны соответствовать нормативной документации по долговечности и прочности, водонепроницаемости и фильтрационной прочности. Их необходимо предохранять от различного вида повреждений, вызванных физическими, биологическими и химическими процессами, воздействием нагрузок. В случае возникновения таких повреждений должны быть предприняты своевременные меры по их устранению [3].

Требования к проектированию и содержанию очистных сооружений регламентированы законодательством Российской Федерации, устанавливающим правила их эксплуатации и объемы выбросов в водоемы.

Согласно существующему законодательству, обеспечение безопасности гидротехнических сооружений является обязанностью собственника этого сооружения и эксплуатирующей организации. Требования к обеспечению безопасности станций очистки сточных вод, обязанности собственников и эксплуатирующих организаций содержатся в статьях Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».

Акватория водоема, куда осуществляется сброс, должна находиться под постоянным наблюдением за экологическими показателями. Режим пропуска воды из водохранилища и управление затворами должны учитывать условия размыва дна и берегов.

Соблюдение всех требований к эксплуатации очистных сооружений обеспечивается организацией надзора за ними. Надзор за очистными сооружениями включает в себя контроль за состоянием и работой гидротехнических сооружений, выявление изменений в их состоянии и выполнение ряда мероприятий по предупреждению повреждений, в том числе своевременное выполнение работ по ремонту и реконструкции.

Важным фактором является внесение изменений в существующее законодательство в области экологии и охраны окружающей среды, связанных с введением экологического налога и установлением административной и уголовной ответственности за сброс неочищенных сточных вод в водоемы.

В настоящий момент мера ответственности за нарушения, связанные со сбросом стоков с очистных сооружений, зависит от величины ущерба, который наносится окружающей среде. Если нарушения приводят к серьезным последствиям, связанным, например, с загрязнением водоема, гибелью рыбы, то может наступать уголовная и административная ответственность, установленная законодательством Российской Федерации.

Водным кодексом Российской Федерации [4] за нарушения водного законодательства устанавливаются меры ответственности. При этом конкретизация их не приводится и должна приниматься по действующему законодательству.

Административная ответственность за нарушения при сбросах стоков с очистных сооружений предусмотрена в виде штрафов, налагаемых Министерством природы Российской Федерации. Стоит отметить, что данная мера не избавляет от необходимости устранения выявленных нарушений и возмещения нанесенного ущерба.

В случае если налогоплательщик не ведет отдельного учета образования отходов, сумма налогов определяется исходя из максимальной налоговой ставки и единой налоговой базы, определенной по всему объему образования отходов. Ставки платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Ставки платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Ставки платы за 1 т загрязняющих веществ (руб.)
1	Биохимическое потребление кислорода (БПК полн.)	243
2	Взвешенные вещества	977,2
3	Нитрат-анион	14,9
4	Нитрит-анион	7439
5	Нефтепродукты	14711,7
6	Фосфаты (по фосфору)	3679,3
7	Хлор свободный, растворенный и хлорорганические соединения	73553403

Величина ущерба, нанесенного акватории водоема, вследствие возникновения аварии на очистных сооружениях рассматривалась на примере населенного пункта, расположенного в Курортном районе Ленинградской области на берегу Финского залива. Численность населения пункта зависит от времени года, «пиковая нагрузка» на очистные сооружения приходится на летний период. Расходы сточных вод данного населенного пункта в «пиковый» летний и зимний периоды приведены в табл. 2 [5, 6].

Таблица 2. Расчетные расходы сточных вод населенного пункта

Период	Время работы, ч	Численность населения, чел.	Норма водоотведения, л*чел/сут	Расход сточных вод	
				Qсут. max м ³ /сут	Qч.max м ³ /ч
Зимний	24	1 500	280	546	57,4
Летний	24	5 000	280	1 425	146,2

Дадим краткую характеристику водоема, куда осуществляется выброс сточных вод, поступающих от данного населенного пункта.

Финский залив является восточной частью Балтийского моря, он омывает берега Российской Федерации, Эстонии и Финляндии. Часть залива, расположенная восточнее острова Гогланд, принято именовать восточной частью Финского залива, площадь его водного зеркала составляет 12 500 км², объем водной массы – 276 км³. Максимальная глубина достигает 65 м, в восточном направлении происходит уменьшение глубин. На берегу данной области Финского залива расположены локальные очистные сооружения множества населенных пунктов, военных городков и промышленных предприятий, выброс очищенных стоков производится непосредственно в акваторию залива. Течения данного участка обусловлены, в основном, действием ветра, колебанием уровня моря и постоянными течениями Финского залива. Рельеф дна, конфигурация берегов и физическое состояние водных масс определяют особенности циркуляции воды по акватории восточной части залива.

Вышеупомянутый участок – залив второго порядка Балтийского моря, относящийся, согласно Приказу Федерального агентства по рыболовству Российской Федерации от 17 сентября 2009 г. № 818, к рыбохозяйственным водным объектам высшей категории [7]. Видовой состав планктонных и донных сообществ залива формируется видами трех основных комплексов – пресноводного, солоноватоводного и морского. Ихтиофауна района включает до тридцати видов рыб из морского и пресноводного экологических комплексов. Необходимо

учитывать, что Финский залив – это водоем, попадающий под действие международного законодательства, а именно Рекомендации 28Е/5 Хельсинской конвенции от 15 ноября 2007 г. [8], регламентирующей необходимую степень очистки сточных вод, поступающих в воды Финского залива.

Для наглядности необходимости строительства очистных сооружений в малых населенных пунктах приведены нормы выделения загрязняющих веществ для объекта указанной категории в зимний период в табл. 3.

Таблица 3. Нормы выделения загрязняющих веществ в зимний период

Загрязняющее вещество	Удельное количество на жителя, г/сут*чел	Концентрации загрязняющих веществ в «пиковый» период, мг/дм ³
Взвешенные вещества	65	228
БПК ₅ неосветленной жидкости	60	210
Азот общий (N _{общ.})	13	45,6
Азот аммонийных солей	10,5	36,8
Фосфор общий (P _{общ.})	2,5	8,77
Фосфор фосфатов P-PO ₄	1,5	5,2

Согласно вышеуказанной рекомендации, хозяйственно-бытовые сточные воды или сточные воды подобного типа, которые собираются в централизованную систему канализации и очищаются на станциях очистки сточных вод, с нагрузкой стоков, эквивалентной объему стоков от 2 000 до 10 000 жителей, должны очищаться до достижения следующих показателей на сбросе:

- снижение БПК₅ минимум на 80 % или максимальная концентрация 15 мг/л;
- снижение P_{общ.} минимум на 80 % или максимальная концентрация 1 мг/л;
- снижение N_{общ.} минимум на 30 % или максимальная концентрация 35 мг/л.

Показатели очистки сточных вод данного населенного пункта с учетом указанных требований представлены в табл. 4.

Таблица 4. Необходимая степень очистки сточных вод

Наименование вещества	Содержание в водоеме	Содержание в сточной воде	Допустимое содержание на выходе	Необходимая степень очистки
Взвешенные вещества	91 мг/л	228 мг/л	12 мг/л	95 %
БПК _{полн}	2 мг/л	210 мг/л	15 мг/л	95 %
N _{общ.}	1,11 мг/л	45,6 мг/л	35 мг/л	23 %
P _{общ.}	0,015 мг/л	8,77 мг/л	1 мг/л	95 %

Полученные данные показывают необходимую степень очистки и значимость очистных сооружений для населенного пункта с населением в 5 000 чел. Высокая степень очистки по большинству показателей показывает важность рассматриваемых в статье вопросов, связанных со снижением рисков возникновения аварий на очистных сооружениях населенных пунктов и недопущением попадания неочищенных стоков в акваторию водоемов.

В малых населенных пунктах, с населением от пяти до десяти тысяч человек, примером которых являлся рассматриваемый пункт, могут быть применены технологические схемы очистки сточных вод, предложенные авторами (рис.).

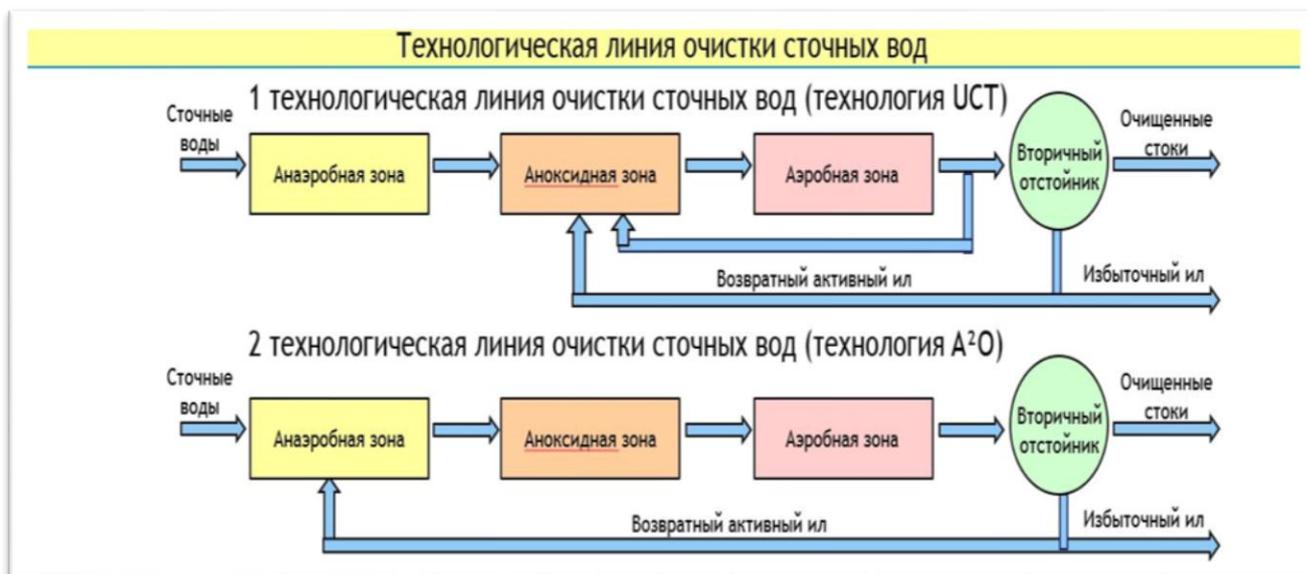


Рис. Технологическая схема очистки сточных вод

Преимуществами данных схем являются обеспечение высокой степени очистки по всем показателям и более высокая надежность, обусловленная малым количеством проектируемых сооружений очистки.

Выводы:

1. Рассмотрены мероприятия, способствующие снижению риска возникновения аварий на очистных сооружениях и законодательная база, определяющая порядок эксплуатации очистных сооружений и выброса сточных вод в водоемы.
2. Полученные показатели необходимой степени очистки сточных вод населенного городка с населением до пяти тысяч человек показывают важность строительства очистных сооружений в малых населенных пунктах.
3. С учетом требований законодательных актов и нормативных документов, а также мероприятий по снижению риска аварийности на очистных сооружениях разработаны схемы очистки сточных вод, в полной мере отвечающие требованиям.

Литература

1. Последствия воздействий террористических групп на системы жизнеобеспечения населенных пунктов / В.Б. Коновалов [и др.] // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 3–4 (129–130). С. 78–82.
2. Игнатчик В.С., Саркисов С.В., Обвинцев В.А. Исследование коэффициентов часовой неравномерности водопотребления // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 2 (20). С. 27–39.
3. Лушпей В.П., Пискунов Ю.Г., Гнитецкая Н.Н. Опасные техногенные процессы: учеб. пособие. 2013. С. 88–90.
4. Водный кодекс Рос. Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 27 дек. 2018 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная версия СНИП 2.04.03-85 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 27.02.2019).
6. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная версия СНИП 2.04.03-84 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 28.02.2019).

7. Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства: Приказ Федерального агентства по рыболовству от 17 сент. 2009 г. № 818 // ЗАКОНЫ, КОДЕКСЫ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-rosrybolovstva-ot-17092009-p-818-ob/> (дата обращения: 11.03.2019).

8. Рекомендация № 28Е/5 Хельсинской конвенции от 15 нояб. 2007 г.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКА ХИМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

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

А.А. Аксенов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Произведена оценка риска химической опасности при перевозке аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом по территории Республики Мордовия. С помощью методики оценки риска химической опасности выявлены участки маршрута перевозки аварийно химически опасных веществ, на которых риск превышает приемлемые значения. На основе данной оценки были выработаны мероприятия по безопасной транспортировке аварийно химически опасных веществ и достижению приемлемого уровня риска.

Ключевые слова: оценка риска химической опасности, аварийно химически опасное вещество, химически опасный объект, пренебрежимо малый риск, критерий приемлемого риска

WAYS TO IMPROVE ACTIVITIES TO ENSURE SAFE TRANSPORTATION OF EMERGENCY AND CHEMICALLY HAZARDOUS SUBSTANCES BY ROAD TRANSPORT IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA ON THE BASIS OF RISK ASSESSMENT OF CHEMICAL HAZARDS

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

Chemical hazard risk evaluated when transporting emergency and chemically hazardous substance by road through the territory of the Republic of Mordovia. Using the methodology of the risk assessment of chemical risks identified stretches of route emergency and chemically hazardous substance on which risk exceeds the acceptable values. On the basis of this evaluation activities have been developed for the safe transport of emergency and chemically hazardous substance and reach an acceptable level of risk.

Keywords: risk assessment of chemical risks, emergency and chemically hazardous substance, chemically dangerous object, ignorable risk, acceptable risk criterion

Ежегодно в России автомобильным транспортом перевозится до 39 % общего объема перевозимого груза, причем доля опасных грузов в общем объеме грузовых перевозок постоянно растет и в настоящее время составляет свыше 20 % или около 800 млн т в год, из них 65 % приходится на долю автомобильного транспорта [1].

Несмотря на количественное уменьшение чрезвычайных ситуаций (ЧС) на химически опасных объектах (ХОО), остается довольно высокая вероятность риска аварий на транспорте, перевозящем аварийно химически опасные вещества (АХОВ), а также в связи с появлением новых угроз, связанных с возможным осуществлением террористических актов на таких объектах в крупных населенных пунктах.

Анализ химической опасности населения при перевозке транспортом АХОВ базируется на основе оценки рисков на отдельных участках маршрута, проходящих вблизи селитебной части населенных пунктов, и сравнения их с допустимыми (приемлемыми) значениями рисков.

Оценка рассчитанных значений рисков идентифицированных опасностей проводится с учетом известных критериев приемлемого риска с целью определения опасных участков маршрута с неприемлемым уровнем риска химической опасности и разработки рекомендаций по совершенствованию мероприятий по обеспечению безопасности населения на этих участках путем уменьшения рисков до приемлемых (допустимых) значений.

Существующая система критериев приемлемого риска предусматривает:

– первый диапазон риска (индивидуальный риск, равный или меньший 1×10^{-5} , что соответствует одному дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн экспонированных лиц) является приемлемым. Он характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных рисков. Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий по их снижению и их уровни подлежат только периодическому контролю;

– второй диапазон (индивидуальный риск более 1×10^{-5} , но менее 1×10^{-3}) приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом. Значения такого риска требуют разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий. Планирование мероприятий по снижению рисков в этом случае должно основываться на результатах более углубленной оценки различных аспектов существующих проблем и установлении степени их приоритетности по отношению к другим гигиеническим, экологическим, социальным и экономическим проблемам на данной территории;

– третий диапазон (индивидуальный риск, равный или более 1×10^{-3}) неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп. При достижении данного диапазона риска разрабатываются и совершенствуются мероприятия по обеспечению безопасности населения лицами, принимающими решения о проведении экстренных мероприятий по снижению риска.

Исходя из данных критериев приемлемости риска, значение приемлемого риска было принято 1×10^{-5} и ниже; пренебрежимо малого риска от 1×10^{-5} до 1×10^{-3} ; неприемлемого риска выше 1×10^{-3} . Такая градация риска используется при описании рисков возникновения ЧС и социально-значимых происшествий в паспортах территорий субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, городских и сельских поселений в соответствии с Методическими указаниями [2].

На территории Республики Мордовия расположены шесть ХОО. В технологическом процессе данных ХОО используются аммиак и соляная кислота, которые доставляются автомобильным транспортом с заводов-производителей, которые находятся в соседних субъектах Российской Федерации.

Оценка риска химической опасности на различных участках маршрута перевозки АХОВ автомобильным транспортом по территории Республики Мордовия была произведена по методике [3] при помощи программы [4]. Для удобства расчета рисков химической опасности маршрут движения подвижного ХОО делили на участки маршрута, равные 10 км, начиная от г. Саранска. На каждом из них рассчитывали риск химической опасности.

Оценка риска химической опасности производилась при перевозке аммиака автомобильным транспортом из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия при следующих исходных данных сценария аварии: авария произошла при разгерметизации цистерны вследствие террористического акта, площадь разгерметизации 0,04 м², масса привозимого аммиака – 10 т, пробоина в днище, класс устойчивости атмосферы – инверсия, погода сухая, скорость ветра 1 м/с, температура воздуха 20 °С.

Маршрут перевозки пролегает по автодороге Р-178, которая соединяет города Саранск и Ульяновск, является дорогой общего пользования общего типа, 2 технической категории. Число полос движения две (с переходно-скоростными полосами – до четырех). Маршрут проходит по территории четырех муниципальных районов Республики Мордовия: г.о. Саранск (0–9 км), Лямбирский район (9–19 км), Ромодановский район (19–35 км), Чамзинский район (35–68 км) и Дубенский район (69–97 км). На маршруте находятся 13 аварийно-опасных участков, 8 автомобильных мостов, наиболее протяженный находится на 66 км автодороги (мост через р. Штырьма) протяженностью 62 м. Виды почв на маршруте: черноземы (0–43 км), серые лесные (43–97 км). Маршрут движения с обозначениями опасных участков, мостов, пунктов питания и заправки топливом изображен на рис. 1. Результаты оценки риска химической опасности представлены в табл. 1.

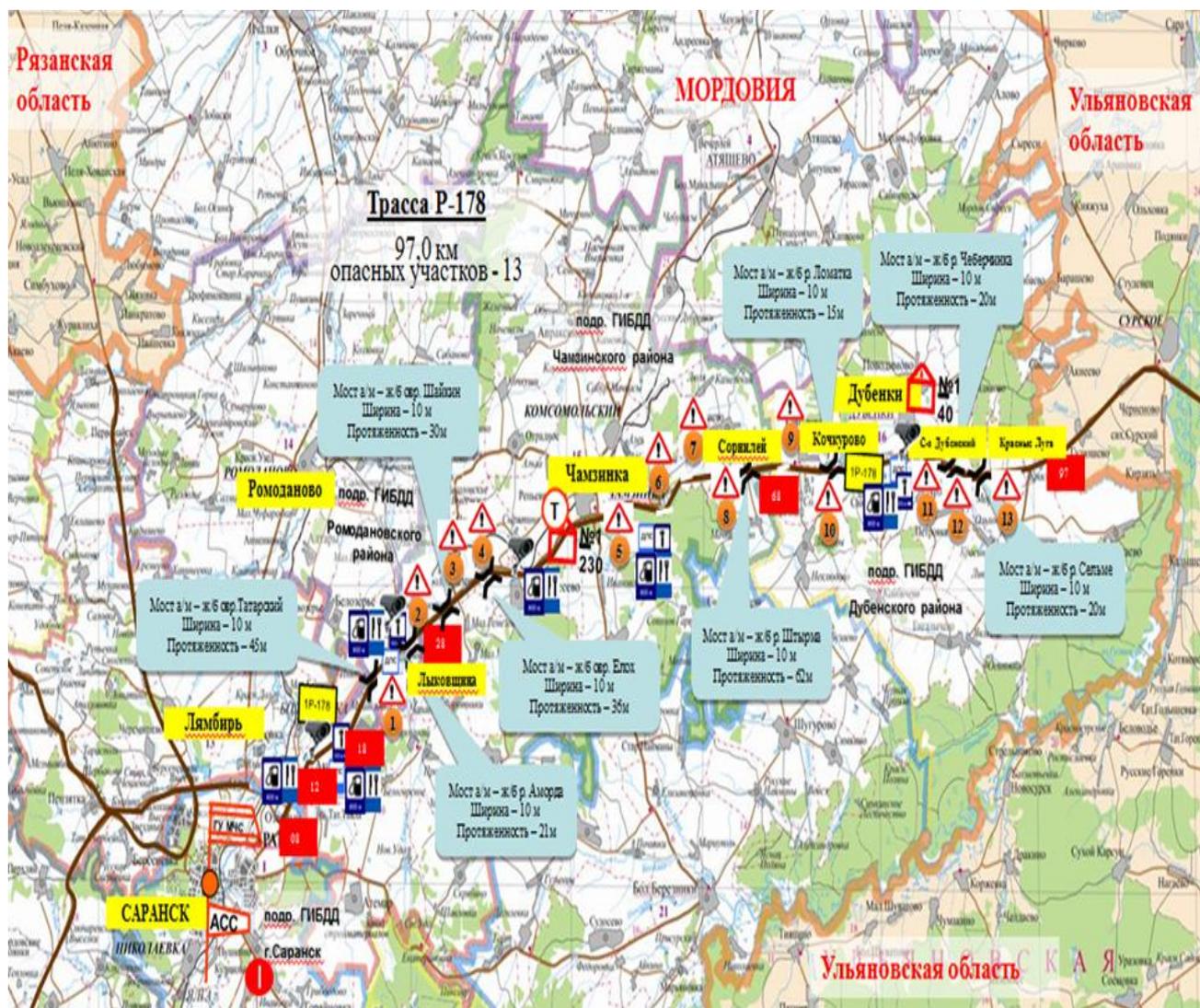


Рис. 1. Маршрут перевозки аммиака автомобильным транспортом по территории Республики Мордовия

Таблица 1. Результаты оценки риска химической опасности при перевозке аммиака автомобильным транспортом из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия

Номер участка	Участок маршрута	Удаленность от населенного пункта, м	Глубина химического заражения (пороговое значение), м	Глубина химического заражения (смертельное значение), м	Пороговый риск химической опасности	Смертельный риск химической опасности
1	1–10 км	10	833	445	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$
2	10–20 км	200	833	445	$4,1 \cdot 10^{-6}$	0
3	20–30 км	2000	1 250	668	0	0
4	30–40 км	450	833	445	$7,3 \cdot 10^{-5}$	0
5	40–50 км	50	1 250	668	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-6}$
6	50–60 км	1 800	1 666	891	0	0
7	60–70 км	1 000	1 250	668	$4,5 \cdot 10^{-5}$	0
8	70–80 км	200	1 666	891	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
9	90–97 км	500	1 250	668	$7,1 \cdot 10^{-5}$	0

График рисков химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия изображен на рис. 2.

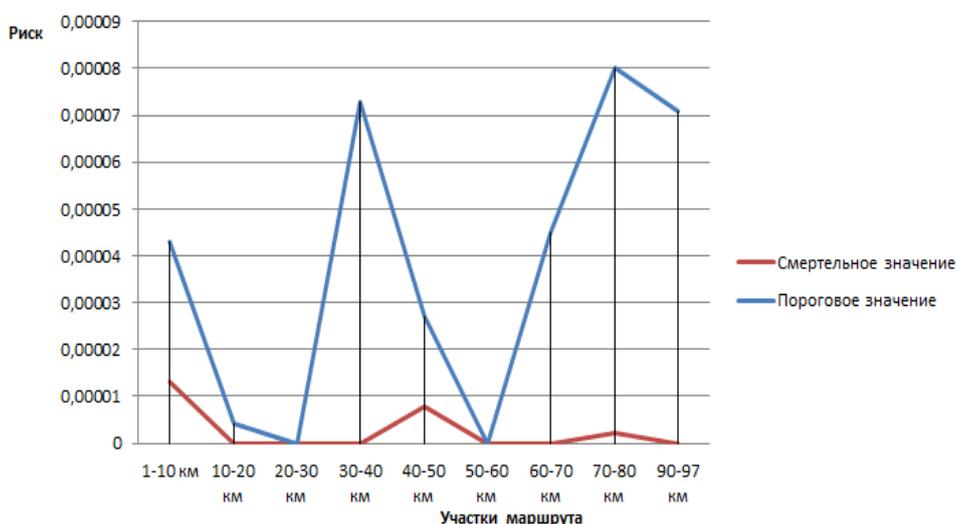


Рис. 2. График значения риска химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия

Исходя из анализа результатов оценки риска, проведенной на маршруте перевозки аммиака автомобильным транспортом из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия, можно сделать вывод о том, что неприемлемый пороговый риск химической опасности наблюдается на участках маршрута: 1–10 км, 30–50 км, 60–80 км. Это обусловлено тем, что на данных участках маршрута расположены крупные населенные пункты, такие как г. Саранск (1–10 км), н.п. Чамзинка (40–50 км), н.п. Дубенки (70–80 км), в пределах которых вынужденно проходят маршруты перемещения автотранспорта с АХОВ.

По результатам оценки риска химической опасности на маршруте были выбраны для анализа наиболее аварийно-опасные участки: на 8 км, 12 км, 18 км, 28 км, 68 км, 97 км маршрута. Характерным для аварии при столкновении автомобильного транспорта, перевозящего АХОВ, с другими транспортными средствами или иными препятствиями, является опрокидывание резервуара с АХОВ и пролив всего содержимого. Поэтому был рассчитан риск химической опасности при условии аварийного пролива всего АХОВ, находящегося в цистерне. Результаты оценки риска химической опасности на аварийно-опасных участках представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты оценки риска химической опасности на аварийно-опасных участках

№ п/п	Участок маршрута	Удаленность от населенного пункта, м	Глубина химического заражения (пороговое значение), м	Глубина химического заражения (смертельное значение), м	Пороговый риск химической опасности	Смертельный риск химической опасности
1	12 км	1 210	1 250	668	$1,4 \cdot 10^{-6}$	0
2	18 км	900	1 250	668	$3,7 \cdot 10^{-5}$	0
3	28 км	2 260	1 250	668	0	0
4	68 км	1 880	1 666	891	0	0
5	97 км	4 540	1 666	891	0	0

По результатам оценки риска химической опасности на аварийно-опасных участках можно сделать вывод о том, что при аварии с проливом всего содержимого цистерны с АХОВ представляют опасность 12 км и 18 км маршрута, что угрожает н.п. Аксеново и н.п. Лыковщина. Смертельный риск химической опасности на данных участках не наблюдается.

На месте выгрузки АХОВ, то есть непосредственно на территории объекта, пороговый риск химической опасности в случае возникновения аварии при выгрузке аммиака будет составлять $1,6 \cdot 10^{-8}$ при пороговой глубине заражения 250 м, смертельный риск – $1,05 \cdot 10^{-9}$ при смертельной глубине заражения 43 м.

В результате анализа оценки риска химической опасности при перевозке автомобильным транспортом аммиака по маршруту доставки аммиака из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия выяснилось что, наибольший риск химической опасности наблюдается на маршруте доставки АХОВ, а именно на восьмом участке маршрута, рядом с н.п. Дубенки. Это обусловлено тем, что время реагирования аварийно-спасательных формирований (прибытия в район аварии) в сельской местности больше, чем в городе, вследствие удаленности дислокации аварийно-спасательных подразделений. Поэтому время локализации аварии увеличивается, что приводит к увеличению площади химического заражения и длительности воздействия АХОВ на население в результате аварии, что неизбежно приводит к увеличению риска химической опасности. На шести участках маршрута (первый, четвертый, пятый, седьмой, восьмой, девятый) пороговый риск химической опасности принимает неприемлемое значение. На остальных участках (второй, третий, шестой) обеспечивается приемлемое значение порогового риска химической опасности. Смертельный риск химической опасности на всех участках маршрута не превышает приемлемых значений. На аварийно-опасном участке (18 км) возможно поражение людей, что показывают расчеты по оценке риска (неприемлемый пороговый риск химической опасности).

Согласно работе [5] основными путями снижения риска химической опасности при транспортировке АХОВ автомобильным транспортом являются:

1. Определение оптимальных безопасных для основной массы населения маршрутов и скорости перемещения в населенных пунктах (городах) на основе оценки риска химической опасности на отдельных участках маршрута перевозки АХОВ и выбора объездных путей «опасных» участков маршрута с меньшим риском химической опасности.

Результаты оценки риска химической опасности на рассматриваемом маршруте Республики Мордовия показывают, что неприемлемый риск химической опасности наблюдается на 85 % протяженности маршрута.

Для рассматриваемого случая предлагается: на участках, где наблюдается неприемлемый пороговый риск химической опасности выбирать объездные пути с приемлемыми рисками. Для сравнительной оценки был построен график рисков химической опасности с учетом и без учета изменения маршрута перевозки АХОВ, который представлен на рис. 3.

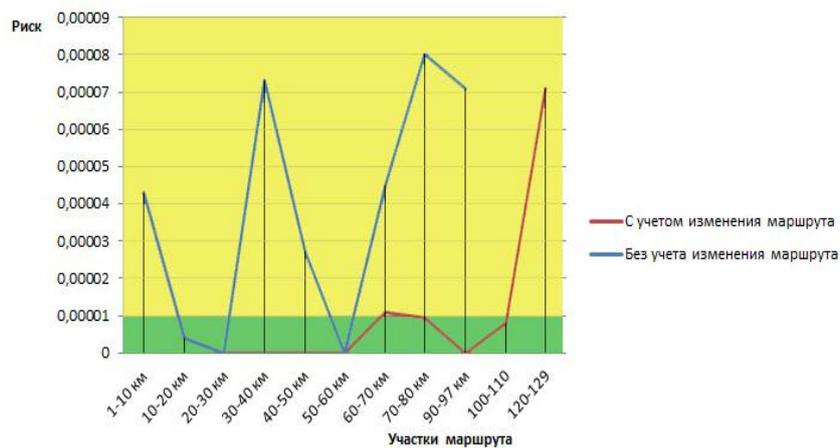


Рис. 3. График значения порогового риска химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия с учетом изменения маршрута

В результате изменения маршрута неприемлемый пороговый риск химической опасности наблюдается на трех участках маршрута, что составляет 30 % всего маршрута, но в целом длина маршрута перевозки АХОВ увеличивается на 30 км.

2. Назначение времени отправки транспорта с учетом наименьшего грузопотока на маршруте и метеорологических условий, которые способствовали бы наименьшему распространению зараженного облака при авариях с проливом АХОВ [6].

Как показывают расчеты, наиболее неблагоприятные метеорологические условия перевозки автомобильным транспортом АХОВ: инверсия, скорость ветра менее 2 м/с. Расчеты показывают, что перевозку АХОВ целесообразно осуществлять днем летом, когда в большинстве районов населенного пункта наблюдается состояние стратификации – конвекция, при скорости ветра более 2 м/с. В зимнее время при низких температурах воздуха можно осуществлять перевозки в любое время суток. Перемещение следует осуществлять на скоростях не менее 30 и не более 60 км/ч.

Для примера был осуществлен расчет рисков при благоприятных условиях перевозки АХОВ – конвекция, дождь, скорость ветра 5 м/с, температура воздуха 0 °С. Для сравнительной оценки был построен график рисков химической опасности при благоприятных и неблагоприятных условиях перевозки АХОВ, который изображен на рис. 4.

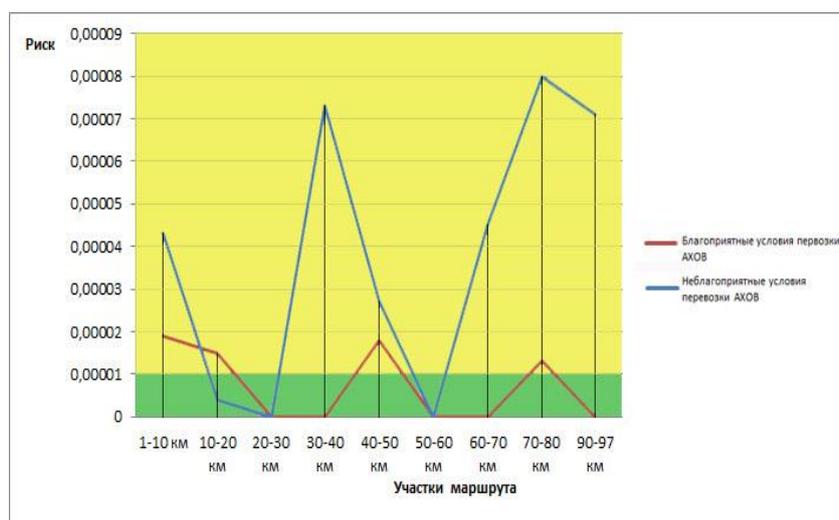


Рис. 4. График значения порогового риска химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия при благоприятных и неблагоприятных условиях перевозки АХОВ

3. Совершенствование способов обеспечения безопасности населения и лиц сопровождающих опасный груз в случае аварий с проливом АХОВ.

Для реализации данного мероприятия предлагается доукомплектовывать автотранспорт, перевозящий АХОВ, средствами индивидуальной защиты, защищающими от опасных факторов, возникающих в случае аварии, на каждого члена экипажа. Для обеспечения безопасности населения устанавливать на автотранспорт, перевозящий АХОВ, средство громкоговорящей связи оперативного оповещения населения, в память которого заведомо готовится запись речевого сообщения, которое немедленно воспроизводится в случае аварии.

4. Совершенствование технических средств, привлекаемых к ликвидации последствий в целях повышения эффективности и быстрой ликвидации последствий таких аварий.

Для оперативной оценки риска химической опасности на автомобильном транспорте, перевозящем АХОВ, в случаях неполной разгерметизации с помощью методики оценки риска химической опасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом требуется знание таких параметров: количество пролитого АХОВ, размеры пробоины (разгерметизации) и площади разлива на участке торможения и в районе остановки.

Получение этой информации в кратчайшие сроки после реализации химически опасной аварии весьма проблематично. В целях оперативного сбора требуемой исходной информации для прогнозирования глубины химического заражения предлагается устанавливать в перевозимых цистернах с АХОВ устройство [7], позволяющее оперативно по радиоканалу передавать данные об уровне жидкого АХОВ в цистерне на момент аварийной остановки, что будет определять количество АХОВ, пролитое на участке торможения, и в районе аварийной остановки до локализации или полного истечения из цистерны.

5. Совершенствование способов оперативной локализации аварии и обеззараживания участков местности (водоемов) при проливе АХОВ.

В целях своевременной постановки отсекающих водяных завес в случае аварии целесообразно включение в техническое оснащение аварийно-спасательных подразделений Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России аварийно-спасательного контейнера для ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий, связанных с разливом АХОВ, – «АСК-АХОВ», разработанного по заказу МЧС России в рамках федеральной целевой программы [8].

6. Предварительное размещение подразделений ГПС МЧС России с аварийно-спасательным контейнером «АСК-АХОВ» на тех участках маршрута, где риск химической опасности превышает приемлемое значение, что позволит сократить время оперативного прибытия и локализации аварии. В частности, на участках, где наблюдается неприемлемый пороговый риск (1–10; 30–50; 60–80), а также на аварийно-опасных участках с неприемлемым пороговым риском (12; 18 км) предлагается планировать заблаговременное выдвижение подразделений ГПС МЧС России, что позволит сократить время локализации аварии с 20–30 мин до 5–10 мин.

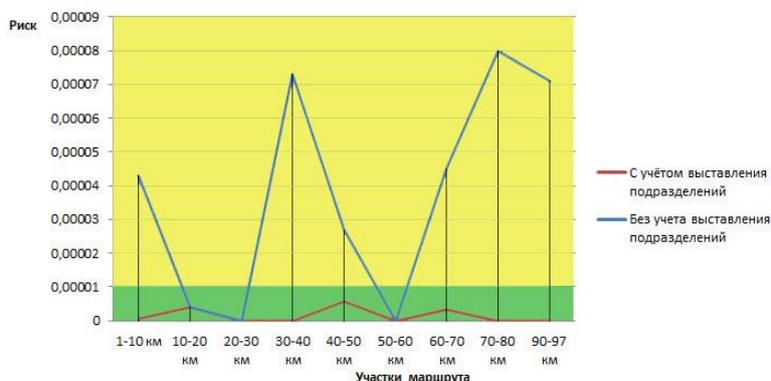


Рис. 5. График значения порогового риска химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия с учетом и без учета выставления пожарно-спасательных подразделений

Расчеты показывают (рис. 5), что в результате размещения подразделений ГПС МЧС России на данных участках и привлечение их к ликвидации последствий возможных аварий приведет к снижению до приемлемых значений рисков химической опасности.

7. Снижение перевозимого количества АХОВ до показателей приемлемого риска. Для рассматриваемого случая максимально допустимая масса перевозимого аммиака в одном резервуаре составляет 0,7 т. При данной массе на всем маршруте риск химической опасности не превышает приемлемого значения, равного $9,6 \cdot 10^{-6}$.

Расчет рисков химической опасности с учетом выставления пожарно-спасательных подразделений на участках с неприемлемым риском с учетом и без учета снижения количества перевозимого АХОВ представлен на рис. 6. Анализ данных показывает, что максимально допустимая масса перевозимого аммиака на данном маршруте составляет 0,7 т. При данной массе аммиака, перевозимого автотранспортом, на всем маршруте риск химической опасности не превышает приемлемого значения, равного $9,6 \cdot 10^{-6}$.

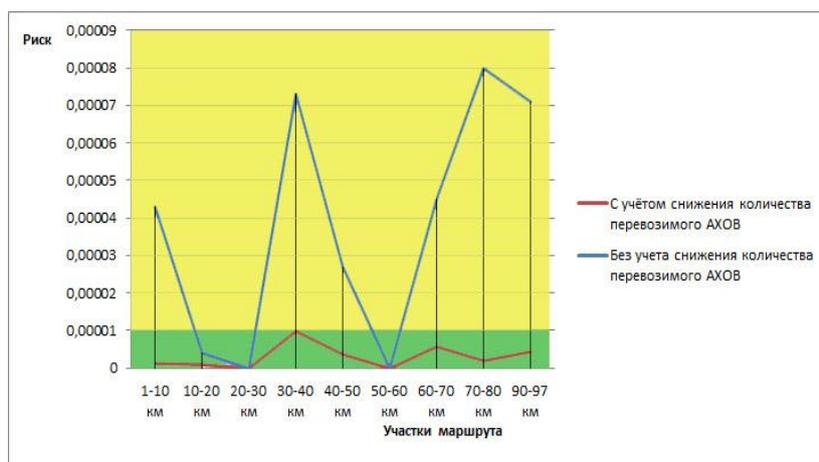


Рис. 6. График значения порогового риска химической опасности на участках маршрута перевозки аммиака из г. Тольятти в г. Саранск по территории Республики Мордовия с учетом и без учета снижения количества перевозимого АХОВ

Применение на практике данных рекомендаций позволяет значительно снизить риск химической опасности при транспортировке автомобильным транспортом АХОВ.

Таким образом, совершенствование и разработка рекомендаций по безопасной транспортировке АХОВ автомобильным транспортом на основе оценки риска химической опасности при помощи методики [3] на примере Республики Мордовия показывает эффективность и целесообразность использования предлагаемой методики при планировании и осуществлении перевозок АХОВ с учетом снижения рисков химической опасности в других регионах Российской Федерации.

Литература

1. Савчук О.Н. Прогнозирование и ликвидация последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014.
2. Методические рекомендации по порядку разработки, проверки, оценки и корректировки электронных паспортов территорий (объектов) (утв. МЧС России 15 июля 2016 г. 2-4-71-40; в ред. от 14 июня 2017 г.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 19.02.2019).
3. Аксенов А.А., Савчук О.Н. Об уточнении методики прогнозирования последствий аварий на автомобильном транспорте, перевозящем аварийно химически опасные вещества // Экологические последствия чрезвычайных ситуаций: актуальные проблемы и пути их решения: материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках X Междунар. салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность–2017». М., 2017.

4. Свид. 2015610163 Рос. Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа прогнозирования последствий аварий на транспорте, перевозящем АХОВ / О.Н. Савчук, А.А. Аксенов; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России (RU). – №2014661405; заявл. 11.11.14; опубл. 12.01.15, Реестр программ для ЭВМ. 1 с.

5. Савчук О.Н. Особенности прогнозирования выявления последствий при авариях (разрушениях) резервуаров с аварийно химически опасными веществами при транспортировке автомобильным транспортом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2011. № 1 (17). С. 40–51.

6. Савчук О.Н., Аксенов А.А. К вопросу обеспечения экологической безопасности при авариях (разрушениях) резервуаров с АХОВ, перевозимых автомобильным транспортом // Экологические последствия чрезвычайных ситуаций: актуальные проблемы и пути их решения: материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках X Междунар. салона. М., 2017.

7. Савчук О.Н., Аксенов А.А. О совершенствовании сбора исходных данных для оперативного прогнозирования последствий аварий (разрушений) подвижных химически опасных объектов (ХОО) // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 56–61.

8. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах»: постановление Правительства Рос. Федерации от 3 окт. 2013 г. № 846 // Рос. газ. URL: <https://rg.ru/2013/10/08/bezopas-site-dok.html> (дата обращения: 10.10.2018).

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

А.В. Квашнин;

Д.А. Колесников.

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

С.В. Шарапов, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Актуальность научной статьи заключается в том, что в настоящее время в нормативной документации газовой отрасли отсутствуют универсальные расчетно-экспериментальные модели и инженерные методы оценки показателей прочностной надежности элементов линейной части магистральных газопроводов, учитывающие взаимовлияние факторов и специфику их эксплуатации.

Ключевые слова: магистральный газопровод, техногенный риск, индивидуальный пожарный риск

METHODS OF CALCULATING THE INDICATORS OF TECHNOLOGICAL RISK OF THE LINEAR PART OF THE MAIN GAS PIPELINES

A.V. Kvashnin; D.A. Kolesnikov. Far East fire and rescue academy – branch of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

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

The relevance of the scientific article lies in the fact that currently in the regulatory documentation of the gas industry there are no universal calculation-experimental models and engineering methods for assessing the indicators of the strength reliability of the elements

of the linear part of gas pipelines that take into account the mutual influence of factors and the specifics of their operation.

Keywords: main gas pipeline, man-made risk, individual fire risk

Важнейшим условием эффективной работы магистральных газопроводов является обеспечение их прочности и надежности. Проблемы надежности линейной части магистральных газопроводов (ЛЧ МГ) охватывают широкий круг вопросов, включающий анализ условий возникновения повреждений и разработку конструктивных мероприятий по их предотвращению, статистический анализ показателей надежности и методы расчета показателей прочностной надежности несущих элементов линейной части.

Проведение расчетной оценки показателей надежности действующих газопроводов с учетом фактических условий эксплуатации, механизмов и скорости развития дефектов позволяет определять оптимальные значения показателей техногенного риска ЛЧ МГ [1].

По результатам анализа показателей техногенного риска, с целью учета изменения параметров газопровода в процессе эксплуатации, необходимостью является систематическое совершенствование стратегий диагностики и ремонта МГ, посредством контроля (надзора) за соблюдением обязательных требований, установленных в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании [2].

Схемы принятия решений о безопасности эксплуатации для объектов ЛЧ МГ при наличии и отсутствии достаточных данных о дефектах представлены на рис. 1, 2.

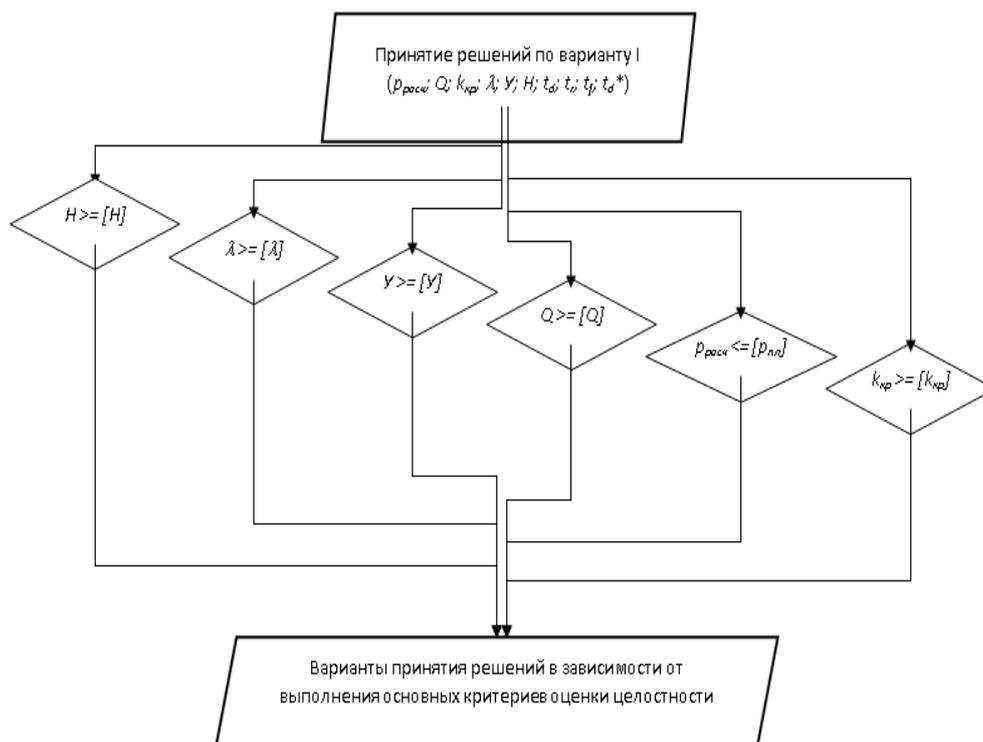


Рис. 1. Схема принятия решений для объектов ЛЧ МГ при наличии достаточных данных о дефектах

В зависимости от конструктивного исполнения в перечень элементов структурной схемы надежности объектов ЛЧ включаются прямолинейные по проекту участки; упругоизогнутые участки; отводы (криволинейные вставки на поворотах и переходах через препятствия); линейная арматура; переходы через железные и автомобильные дороги; переходы через водные преграды; участки, определяемые экспертным путем, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности.

Разбиение объектов ЛЧ на элементы структурной схемы надежности проводится по критерию однородности расчетных прочностных схем и действующих нагрузок [3–5].

Критерием отказа объекта ЛЧ МГ является потеря прочности или устойчивости, приводящая к разгерметизации или недопустимым изменениям геометрии любого из элементов, включенного в структурную схему надежности. Предельным состоянием объекта ЛЧ МГ является экономическая нецелесообразность его дальнейшей эксплуатации.

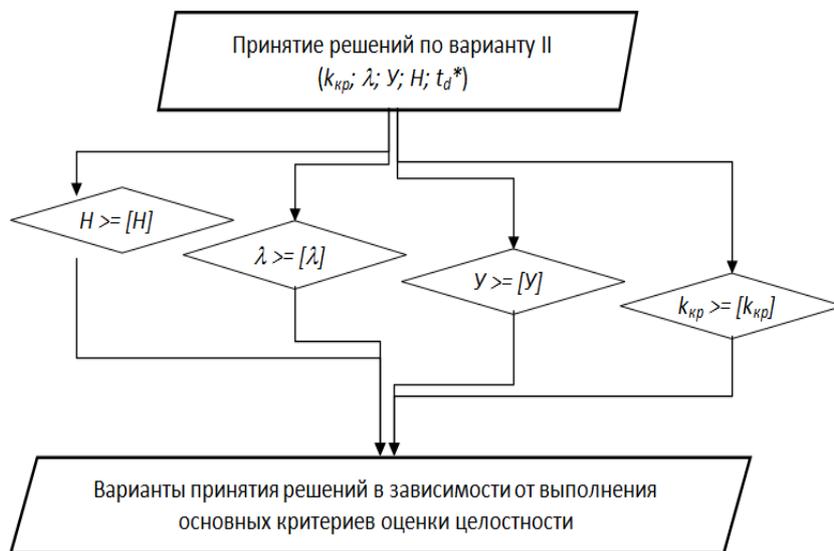


Рис. 2. Схема принятия решений для объектов ЛЧ МГ при отсутствии достаточных данных о дефектах

Анализ технического состояния и техногенного риска эксплуатации ЛЧ МГ включает в себя:

- оценку текущего технического состояния газопровода;
- характеристику выявленных дефектов и оценку степени их опасности;
- анализ коррозионного состояния трубной секции;
- оценку возможных последствий аварий.

Меру опасности, характеризующую возможность возникновения аварий на опасном производственном объекте и тяжесть их последствий для людей, имущества и окружающей природной среды, являющуюся техногенным риском, определяют из выражения:

$$R = P \cdot Y,$$

где R – риск аварии; P – вероятность (частота) возникновения аварии; Y – ущерб от аварии.

Совокупный техногенный риск для участка ЛЧ МГ определяется выражением:

$$R_n = f_n \cdot Y_n,$$

где f_n – ожидаемая частота аварий на n участке ЛЧ МГ, 1/год; Y_n – математическое ожидание ущерба от аварии на n элементарном участке ЛЧ МГ, руб.

Совокупный техногенный риск для макроучастка произвольной длины ЛЧ МГ определяется выражением:

$$R = \sum_{n=1}^N R_n,$$

где N – общее количество элементарных участков в составе макроучастка; R_n – совокупный техногенный риск на n участке МГ, руб./год.

Зоны воздействия поражающих факторов аварии для различных расчетных сценариев аварии представляются графически (рис. 3).

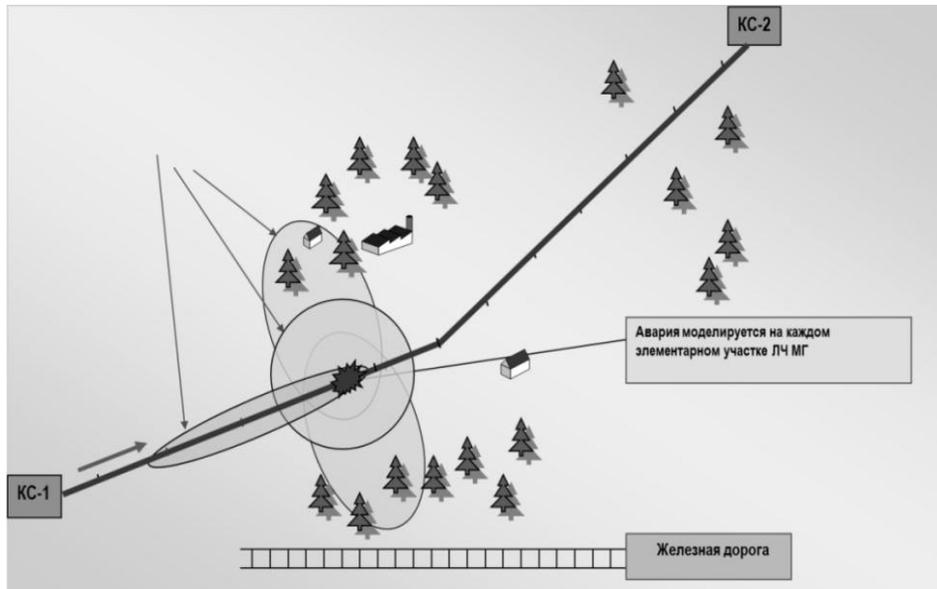


Рис. 3. Зоны воздействия поражающих факторов аварии для различных расчетных сценариев аварии

Дополнительными показателями техногенного риска макроучастков МГ являются: потенциальный, коллективный, социальный и индивидуальный риск.

Распределение значений дополнительных показателей в зависимости от удаления от оси газопровода представлено графически на рис. 4.

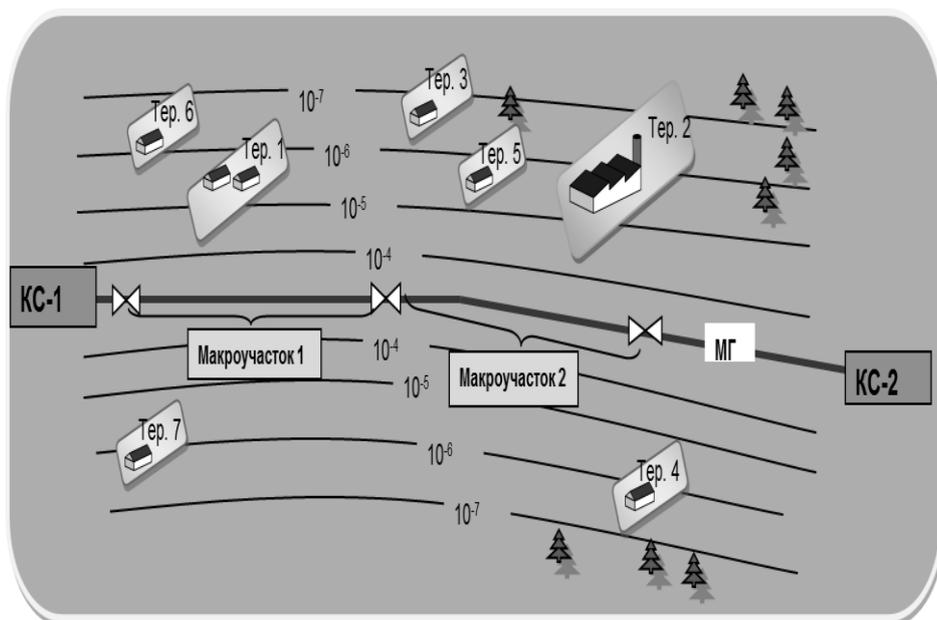


Рис. 4. Дополнительные показатели риска для макроучастков МГ

На основе проведенного анализа технического состояния и техногенного риска эксплуатации ЛЧ МГ производится формирование программы мероприятий по обеспечению целевых показателей и ее оптимизация.

Оптимизация программы мероприятий по обеспечению надежности ЛЧ МГ проводится в три этапа.

Первый этап включает в себя:

- разработку программно-технического комплекса;
- выбор применяемых расчетно-аналитических модулей;
- формирование количественных значений показателей и перечня базового состава анализируемых объектов.

На втором этапе оптимизации программы мероприятий по обеспечению надежности производится формирование и наполнение базы данных объектов ЛЧ МГ паспортными и диагностическими данными, картографическими материалами, пространственным описанием объектов МГ и их окружения.

Третий этап включает в себя расчетно-аналитическое обеспечение задач формирования перечня мероприятий по достижению заданных показателей планов и программ комплексного капитального ремонта ЛЧ МГ.

Расчетно-аналитическое обеспечение, применяемое в целях расчета показателей техногенного риска, целесообразно разделять на расчетно-аналитические модули (РАМ):

- РАМ расчета ожидаемой частоты аварий для участков МГ без внутритрубной диагностики;
- РАМ расчета ожидаемого ущерба от аварии на участке МГ;
- РАМ расчета показателей техногенного риска эксплуатации.

В качестве описательного примера по применению рассматриваемых методов расчета показателей техногенного риска ЛЧ рассмотрен участок МГ «Ямбург–Тула 2» длиной 128 км ($D_n=1\ 420\ \text{мм}$; $\delta=15,7\div 18,7\ \text{мм}$; сталь X70; $p_{\text{раб}}=7,4\ \text{МПа}$). Скорость коррозии: в глубину – 0,2 мм/год; по протяженности – 4 мм/год.

На рис. 5 приведено распределение количества коррозионных дефектов по длине газопровода.

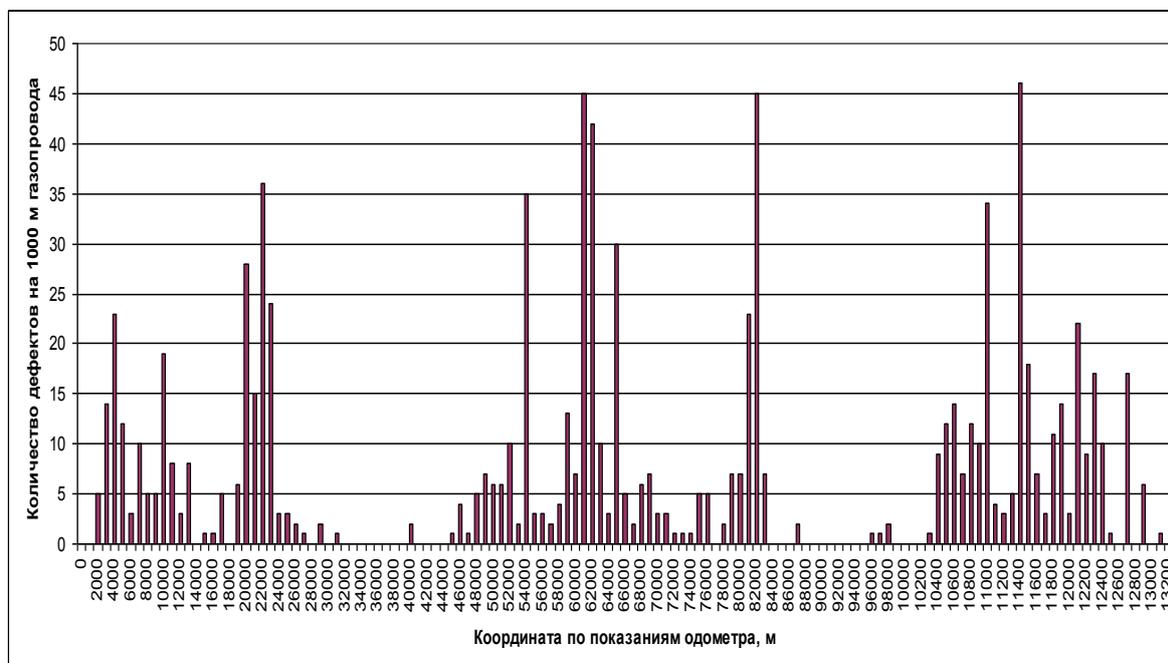


Рис. 5. Распределение количества коррозионных дефектов по длине газопровода

Для расчетов использовались данные, полученные по результатам внутритрубной инспекции (общее количество обнаруженных дефектов – 916 шт.).

На рис. 6–8 приведены результаты анализа объемов выборочного ремонта на показатели надежности газопровода. При первом варианте объемов ремонта в 2010 г. дефектные участки, подлежащие замене, прогнозируются в 2019 г. При втором варианте – в 2020 г.

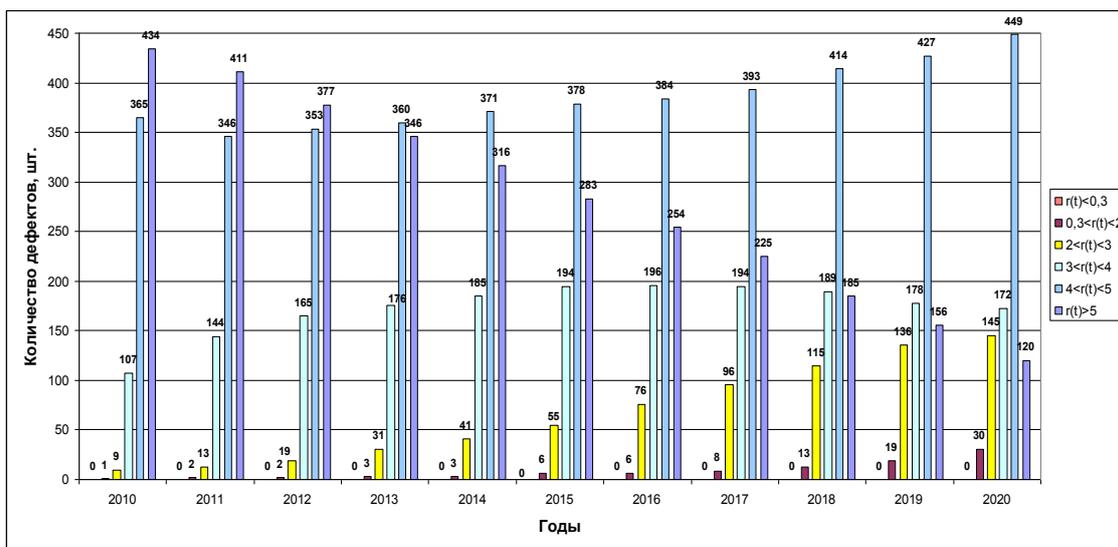


Рис. 6. Текущее и прогнозируемое распределение количества дефектов по уровню вероятности безотказной работы без учета проведения ремонтных работ

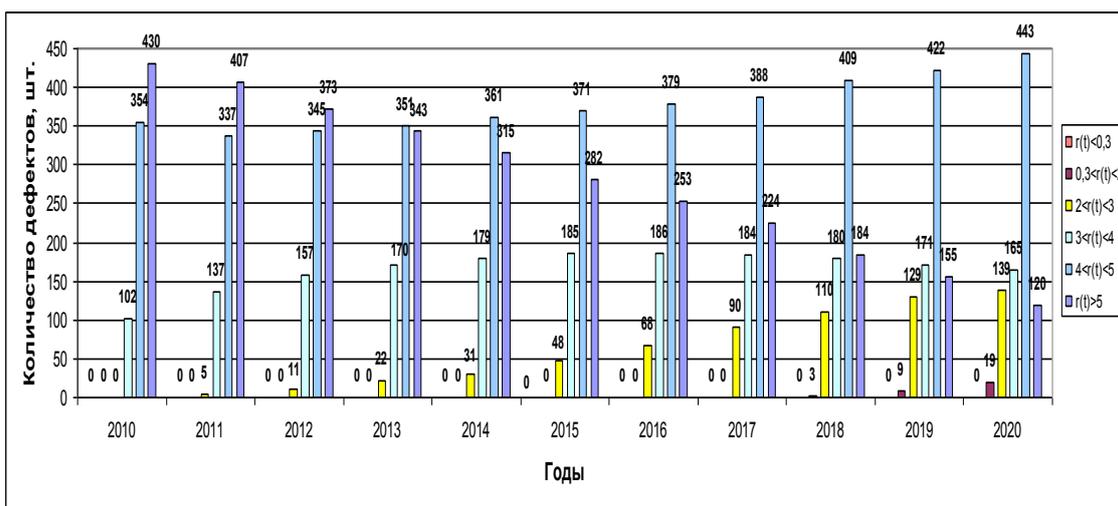


Рис. 7. Прогнозная оценка надежности газопровода с дефектами с учетом ремонта по первому варианту

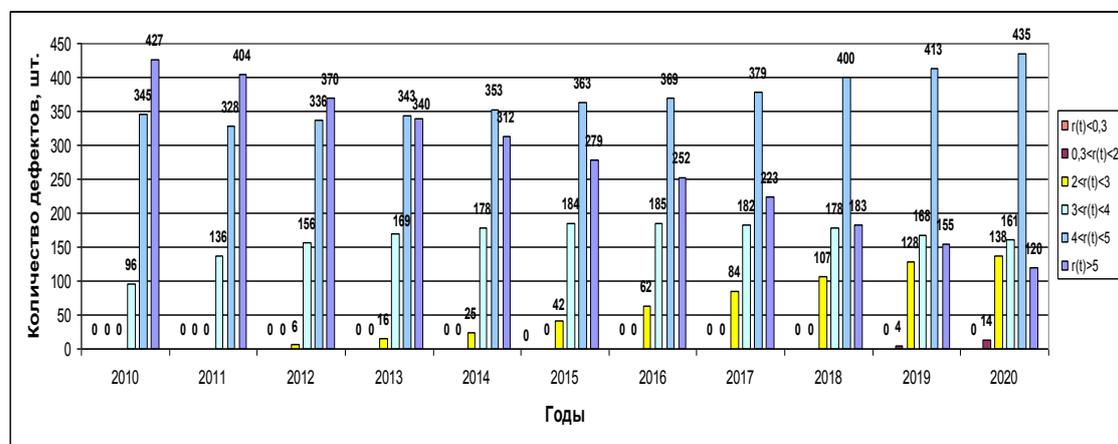


Рис. 8. Прогнозная оценка надежности газопровода с дефектами с учетом ремонта по второму варианту

Увеличение объемов выборочного ремонта не приводит к увеличению наработки на отказ рассматриваемого газопровода. Таким образом, объем выборочного ремонта рассматриваемого участка газопровода целесообразно ограничить заменой девяти трубных секций с наиболее опасными дефектами в количестве 30 шт. Дальнейшее повышение уровня надежности газопровода возможно лишь при проведении капитального ремонта, что примерно в два раза увеличит материальные затраты.

В итоге анализа применяемых методов расчета показателей техногенного риска приходим к выводу о том, что по минимальному объему входной информации эти методы позволяют производить расчет на данный момент времени и спрогнозировать на будущее весь необходимый спектр показателей надежности элементов и объектов ЛЧ МГ. Специфика применения методов заключается в значительных временных затратах и использовании различных РАМ. Автоматизировать и сократить временные затраты на применение рассмотренных методов позволит использование современных инструментов цифровизации универсальных данных, таких как искусственные нейронные сети.

Литература

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм. на 29 июля 2018 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с реализацией положений Федерального закона «О техническом регулировании» с изм. и доп.: Федер. закон от 19 июля 2011 г. № 248-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. СТО Газпром 2-2.3-491–2010. Техническое диагностирование сосудов, работающих под давлением на объектах ОАО «Газпром». URL: https://www.studmed.ru/sto-gazprom-2-23-491-2010-tehnicheskoe-diagnostirovanie-sosudov-rabotayuschih-pod-davleniem-na-obektah-oao-gazprom_of01be42d0c.html (дата обращения: 11.04.2019).

4. СТО Газпром РД 1.10-098–2004. Методика проведения комплексного диагностирования трубопроводов и обвязок технологического оборудования газораспределительных станций магистральных газопроводов. URL: <https://www.internet-law.ru/stroyka/doc/49865/> (дата обращения: 15.04.2019).

5. СТО Газпром 2-4.1-406–2009. Методика оценки ресурса запорно-регулирующей арматуры магистральных газопроводов. URL: <https://docinfo.ru/sto-gazprom/sto-gazprom-2-4-1-406-2009/> (дата обращения: 15.04.2019).



ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

ОСАЖДЕНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ В КАНАЛАХ СИСТЕМ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

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

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук;

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Исследованы факторы, влияющие на процесс осаждения аэрозолей при движении продуктов горения по каналам систем противодымной вентиляции. Предложено использовать интегральный вариант уравнения Смолуховского для оценки действия механизма осаждения аэрозольных частиц на поверхности жидкой фазы в зависимости от термогазодинамических показателей пожара. Представлены экспериментальные данные о влиянии температуры продуктов горения и охлаждающей воды по длине канала на процессы в системе противодымной вентиляции и пошаговый ход расчета изменения давления водяных паров, пересыщения и размеров осаждаемых аэрозольных частиц.

Ключевые слова: противодымная вентиляция, продукты горения, аэрозоли, диффузия, термодиффузионный механизм, коагуляция, парогазовая смесь

AEROSOLS DEPOSITION IN SMOKE VENTILATION SYSTEMS CHANNELS

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

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

We investigated factors influencing aerosols deposition during the movement of combustion products through the smoke ventilation systems channels. It is proposed to use the integrated version of the Smoluhowski equation to evaluate the mechanism of aerosol particles deposition on the surface of liquid phase depending on the thermodynamic parameters of fire. We gave experimental data of the combustion products and cooling water temperature influence along the length of channel on processes in smoke ventilation system and step-by-step algorithm of the vapour pressure changing, supersaturation and deposited aerosol particles size calculating.

Keywords: smoke ventilation, combustion products, aerosols, diffusion, thermal diffusion mechanism, coagulation, gas-vapor mixture

Продукты горения представляют собой дисперсную систему, образующуюся на пожаре и содержащую как твердую, так и жидкую, и газообразные фазы, когда размеры частиц лежат в интервале дисперсности от 10^{-3} до 10^3 мкм [1]. Необходимо также учитывать и наличие в дымовых газах водяного пара, образующегося в результате пожаротушения.

При движении продуктов горения по каналам противодымной вентиляции, учитывая его турбулентный характер, процесс осаждения аэрозольных частиц под действием градиента

концентрации пара воды является достаточно сложным, в котором присутствуют механизмы совмещенности и взаимодействия, имеющие различную природу. Так одновременно протекают процессы осаждения на поверхности ограждающих конструкций и каналов противодымной вентиляции под действием инерционных, турбулентных, турбулентно-миграционных, диффузиофоретических и термодиффузионных механизмов. Кроме того, такие процессы могут сопровождаться в зависимости от термогазодинамических условий пожара процессами конденсационного укрупнения частиц, коагуляция аэродисперсных частиц за счет турбулентных колебаний сплошного потока продуктов горения и спонтанной нуклеоризации.

Режим движения сплошного потока продуктов горения в значительной степени определяет интенсивность осаждения на внутренних поверхностях каналов противодымной вентиляции. В системах же с активным взаимодействием фаз [2] степень турбулентности является доминирующим фактором, влияющим на интенсивность осаждения твердых частиц.

В интенсивных режимах течения потока продуктов горения наблюдается превалирование процесса турбулентной диффузии над молекулярной диффузией при движении аэрозольных частиц с плотностью, достигающей значение $\rho_r \approx 1000 \text{ кг/м}^3$ [3]. Иначе говоря, повышенная турбулентность сплошного потока продуктов горения поддерживает постоянную концентрацию частиц, индекс инерционности которой не превышает единицу ($w \cdot \tau_r < 1$) вблизи поверхности осаждения при значительном масштабе колебаний (амплитуда $l > l_0$, где l_0 – масштаб микровихрей), когда происходит диссипация энергии в вязкой среде [2]. В этом случае в колебательном движении участвуют в основном тонко- и высокодисперстные фазы полидисперсного аэрозоля в составе продуктов горения. Значительная инерционность грубодисперстных частиц ($w \cdot \tau_r > 1$), а также существенное аэродинамическое сопротивление каналов противодымной вентиляции вызывает миграцию этих частиц. Траектории движения аэрозольных частиц имеют достаточно сложный характер и протекают в пограничном слое вблизи от поверхности, на которой может происходить их осаждение [4]. По мере перемещения по пограничному слою продуктов горения происходит затухание турбулентных колебаний и их амплитуда постепенно становится меньше соответствующей амплитуды турбулентного потока ($l < l_0$), однако частота колебаний w_{nc} увеличивается, что приводит к изменению индекса инерционности аэрозольных частиц. Для аэрозольных частиц, перемещающихся в пограничном слое продуктов горения с длиной инерционного пробега, превышающего значение $l > l_0$, колебания возникают при уменьшении длины инерционного пробега до $l < l_0$. Следовательно, процесс осаждения аэрозольных частиц на поверхности канала противодымной вентиляции возможен только при их прохождении через пограничный слой.

У аэрозольных частиц с длиной прямолинейного инерционного пробега с небольшими значениями l_0 будут возникать колебания с амплитудой $l < l_0$. При этом в турбулентной зоне двигающегося газового потока наблюдаются значительные градиенты.

В этом случае интенсивное затухание колебаний аэрозольных частиц, находящихся в турбулентной зоне пограничного слоя, приводит к возрастанию градиентов колебательных составляющих скоростей, которые направлены по нормали к внутренней поверхности канала противодымной вентиляции [4]. Этот процесс инициирует диффузию аэрозольных частиц в том же направлении, что обеспечивает постоянную концентрацию частиц в буферной зоне, когда в районе границы турбулентности вязкого подслоя колебания прекращаются. Если приобретенная инерция аэрозольных частиц (длина свободного пробега $l > l_i$) позволяет им избегать участия в броуновском движении, характерном для вязкого подслоя потока продуктов горения, то возникает возможность пройти сквозь него и достигнуть поверхности канала противодымной вентиляции.

Если инерционность аэрозольных частиц невелика, то будут превалировать броуновские диффузионные процессы, протекающие в зоне вязкого подслоя, где аэрозольные частицы достигают поверхности канала противодымной вентиляции.

Указанные выше обстоятельства позволяют предположить, что в турбулентном потоке продуктов горения имеет место колебательное движение аэрозольных частиц с амплитудами

в диапазоне $l \sim L$, где L – определяющий (характерный линейный) размер канала противодымной вентиляции, с частотами, соответствующими этим амплитудам.

Если в процессе пожаротушения происходит насыщение турбулентного аэродисперсного потока продуктов горения частицами водяного пара, то процесс осаждения аэрозольных частиц на поверхности каналов противодымной вентиляции носит комплексный характер:

- фазовые переходы, включающие конденсацию и испарение;
- результаты воздействия стефановского течения, а также диффузиофоретических и термодиффузионных сил.

Необходимо оценить действие таких механизмов в процесс осаждения частиц аэрозоля на поверхность каналов противодымной вентиляции, двигающихся в потоке продуктов горения, пересыщенном парами воды.

В процессе охлаждения потока продуктов горения, насыщенного парами воды, конденсация этих паров на поверхности канала противодымной вентиляции протекает в ядрах конденсации, которыми являются пылинки и ионы.

Рассмотрим трансформацию распределения аэрозольных частиц в произвольном потоке продуктов горения, исследуя временную зависимость линейного размера частиц. В работе [5] предлагается интегральная версия уравнения Смолуховского, которое позволяет сформировать балансовое уравнение, описывающее временную зависимость распределения аэрозольных частиц по их массе и размеру.

Полученные результаты будут основаны на следующих предположениях:

- наблюдается однородность пространственной плотности облака аэрозольных частиц;
- эффект столкновения аэрозольных частиц является существенным;
- в случае парного столкновения, когда контакт завершается слиянием аэрозольных частиц, отношение суммарного объема частиц к объему дыма становится существенно меньше единицы.

Существенное влияние на процесс осаждения аэрозольных частиц оказывает процесс испарения микрокапель воды, главным образом, в силу значительной кривизны их наружной поверхности.

Таким образом:

$$\frac{\partial g(D, \tau)}{\partial \tau} = I_1 + I_2 + I_3. \quad (1)$$

В уравнении (1) слагаемое I_1 представляет собой уменьшение массы твердых аэрозольных частиц диаметра D в единицу времени, в единице объема продуктов горения при ее столкновении с микрокаплей воды диаметра D_1 :

$$I_1 = -g(D, \tau) \int_0^{D_{кр}(\tau)} K(D, D_1) \cdot g(D, \tau) \cdot dD_1,$$

$$D_{кр} = \sqrt{\frac{18 \cdot \eta \cdot H}{G \cdot \rho_p \cdot \tau}},$$

где H – верхняя граница потока продуктов горения; G – ускорение свободного падения; η – коэффициент динамической вязкости продуктов горения; ρ_p – плотность аэрозольных частиц; $K(D, D_1)$ – вероятность столкновения твердой аэрозольной частицы с микрокаплей воды.

Если масса аэрозольной частицы становится больше некоторого критического значения $D_{кр}(\tau)$, то в этом случае происходит их выпадение из потока дыма и такие частицы не участвуют в процессе коагуляции. Сегментация более крупных аэрозольных частиц приводит к тому, что граница массового распределения смещается в направлении более мелких частиц [6].

Слагаемое I_2 отражает увеличение массы аэрозольных частиц диаметром D при их столкновении с микрокаплями воды диаметром, находящимся в промежутке $D_1 \div D - D_1$:

$$I_2 = \frac{1}{2} \int_0^D K \cdot (D - D_1, D_1) \cdot g(D_1, \tau) \cdot g(D - D_1, \tau) \cdot dD_1.$$

Член I_3 описывает уменьшение массы частиц за счет их испарения:

$$I_3 = \frac{\partial}{\partial m} \left(\frac{dm}{d\tau} \cdot f(D) \right) = \frac{\partial}{\partial m} \left[\frac{2\pi \cdot D_f \cdot M (P_{drop} - P_{pl}) \cdot f(D)}{R \cdot T} \right],$$

где m – масса микрокапли воды; D_f – коэффициент диффузии продуктов горения; M – молярная масса воды; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; P_{drop} и P_{pl} – парциальные давления над каплей и плоской поверхностью.

Опираясь на уравнение Кельвина:

$$\ln \left(\frac{P_{drop}}{P_{pl}} \right) = \frac{4 \cdot \sigma \cdot M}{\rho_p \cdot R \cdot T \cdot D},$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения, выражая массу частицы через ее диаметр, получаем:

$$I_3 = \frac{\partial}{\partial D} \left[4\pi \cdot D_f \cdot M \cdot P_{pl} \left(\exp \left(\frac{4 \cdot \sigma \cdot M}{\rho_p R \cdot T \cdot D} \right) - 1 \right) \frac{f(D)}{\rho_p R \cdot T \cdot D} \right].$$

Таким образом, скорость конденсации влаги в канале противодымной вентиляции приближенно может быть определена по уравнению:

$$\frac{dg}{d\tau} = \beta_n \cdot F \cdot [P - P_\infty(T_2)] + \frac{2\pi \cdot D_n \cdot d_n \cdot M_n \cdot N \cdot k}{R \cdot T \cdot \varphi} [P - P_k(T_k)] + K, \quad (2)$$

где P – давление пара; $P_\infty(T_2)$ – давление насыщенного пара над поверхностью канала противодымной вентиляции; $P_k(T_k)$ – равновесное давление пара над каплей; M_n – общее количество пара в продуктах горения; β_n – коэффициент массоотдачи пара; F – площадь поверхности канала противодымной вентиляции; T_2 – абсолютная температура поверхности канала противодымной вентиляции; d_n – диаметр капли; K – скорость конденсации паров воды в жидкостную фазу в ходе образования центров конденсации; k, φ – промежуточные коэффициенты, определяются по формулам:

$$k = 1 + \frac{P_k(T_k) + P}{P};$$

$$\varphi = 1 + \frac{1,33 \cdot Kn + 0,71}{1 + Kn},$$

где число Кнудсена $Kn=l/L$ является одним из критериев подобия движения продуктов горения.

В уравнении (2) первый компонент правой части характеризует интенсивность процесса конденсации паров воды на поверхность канала, а второй компонент характеризует скорость конденсации на отдельных каплях и твердых аэрозольных частицах. Существует мнение, например [6], где утверждается, что процесс интенсивного формирования центров конденсации и последующая конденсация на них паров воды начинается при значении перенасыщения $\geq 4,5 \div 5$, если перенасыщение меньше, то процесс конденсации паров воды протекает главным образом на внутренних стенках канала. В работе [7] рассматриваются результаты эксперимента, в котором при перенасыщении менее 2 не наблюдается гомогенной конденсации паров воды. Авторы работы [3] не смогли визуальным образом наблюдать достаточно интенсивный процесс образования центров конденсации:

- если пропускать незапыленную смесь по каналу, то на выходе тумана не наблюдается;
- если пропускать по каналу газовую смесь, содержащую твердые аэрозольные частицы, то на выходе из канала наблюдается туман.

Поэтому при расчете характеристик интенсивности процесса конденсации паров воды на внутренней поверхности канала противодымной вентиляции значением третьего слагаемого в правой части уравнения (1) можно пренебречь.

Экспериментальное исследование изменений температуры продуктов горения и охлаждающей воды по длине канала системы противодымной вентиляции и пошаговая оценка давления перенасыщенных паров воды в зависимости от размера аэрозольных частиц в случае охлаждения газового потока в диапазоне $70 \text{ }^\circ\text{C} \div 140 \text{ }^\circ\text{C}$ при концентрации аэрозоля $4,6 \cdot 10^7 \text{ м}^3$, наблюдается увеличение радиуса аэрозольных частиц от $6,4 \cdot 10^{-8}$ до $7,82 \cdot 10^{-7}$ м по причине конденсации на них влаги. При этом основное число водяных капель, покидающих канал, имеет диаметр в диапазоне $2 \div 4$ мкм, а у некоторых диаметр может достигать до 16 мкм.

Определенное расхождение экспериментальных и расчетных данных может быть объяснено тем, что в ходе расчета уровня укрупнения аэрозольных частиц в процессе конденсации не учитывалась турбулентная диффузия, которая вызывала дополнительный подвод паров воды к центрам конденсации. В этом случае существенное число капель воды перемещается из потока продуктов горения и оседает на центрах конденсации, прежде всего, твердых частицах.

Процесс осаждения микрокапель значительных размеров при воздействии сил тяготения и инерционных сил на поверхность канала противодымной вентиляции представляется маловероятным, если источником является прямолинейный восходящий дымовой поток. В работе [2] сравнили скорость движения микрокапли воды диаметром до 100 мкм, которая может достигать до 0,23 м/сек., и скорость восходящего потока газа, и вторая оказалась значительно выше. Процесс броуновской коагуляции не оказывает существенного влияния на частоту и размеры коагулирующих микрокапель воды вследствие относительно небольшой концентрации (менее $4,6 \cdot 10^7 \text{ м}^3$) и незначительного временного промежутка нахождения аэрозольных частиц в канале.

Температурный перепад между продуктами горения и водяным конденсатом является причиной возникновения в парогазовой смеси термодиффузионных сил, которые являются причиной движения аэрозольных частиц в направлении поверхности канала противодымной вентиляции. Если скорость термодиффузии находится в диапазоне $4,38 \cdot 10^{-4} \div 1,53 \cdot 10^{-4}$ м/с, то перемещение аэрозольных частиц по направлению к поверхности канала достигает значения 0,052 мм, которое соответствует значению коэффициента эффективности осаждения 1 % [2].

Однако на интенсивность процесса осаждения аэрозольных частиц на внутреннюю поверхность канала дымоудаления существенное влияние будут оказывать процессы

диффузиофореза и стефановского течения. При этом достаточно крупные капли двигаются при действии этих сил значительно быстрее, чем более мелкие частицы аэрозоля, у которых габаритные размеры уступают длине свободного пробега молекул газа [3]. В процессе конденсации водяных паров габаритные размеры мелких частиц, составляющих аэрозоль, начинают превышать длину свободного пробега молекул. Вследствие этого скорость перемещения аэрозольных частиц под воздействием диффузиофореза и стефановского течения (так называемых диффузионных сил), увеличивается. Рассматриваемый пример предполагает, что большая часть смеси дымовых газов, содержащих аэрозольные частицы и водяного пара, появляющегося в процессе пожаротушения, перемещается в турбулентном режиме, а для части этого потока, перемещение которого происходит в достаточно узком, пристенном слое, будет наблюдаться ламинарный режим.

Таким образом, можно сделать вывод, что процесс осаждения высокодисперстных аэрозольных частиц на поверхности канала противодымной вентиляции вследствие проникновения через пограничный слой при воздействии колебательных движений молекул газа не может быть достаточно интенсивным. Однако более мелкие аэрозольные частицы могут проникать сквозь пограничный слой с последующим осаждением на поверхности канала, чему содействуют броуновская диффузия, диффузиофоретические силы и стефановское течение.

Литература

1. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Л.: Химия, 1969. 428 с.
2. Ескендилов М.З. Системно-поэлементное моделирование процессов коагуляции и осаждения аэрозолей в прямоочных многофазных потоках организованной вихревой структуры: дис. ... д-ра техн. наук. Шымкент, 2005. 300 с.
3. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М.: Наука, 1980. 176 с.
4. Закономерности укрупнения частиц полидисперсных аэрозолей в турбулентных многофазных потоках вихревой структуры / М.З. Ескендилов [и др.] // Процессы, машины и аппараты промышленных технологий: труды МНПК. Шымкент, 2006. С. 162–165.
5. Волощук В.М. Кинетическая теория коагуляции. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 284 с.
6. Шилиев М.И., Дорохов А.Р. Расчет гидравлического сопротивления пенных аппаратов // Теплофизика и аэромеханика. 2000. Т. 7. № 1. С. 145–148.
7. Амелин А.Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара. М.: Химия, 1966. 295 с.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ И СЛЕДЫ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

**И.Д. Чешко, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации;**

А.Ю. Парийская;

С.Ф. Лобова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описаны виды аварийных пожароопасных режимов работы на линиях электропередач в сельской местности и морфологические признаки, характерные для данных аварийных режимов. Рассмотрены возможности использования методов оптической и сканирующей

электронной микроскопии при исследовании следов захлеста проводов на линиях электропередач при лесных пожарах.

Ключевые слова: лесные пожары, линии электропередач, короткое замыкание, аварийный режим, провод, электронный сканирующий микроскоп, захлест проводов

FIRE HAZARD AND TRACES OF EMERGENCY OPERATION ON POWER LINES IN RURAL AREAS

I.D. Cheshko; A.Yu. Pariyskaya; S.F. Lobova.

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

Types of emergency fire-dangerous operating modes on power lines of the fires in rural areas and morphological features characteristic of this emergency operation are considered. The possibilities of use of methods of the optical and scanning electronic microscopy at a research of traces of the overflowing with wires on power lines at wildfires are considered.

Keywords: wildfires, power lines, short circuit, emergency operation, wire, electronic scanning microscope, overflowing with wires

Через лесные и степные массивы могут проходить линии электропередач – как высоковольтные, так и низковольтные. Обрыв проводов этих линий (как правило, это провода без изоляции), замыкание их друг на друга при провисании на землю или заземленные конструкции опор может приводить к коротким замыканиям (КЗ), также последовательному или параллельному «дуговому пробою» (искрению), в случае если провода не натянуты должным образом и могут относительно свободно раскачиваться от порывов ветра как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

Повышенная пожарная опасность указанных выше процессов искрообразования обусловлена и горючестью сред, в которые может попасть раскаленная частица. Одной из таких сред является лесная подстилка.

Подстилка – группа горючих материалов, формирующая самый верхний горизонт лесной почвы. Она состоит из отмерших частей растений с различной степенью разложения и потерей естественной структуры.

Объемный вес подстилки в сосняках составляет 0,01–0,07 %. Обнаженная сухая подстилка и гнилая древесина являются средой, склонной к самоподдерживающемуся тлению, они способны загораться от искр, тлеющего табачного изделия. Горение подстилки обычно протекает в режиме тления. Только в сухом состоянии и под влиянием ветра оно переходит в пламенное горение. Критическая влажность подстилки, при которой она может тлеть, значительно выше 70 % [1].

В подстилке горение в скрытом виде (в режиме тления) может сохраняться и распространяться длительное время.

Аварийные режимы в электросетях могут возникать и протекать по разным механизмам.

Перенапряжение – разновидность перегрузки, которая заключается в подаче потребителям повышенного напряжения. Этот процесс может возникнуть в результате аварийных режимов в питающей низковольтной сети или соответствующей высоковольтной сети, при ремонтных работах.

Перенапряжения могут возникать во время грозы за счет наводок на провода воздушных линий электропередач. Величина таких перенапряжений может достигать десятков, а иногда и сотен киловольт.

Перенапряжения при замыканиях на землю

К перенапряжениям в низковольтной сети могут приводить аварии на высоковольтной линии. В том числе, такие распространенные ситуации, как:

- обрыв провода высоковольтной линии и замыкание его на землю;
- замыкание воздушной линии на опору линии электропередач (ЛЭП) (например, вследствие электрического старения или загрязнения изолятора);
- возникновение связи провода с землей через посторонние предметы (упавшее дерево и т.п.);
- повреждение изоляции на стороне первичной обмотки трансформатора одной из понижающих подстанций вследствие электрического старения, загрязнения или замыкания посторонними предметами;
- прочие неисправности в цепях связи токоведущих частей высоковольтной линии с землей.

Режим замыкания на землю может быть глухим или через дугу.

Из теории электрических сетей и систем известно, что все режимы связи токоведущих частей с землей в сети с изолированной нейтралью сопровождаются так называемыми внутренними перенапряжениями – резонансными и коммутационными. Они инициированы индуктивностью токоведущих частей и их емкостными связями с землей и между фазами.

Резонансные перенапряжения могут достигать значительных величин – до 5–6 Уф. Такой запас электрической прочности высоковольтных изоляционных конструкций не предусмотрен нормативами и часто происходит пробой, дуговое замыкание «здоровых» фаз на заземленные несущие металлоконструкции, при этом их потенциал передается заземленному нулевому проводу сети низкого напряжения.

Коммутационные перенапряжения могут достигать у поврежденной фазы и у «здоровых» фаз 3,5 Уф и 3,65 Уф.

Повышенное в несколько раз напряжение, в случае однофазного замыкания на землю, в сети 380/220 В прикладывается ко всем электроприемникам – как трехфазным, так и однофазным.

Для воздушных ЛЭП обычно используются неизолированные провода. В условиях эксплуатации эти провода изолированы от земли и между собой с помощью фарфоровых, стеклянных и других изоляторов, на которые они подвешиваются. Расстояние между проводами выбирается в зависимости от передаваемого напряжения.

Наиболее распространенным материалом проводов, используемых для воздушных ЛЭП, является алюминий различных марок.

В проводах марок АКП и АпКП промежутки между проволоками (за исключением наружного повива) заполняют нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости.

Использование различных марок алюминиевых проводов зависит от климатических условий регионов, где они применяются.

Возможные аварийные режимы в электросетях с образованием расплавленных частиц металла проводников:

1. На воздушных линиях 0,4 кВ к пожару могут приводить:

- захлест проводов при ослаблении их натяжения в процессе эксплуатации при сильных порывах ветра, при раскачивании деревьев, расположенных в непосредственной близости от ЛЭП, при одновременном массовом взлете стаи птиц;
- обрыв и замыкание между собой фазных проводников, нейтрального и фазного проводников, вследствие падения деревьев, опор ЛЭП, набросов на проводники различных посторонних предметов;
- замыкание проводников вследствие пробоя и разрушения изоляторов на опорах ЛЭП, а также входных и выходных изоляторов трансформаторных подстанций вследствие прямых ударов молнии, перехода высокого напряжения на низкую сторону;

– перекрытие или уменьшение промежутков между проводниками животными и птицами;

– большие переходные сопротивления в контактах специальных зажимов, предназначенных для соединения проводников разной длины между опорами, а также проводников из различных материалов (медь и алюминий) с возникновением дуговых процессов.

2. На воздушных линиях свыше 1 000 В к аварийным ситуациям могут приводить:

– захлест проводов при ослаблении их натяжения в процессе эксплуатации при сильных порывах ветра, при раскачивании деревьев, расположенных в непосредственной близости от ЛЭП, при одновременном массовом взлете стаи птиц и т.д.;

– замыкание проводников вследствие пробоя и разрушения изоляторов на опорах ЛЭП при ударах молнии;

– замыкание фазных проводников на землю и на металлические опоры ЛЭП, соединенных с землей, вследствие их обрыва по различным причинам, с появлением перенапряжений (до 5–6 крат) на высокой стороне трансформаторных подстанций с последующим возникновением в них аварийных режимов;

– замыкание фазных проводников высоковольтных линий при их обрыве на проводники ЛЭП напряжением 0,4 кВ, проходящих в непосредственной близости;

– большие переходные сопротивления в контактах специальных зажимов, предназначенных для соединения проводников разной длины между опорами, а также проводников из различных материалов (медь и алюминий) с образованием дуговых процессов [2, 3].

На рис. 1, 2 показан высоковольтный трансформатор, в котором из-за разрушенного изолятора провод высоковольтной линии попал на линию низковольтную. В этой ситуации в низковольтной линии возникло перенапряжение, которое привело к выходу из строя и загоранию нескольких низковольтных электропотребителей в расположенной рядом деревне [4].

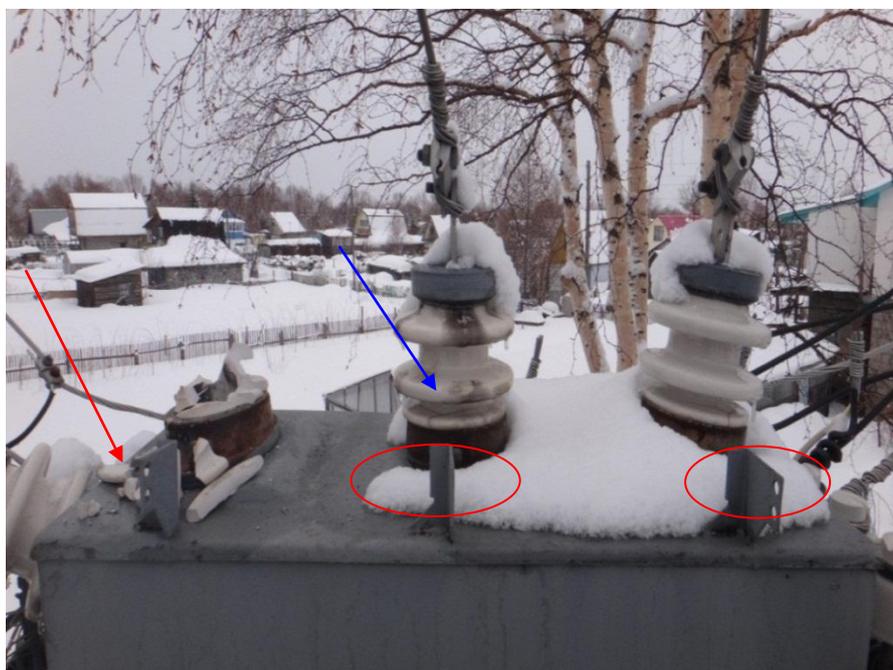


Рис. 1. Изоляторы, расположенные на трансформаторной подстанции. Левый изолятор разрушен (красная стрелка). На корпусе двух других изоляторов видны трещины в основании (овал). Закопчение корпуса среднего изолятора (синяя стрелка)



Рис. 2. Обрыв изолятора высоковольтной линии (красная стрелка) и его замыкание на низковольтную линию (овал)

Захлест проводов является наиболее частой разновидностью аварийного режима.

Возникающая при КЗ электрическая дуга способна расплавить алюминиевые провода. При этом образуются разлетающиеся в разные стороны частицы и капли расплавленного металла.

Известно, что причиной образования и разброса раскаленных частиц металлов при КЗ является электрический взрыв жидкой перемычки проводниковых материалов, возникающий в зоне КЗ. Взрывообразное разрушение перемычки приводит к образованию ударной волны, разбрызгивающей жидкий металл, после чего возникающий дуговой разряд вызывает газодинамический удар, который и сообщает ускорение частицам металла [1, 5].

Горячие алюминиевые частицы являются наиболее опасными, так как температура их в полете может не только не снижаться, а в начальный период времени увеличиваться.

На проводах, в свою очередь, формируются характерные следы электрических контактов – следы искрения [1].

В данной работе изучали морфологические признаки, возникающие при захлесте проводов.

Характерной особенностью образования оплавлений, образующихся при захлесте проводов, является, в частности протяженность оплавлений и их распределение на ограниченной длине проводника, то есть в местах непосредственного касания проводов.

Исследование контактирующих поверхностей методами оптической и электронной микроскопии позволяет получать дополнительную информацию о природе повреждений проводников.

В исследовательском центре экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России были проведены экспериментальные исследования по моделированию аварийных режимов работы электросети, в частности, захлеста проводов воздушных линий и формирующихся при этом морфологических признаков.

Методика эксперимента и объекты исследования

В качестве объектов исследования были выбраны многожильные алюминиевые провода марки АКП. Количество жил в проводе – 7, диаметр каждой жилы $1,7 \text{ мм}^2$. Выбор данного вида проводов был обусловлен их распространенностью для использования воздушных ЛЭП.

Проведение эксперимента по моделированию поверхностного касания (захлест) проводов осуществлялось на электротехническом стенде (рис. 3) при следующих постоянных условиях: напряжение – 220 В; температура окружающей среды – 20 °С; газовый состав окружающей среды – нормальная атмосфера, значения тока – 125–390 А. Одни из концов проводов присоединялись к электродам стенда. Подключалось питание, и свободные концы проводов подвергались касанию между собой с целью получения дугового процесса, до образования оплавленной поверхности в месте касания проводов.



Рис. 3. Внешний вид электротехнического стенда

Моделирование следов внешнего теплового воздействия проводили нагревом провода при помощи газовой горелки, пламя которой было направлено непосредственно на алюминиевые провода, а также отжигом пламени костра. Алюминиевые провода были закреплены на высоте 1 м над костром. Провода подвергались воздействию костра до момента их разрушения.

Как отмечалось выше, при смоделированных аварийных режимах работы электросетей возникали так называемые следы искрения, а именно многочисленные микроразряды, оставляющие на поверхностях жилы провода следы электроэрозии в виде хребтов, кратеров, лунок, микроплавлений, микробрызг. Образующиеся следы имеют округлую, без граней и острых кромок структуру в виде волнообразных наплывов [6, 7]. Дополнительным признаком касания неизолированных проводов является наличие копоти в непосредственной близости от оплавленной поверхности проводов, так как в данных проводах промежутки между проволоками заполняют нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости.

Характерный вид поверхности алюминиевых проводников, подвергнутых внешнему тепловому воздействию пламени показан на полученных снимках с использованием электронного сканирующего микроскопа [8, 9].

На рис. 4 показана поверхность алюминиевых проводов формирующаяся при захлесте. В месте захлеста остаются характерные следы в виде различных каверн, кратеров, оплавлений, а также лунок, которые отчетливо видны при увеличениях до 400^x. При увеличении свыше 400^x видны микроплавления, микробрызги, волнообразные наплывы (рис. 5).

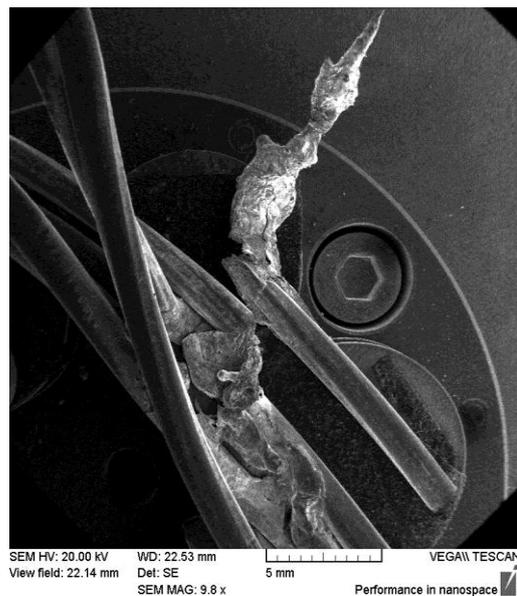
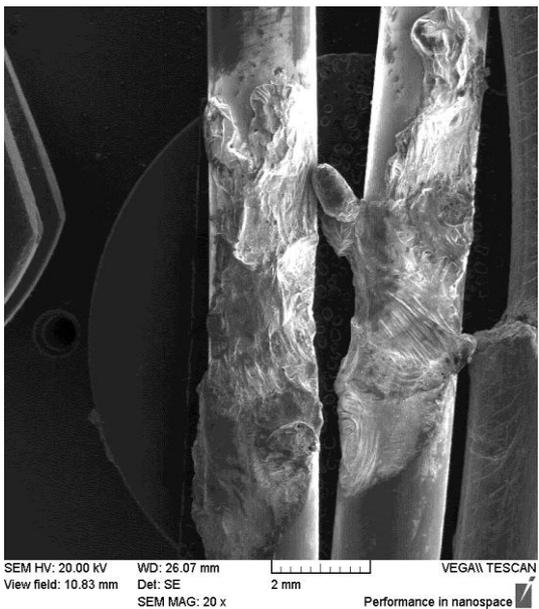
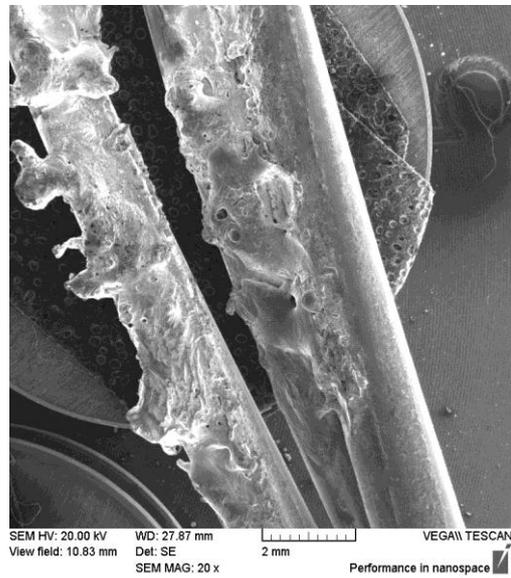
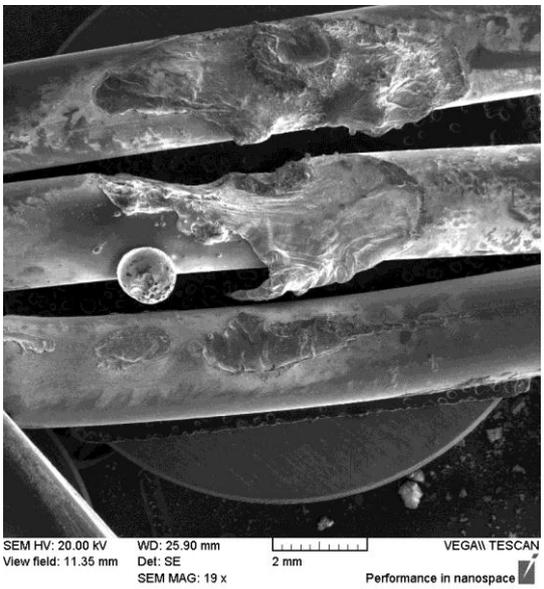
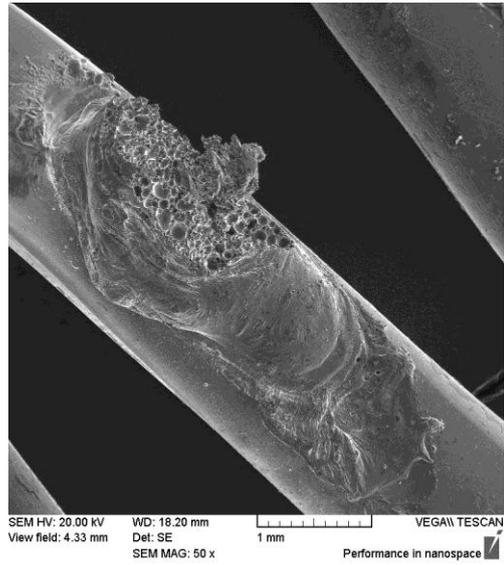
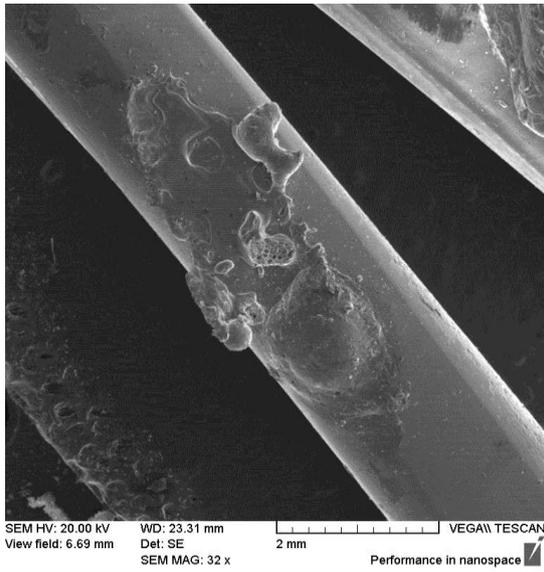
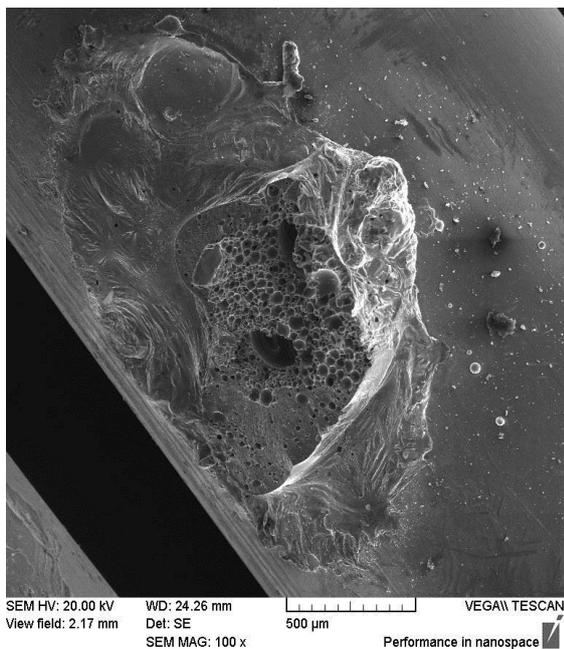
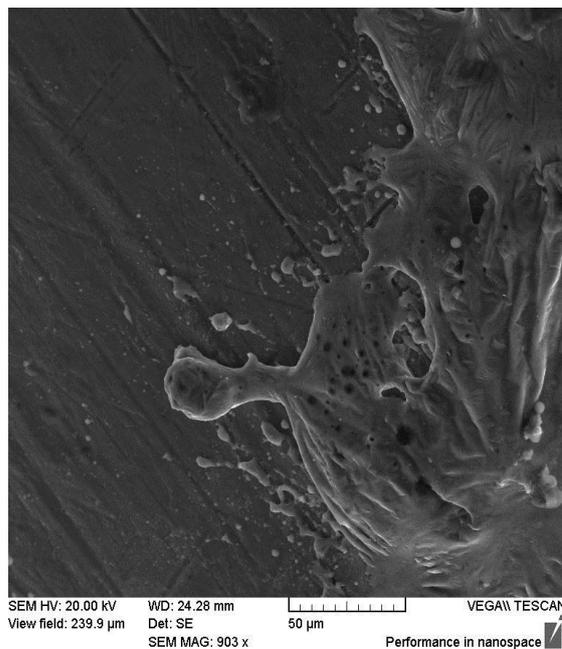


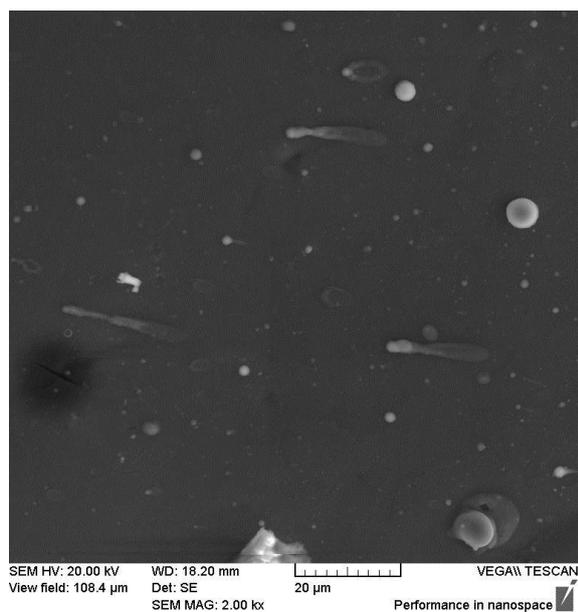
Рис. 4. Оплавленные поверхности алюминиевых проводников в местах захлеста проводов



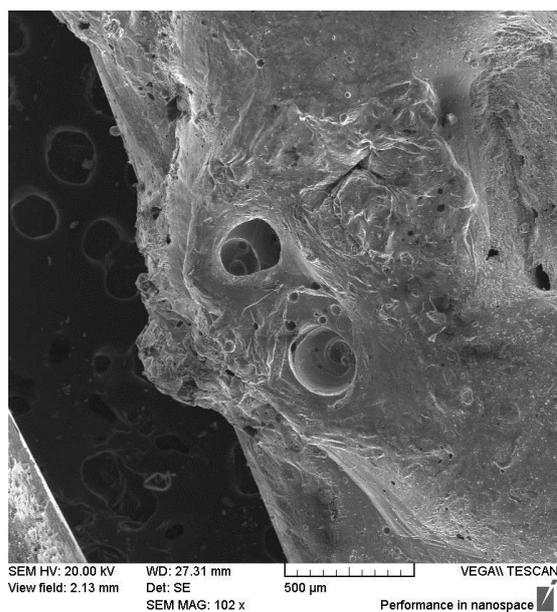
а)



б)



в)



г)

Рис. 5. Характерные признаки при аварийных режимах работы электросети: а) лунки, кратеры; б) волнообразные наплывы; в) микробрызги, микрооплавления; г) кратеры

При воздействии на проводники внешнего тепла пожара следы имеют другой вид. Поверхность проводников более ровная, видны многочисленные трещины по длине провода. Оплавленные участки также имеют место быть, однако на них нет характерных следов микродуг в виде кратеров, лунок и микробрызг (рис. б).

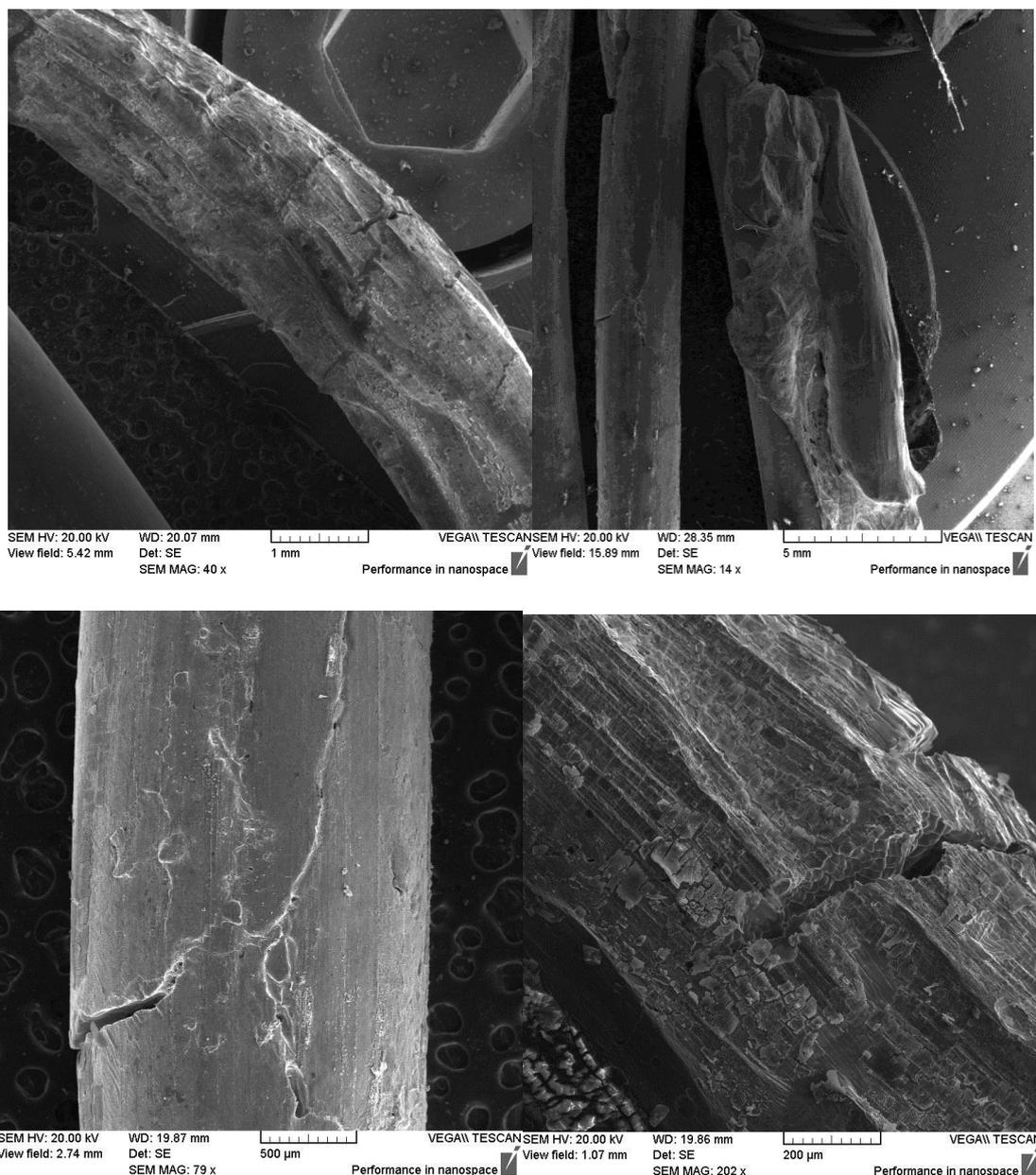


Рис. 6. Поверхность алюминиевых проводников после внешнего теплового воздействия

Полученные экспериментальные данные позволяют констатировать: захлест неизолированных проводов приводит к образованию характерных морфологических признаков, указывающих на природу аварийного процесса. Подобные локальные микроплавления не образуются при воздействии «внешнего тепла пожара». В случае совпадения местонахождения указанных признаков с очагом пожара эксперт может рассматривать наличие таковых как убедительный аргумент в пользу соответствующей версии возникновения пожара.

Литература

1. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х кн. СПб.: СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012. Кн. 2. 364 с.
2. Экспертное исследование металлических изделий (по делам о пожарах): учеб. пособие / Н.М. Граненков [и др.]. М., 1993. 104 с.

3. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: метод. рекомендации / Л.С. Митричев [и др.]. М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. 44 с.

4. Провести расследование пожаров, происшедших в 2018 году, представляющих научный и практический интерес: отчет о НИР по теме № 1–2018 // ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ростовской области, 2018. 168 с.

5. Маковкин А.В., Кабанов В.Н., Струков В.М. Проведение экспертных исследований по установлению причинно-следственной связи аварийных процессов в электросети с возникновением пожара. М.: ВНКЦ МВД СССР, 1990.

6. Мокряк А.Ю., Чешко И.Д., Пеньков В.В. Морфологический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (32). С. 41–49.

7. Лебедев К.Б., Мокряк А.Ю., Чешко И.Д. Экспертное исследование после пожара контактных узлов электрооборудования в целях выявления признаков больших переходных сопротивлений: метод. рекомендации. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008. 58 с.

8. Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия. М.: Техносфера, 2008. 232 с.

9. Уманский Я.С. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982. 632 с.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ ПОЧВ НА СОСТАВ ПОЧВЕННЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ РАЗЛИВАМИ НЕФТИ

М.М. Султыгов;

М.А. Галишев, доктор технических наук, профессор;

Ю.Н. Бельшина, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Экспериментально определено влияние механических свойств и структуры почв на характер функционирования нефтяного загрязнения в почвах различного генетического типа. Получены регрессионные зависимости соотношения легких ароматических и полиароматических углеводородов от размера гранулометрических фракций в различных типах почв. Установлено, что наиболее экологически опасные полиароматические компоненты нефтепродуктов в наибольшей степени концентрируются в мелких гранулометрических фракциях почв. Среди генетических типов почв наибольшей способностью накапливать полициклические ароматические углеводороды характеризуются песчанистые почвы. Черноземные почвы при просачивании через них нефтепродуктов в наибольшей степени накапливают легкие ароматические углеводороды.

Ключевые слова: почвы, гранулометрия почв, нефтяное загрязнение, ароматические углеводороды, молекулярная люминесценция

INFLUENCE OF MECHANICAL PROPERTIES AND STRUCTURE OF SOILS ON STRUCTURE OF SOIL OIL POLLUTION AT THE EMERGENCY SITUATIONS CAUSED BY OIL SPILLS

M.M. Sulygov; M.A. Galishev; Yu.N. Belshina.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In work influence of mechanical properties and structure of soils on the nature of functioning of oil pollution in soils of various genetic type is experimentally defined. Regression dependences of a ratio of light aromatic and polyaromatic hydrocarbons on the size of granulometric fractions in various types of soils are received. It is established that the most ecologically dangerous polyaromatic components of oil products most concentrate in small granulometric fractions of soils. Among genetic types of soils the greatest ability to accumulate polycyclic aromatic hydrocarbons characterizes sandy soils. Chernozem soils at infiltration of oil products through them most accumulate light aromatic hydrocarbons.

Keywords: soils, granulometriya of soils, oil pollution, aromatic hydrocarbons, molecular luminescence

Учет опасных факторов, формирующихся при аварийных разливах нефти в почвенные системы, необходим при оценке негативного влияния нефтяного загрязнения на состояние окружающей среды, жизнь и здоровье людей. Выявление особенностей процессов функционирования нефтепродуктов в почвах различных генотипов и свойств может быть положено в основу профилактики чрезвычайных ситуаций (ЧС) на объектах нефтегазового комплекса. Изучение процессов поведения нефти и нефтепродуктов в почвах сводится чаще всего к оценке влияния на эти процессы природы, количества и состава нефтяного загрязнения. ЧС, обусловленные разливами нефти и нефтепродуктов – ЧС(Н) классифицируются в зависимости от масштабов разлитой нефти [1]. При этом практически не учитываются параметры почвенных систем, в которые попадает разлившаяся нефть. Не выработаны принципы, определяющие влияние параметров почвенного покрова на нефтяное загрязнение. Необходима постановка экспериментальных исследований процессов распространения нефтей и нефтепродуктов в почвенных отложениях, направленных на разработку классификации почвенных отложений по степени их влияния на накопление и распространения нефтяных загрязнений.

В настоящей работе экспериментально определено влияние механических свойств и структуры почв на характер функционирования нефтяного загрязнения в почвах различного генетического типа. Согласно ГОСТу гранулометрический (механический) состав почвы определяется как содержание в почве механических элементов, объединенных во фракции определенного размера. В свою очередь, под структурой почвы понимают физическое строение твердой части и порового пространства почвы, обусловленное размером, формой, количественным соотношением, характером взаимосвязи и расположением как механических элементов, так и состоящих из них агрегатов [2].

В качестве объектов исследования были выбраны образцы почвенных отложений различных морфологических генотипов, отобранных в регионах России (образец № 1 – суглинистая почва (Санкт-Петербург, г. Павловск); образец № 2 – тундровая песчаная почва (Соловецкие острова); образец № 3 – чернозем (Воронежская область), а также товарный нефтепродукт – дизельное топливо компании «Жиришиавтосервис».

Почвенные образцы методом ситового анализа разделены на шесть фракций на ситах диаметром: 2; 1; 0,7; 0,56; 0,063; 0,045 мм. В полученных фракциях определялись проницаемость почв и объем порового пространства. Для проведения анализа почвы помещались в пластиковые колонки, в качестве которых использовались разовые медицинские шприцы объемом 5 см³.

После уплотнения почвенных образцов через колонки пропускалось дизельное топливо. После протекания через слой почвы нефтепродукта почвы путем фронтального элюирования экстрагировались гексаном. Гексановые экстракты изучались методом молекулярной люминесценции на приборе «Флюорат-02-Панорама». Обработка спектров люминесценции проводилась с помощью программного обеспечения «OriginPro 8.5.1 SR2», которое представляет собой универсальное средство обработки статистических и математических функций, а также инструмент визуализации графических данных. Программа обработки спектров позволяет в слабо разрешенном спектре выделять максимумы, соответствующие определенным длинам волн. Обработка ведется с использованием функции Лоренца. При этом площадь каждого индивидуального максимума флуоресценции равна:

$$A = H\omega^{\pi}/2 \quad (1),$$

где A – интегральная интенсивность спектрального максимума, мА·нм; H – высота спектрального максимума (фототок детектора – I , мА); ω – полуширина спектрального максимума, нм.

Примеры обработки спектров флуоресценции показаны на рис. 1, 2.

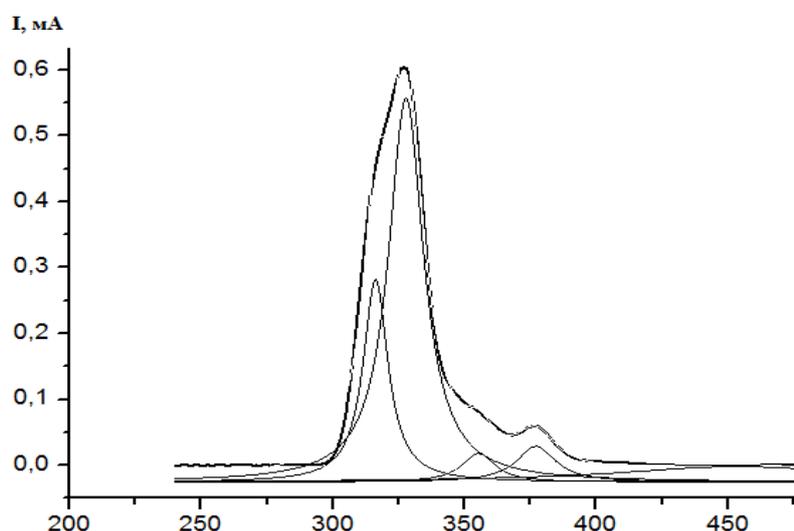


Рис. 1. Обработка спектра флуоресценции экстракта суглинистой почвы, фракция 1 мм

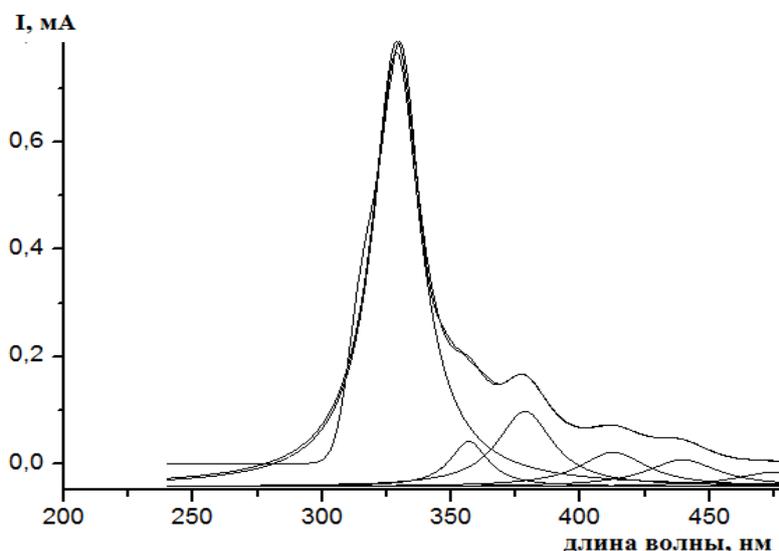


Рис. 2. Обработка спектра флуоресценции экстракта песчанистой тундровой почвы фракция 0,7 мм

В таблицу сведены значения интенсивностей основных спектральных максимумов в спектрах изученных экстрактов почв. Согласно закономерностям люминесцентного анализа отдельные максимумы люминесценции соответствуют определенным группам ароматических соединений и могут служить показателями группового состава нефтепродуктов. Так, максимумы люминесценции при длинах волн 315 и 330 нм соответствуют легким ароматическим углеводородам (ЛАР). Максимумы в диапазоне длин волн выше 350 нм связаны с люминесценцией полиароматических углеводородов (ПАУ). При этом с увеличением степени конденсированности ароматических структур максимум люминесценции сдвигается в длинноволновую область [3, 4].

Таблица. **Интенсивности (мА·нм) основных максимумов в спектрах люминесценции экстрактов почв**

Образец почвы	Размер фракции, мм	Длины волн основных максимумов люминесценции, нм					
		315	330	355	379	413	439
Песчаник	0,045	–	13,1	9,0	10,9	5,5	5,0
	0,56	–	21,8	4,2	5,7	2,3	2,1
	0,7	–	28,8	2,4	5,8	3,2	2,7
Суглинок	0,045	–	12,5	9,8	4,1	0,6	–
	0,063	–	13,3	8,7	3,8	0,5	–
	0,56	–	12,0	3,6	2,8	0,4	–
	0,7	3,6	14,9	2,8	2,1	–	–
	1,0	5,5	14,9	1,0	1,5	–	–
Чернозем	2,0	16,1	15,5	1,3	1,2	–	–
	0,045	2,0	14,6	2,9	2,4	–	–
	0,56	2,4	16,7	3,4	2,7	–	–
	0,7	4,0	15,1	1,3	1,8	–	–
	1,0	9,0	14,8	–	1,8	–	–
	2,0	23,3	13,9	–	1,8	–	–

В соответствие с указанными закономерностями были подсчитаны суммарные интенсивности люминесценции ЛАР и ПАУ в каждой из изученных механических фракций почв. Результаты показаны на рис. 3–5.

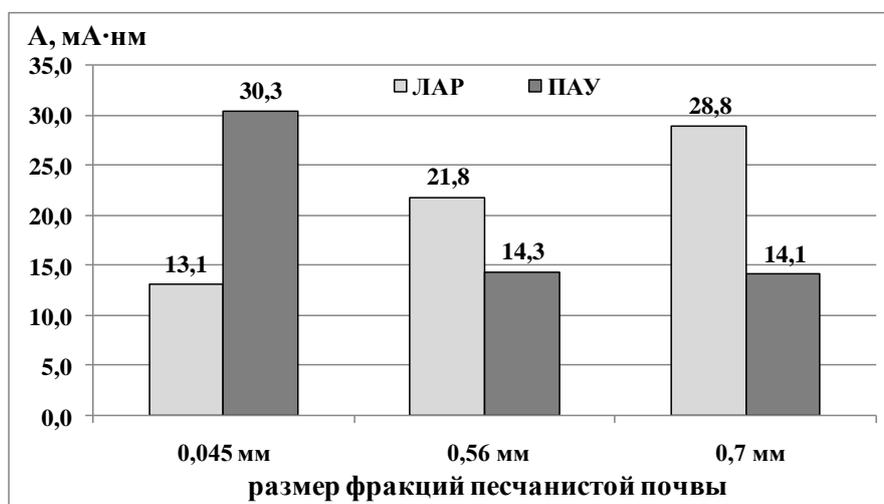


Рис. 3. Соотношение ЛАР и ПАУ в гранулометрических фракциях тундровой песчаной почвы

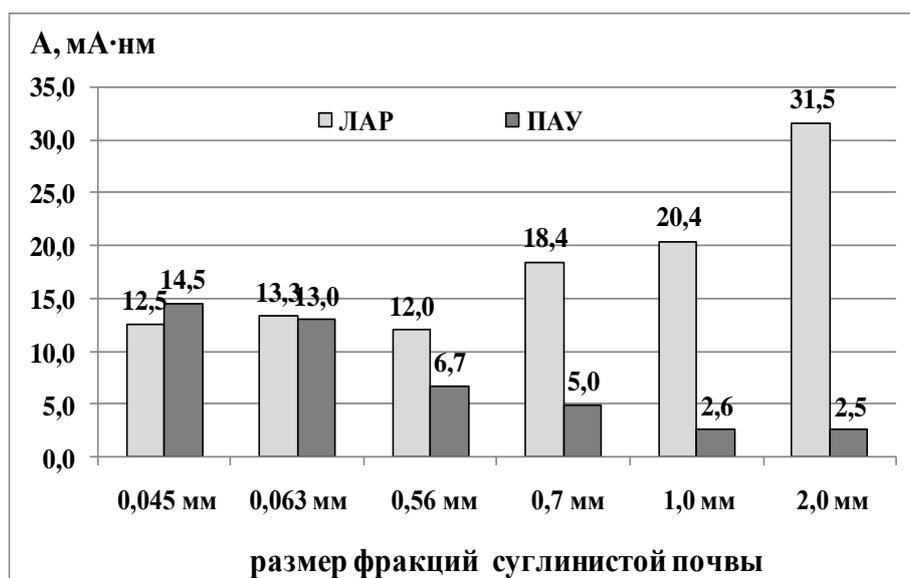


Рис. 4. Соотношение ЛАР и ПАУ в гранулометрических фракциях суглинистой почвы

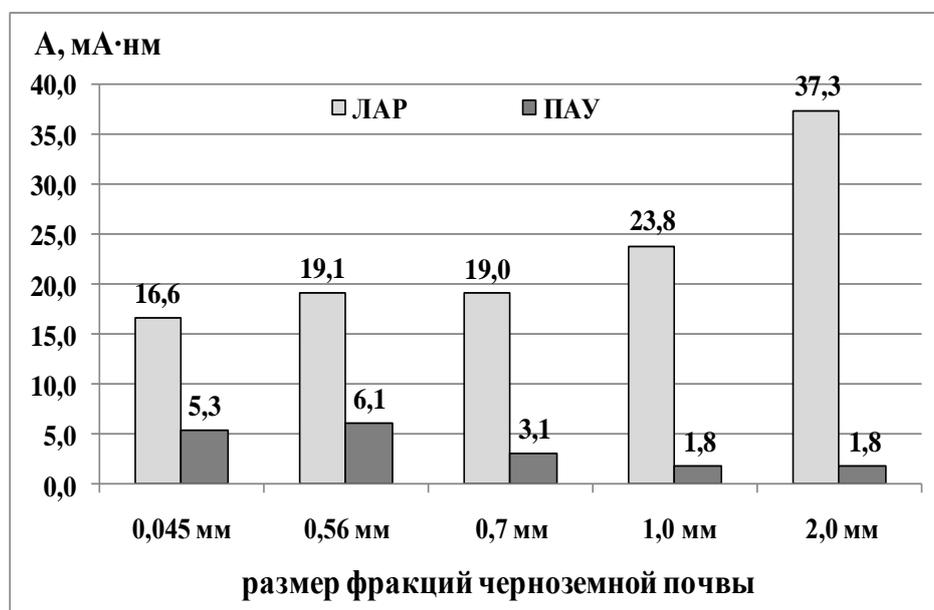


Рис. 5. Соотношение ЛАР и ПАУ в гранулометрических фракциях черноземной почвы

Установлено, что в песчанистой и суглинистой почвах во фракциях менее 0,5 мм преобладают ПАУ. Особенно это характерно для песчанистой почвы. В крупных гранулометрических фракциях размером более 0,7 мм существенно преобладают ЛАР. Соотношения между ЛАР и ПАУ в различных почвенных образцах приводятся на рис. 6. В черноземной почве во всех гранулометрических фракциях содержание ЛАР более чем в три раза превышает содержание ПАУ, однако и здесь наблюдается заметный рост данного показателя с увеличением размера гранулометрических фракций.

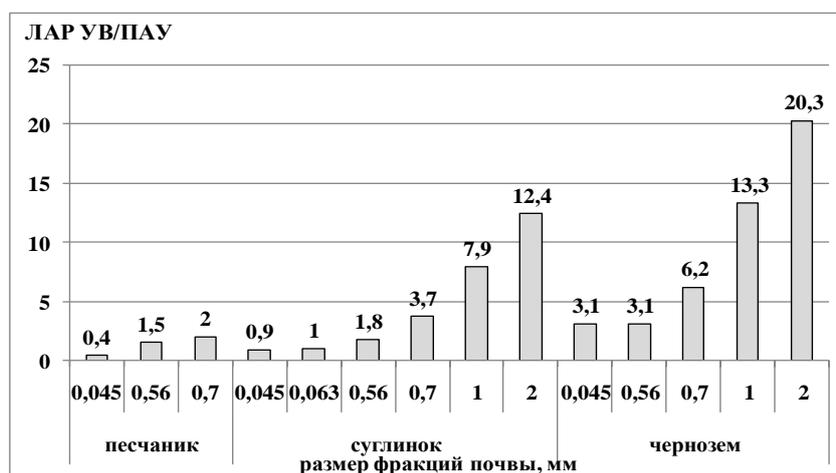


Рис. 6. Значения соотношений ЛАР/ПАУ в изученных образцах почв

Очень малое количество средних по размеру фракций в песчанистой почве не позволило построить регрессионную зависимость между соотношением ЛАР/ПАУ и размером фракции. В суглинистой и черноземной почвах данная зависимость носит сигмоидальный характер с наличием критической области в диапазоне размера фракций от 0,6 до 1,3 мм (рис. 7, 8). Достоверность аппроксимации составляет 0,98 для чернозема и 0,99 для суглинка. Перегиб функции наблюдается во фракции 0,9 мм.

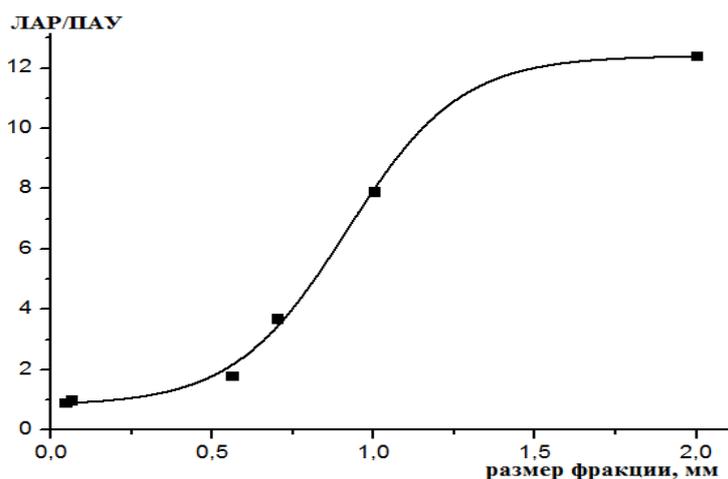


Рис. 7. Регрессионная зависимость соотношения ЛАР/ПАУ от размера гранулометрических фракций в суглинистой почве

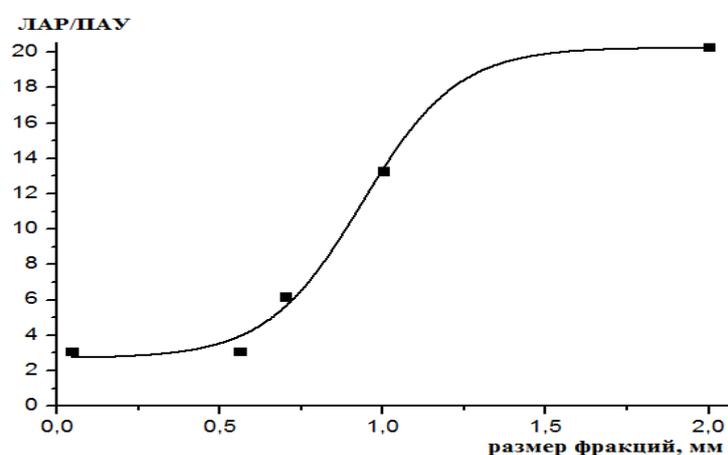


Рис. 8. Регрессионная зависимость соотношения ЛАР/ПАУ от размера гранулометрических фракций в черноземной почве

Таким образом, установлено, что наиболее опасные компоненты нефтепродуктов, обладающие канцерогенным воздействием, в наибольшей степени концентрируются в мелких гранулометрических фракциях песчаных и суглинистых почв. Предельно допустимые концентрации ПАУ в почвах составляет 0,02 мг/кг (установлено для бенз(а)пирена). Для бензола и других ЛАР эта норма составляет от 0,3 до 0,5 мг/кг [5].

Среди генетических типов почв в целом по всем гранулометрическим фракциям наибольшей способностью накапливать ПАУ характеризуются песчаные почвы. Черноземные почвы при просачивании через них нефтепродуктов в наибольшей степени накапливают ЛАР. Суглинистые почвы по этой характеристике занимают промежуточное положение, однако и в них мелкие гранулометрические фракции преимущественно накапливают полиароматические соединения.

Литература

1. Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации: Приказ МЧС России от 28 дек. 2004 г. № 621. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

2. ГОСТ 27593–88. Почвы. Термины и определения. Переиздание. М.: Стандартинформ, 2008.

3. Карякин А.В., Галкин А.В. Флуоресценция водорастворимых компонентов нефтей и нефтепродуктов, формирующих нефтяное загрязнение вод // Журнал аналитической химии. 1995. Т. 50. № 11. С. 1 178–1 180.

4. Пожарно-техническая экспертиза: учеб. / М.А. Галишев [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 352 с.

5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М., 2006.

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ТУШЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

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

Академия ГПС МЧС России

Рассмотрена существующая организация и способы тушения лесных пожаров и пожаров на территории сельских населенных пунктов, а также мероприятия по недопущению развития лесного пожара и его воздействия на сельский населенный пункт, и обоснована необходимость совершенствования организации тушения рассмотренных пожаров.

Ключевые слова: сельский населенный пункт, пожары, организация и способы тушения

THE ANALYSIS OF THE ORGANIZATION AND WAYS OF EXTINGUISHING LARGE-SCALE FOREST FIRES AND FIRES ON THE TERRITORY OF RURAL SETTLEMENTS

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

The article considers the existing organization and methods of extinguishing forest fires in the territory of rural settlements, measures to prevent the development of forest fire and its impact

on the rural population, and the need to improve the organization of extinguishing fires.

Keywords: rural locality, fires, organization and methods of extinguishing

Охрана лесов предполагает реализацию ряда мер, направленных на сохранение лесного фонда от уничтожения и других вредных воздействий [1].

При этом анализ причин возникновения и развития лесных, торфяных и других массовых пожаров показал, что при определенных условиях они могут приобрести необычайно большую масштабность, продолжительность и перерасти в стихийное бедствие. Эти обстоятельства предъявляют серьезные требования к органам управления и силам, привлекаемым к их тушению. Основным содержанием работы органов управления является максимальное использование имеющихся возможностей для быстрой ликвидации пожаров.

Внимание в этот период уделяется оповещению заинтересованных звеньев управления, привлекаемых сил и населения о назревании массовых пожаров, определению порядка борьбы с ними, созданию группировки сил и средств для тушения пожаров, организации противопожарного наблюдения, так как успех тушения лесных пожаров (ЛП) во многом зависит от своевременности сбора данных наблюдения, что позволяет своевременно принимать меры по ликвидации небольших очагов возгораний и недопущению превращения их в массовые пожары.

Для организации и поддержания системы обнаружения и тушения ЛП на территории лесного фонда страны создана аэрокосмическая система, включающая в себя, наряду с наземными наблюдательными пунктами и воздушными патрулями, космические средства слежения за ЛП. Но диапазон определения очага спутниками колеблется от 1 до 50 га, а периодичность получения данных составляет только шесть раз в сутки, что снижает оперативность принятия мер по ликвидации возгораний [2].

Мероприятия по тушению пожаров в лесах лесхозов возложены на государственную лесную охрану, а действия их работников начинаются с момента получения сообщения о пожаре и считаются законченными после возвращения сил и средств пожаротушения на места их дислокации (рис. 1) [3].

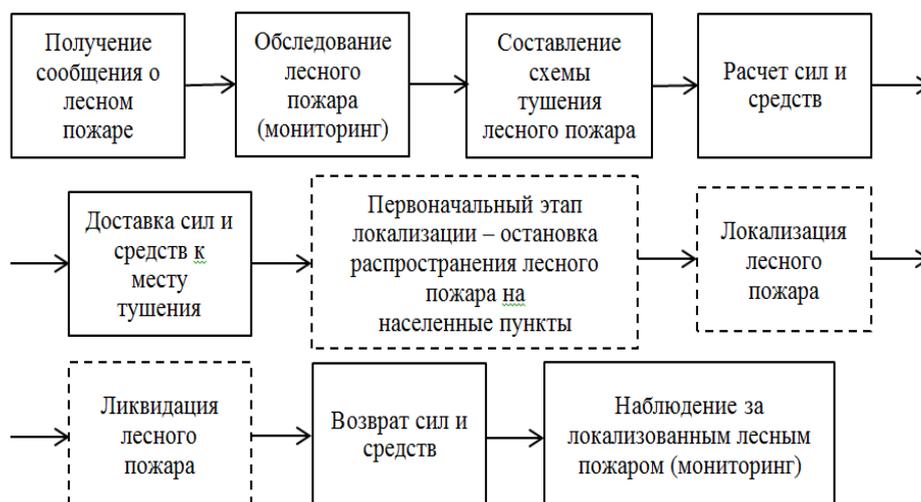


Рис. 1. Алгоритм организации тушения ЛП лесопожарными организациями

Организация руководства работами по тушению пожаров на территории лесничества осуществляется в соответствии с планом тушения ЛП и сводным планом тушения ЛП на территории субъекта Российской Федерации [3].

Первоначальным этапом локализации ЛП является остановка распространения его кромки на направлениях, на которых может возникнуть угроза населенным пунктам и объектам экономики.

Органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации разрабатывают сводный план тушения ЛП для недопущения распространения его на земли населенных пунктов, а также для недопущения возникновения ЛП из-за пожаров, возникших на землях населенных пунктов.

В Российской Федерации насчитывается более 155 тыс. городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов, причем, например, в 13,5 тыс. сел и деревень постоянных жителей нет, а в 36,2 тыс. проживает до 10 человек, при этом, по словам министра МЧС России, «защита малонаселенных сельских поселений от бедствий и огня – важная государственная задача». До 2020 г. планируется внедрить новые технологии защиты населения и территорий, увеличить возможности органов управления и сил гражданской обороны [4, 5].

Организация защиты населенных пунктов от пожаров представлена на рис. 2 [3, 6, 7]. При этом сводный план тушения ЛП на территории субъекта Российской Федерации содержит вывод о готовности, ограниченной готовности или неготовности субъекта Российской Федерации к пожароопасному сезону. Утверждает сводный план руководитель субъекта Российской Федерации, а Федеральное агентство лесного хозяйства принимает решение о его согласовании. Но только вывод о неготовности может служить основанием для отказа в согласовании сводного плана.



Рис. 2. Организация защиты населённых пунктов от ЛП и тушения пожаров на территории населенных пунктов

Вывод об ограниченной готовности к пожароопасному сезону допускает невыполнение двух требований, предусмотренных сводным планом, что может включать в себя меры по охране земель и участков, имеющих общую границу с лесничествами, по противопожарному обустройству населенных пунктов и объектов инфраструктуры на таких землях [8].

К полномочиям органов местного самоуправления относятся [9]: создание условий для организации добровольной пожарной охраны и для участия граждан в обеспечении первичных мер пожарной безопасности, а также оснащение территорий общего пользования первичными средствами тушения пожаров и противопожарным инвентарем.

Подразделения добровольной пожарной охраны создаются в населенных пунктах, до которых пожарным расчетам добираться более 20 мин, а также могут создаваться в помощь караулам профессиональной пожарной охраны [10, 11].

Мероприятиями по противопожарному обустройству населенных пунктов и объектов инфраструктуры, отражаемыми в сводном плане, являются [8]:

- создание противопожарных минерализованных полос;
- проведение профилактических выжиганий;
- создание противопожарных барьеров (разрывов);
- очистка от валежника, мусора и других горючих материалов.

Локализованным считается ЛП, при котором созданы условия для его нераспространения путем ограничения его по всему периметру заградительными минеральными полосами и (или) потушенными участками кромки, и (или) естественными преградами [3].

При тушении ЛП применяется ряд способов (табл.).

Основным способом тушения ЛП и пожара на территории населенного пункта является вода, так как требуемой ширины (1,4–9 м) прокладки заградительных и опорных минерализованных полос бывает недостаточно из-за возможного переноса горящих частиц пожара на 300–1 000 м [12], а для тушения одного жилого дома требуется как минимум две автоцистерны (8 т воды), в то время как гореть может далеко не один жилой дом [13], причем подача воды от автоцистерны без установки на водоисточник является наиболее используемым способом водоснабжения (63,01 %) [14].

Информация о наличии источников наружного противопожарного водоснабжения (искусственные пожарные водоемы, реки, озера, пруды и др.), отражаемая в паспорте населенного пункта, подверженного угрозе ЛП, и утверждаемого органом местного самоуправления, в сводном плане отсутствует. А ведь основными причинами задержек подачи огнетушащих средств в очаг пожара в 2016–2017 гг. являлись удаленность водоисточников от места пожара (более 500 м) (52,67 %), а также их отсутствие (15,33 %) [14].

Поэтому при тушении крупных, сложных и продолжительных пожаров в условиях недостатка воды подразделения пожарной охраны должны организовать строительство временных пожарных водоемов и пирсов [15], хотя это относится к полномочиям органов местного самоуправления и должно быть сделано заблаговременно.

Способы тушения ЛП и пожаров на территории населенных пунктов зависят от превентивных мероприятий, организация которых зависит от руководителя субъекта Российской Федерации, органов местного самоуправления, Рослесхоза, МЧС России и др.

Основным документом оценки готовности к пожароопасному сезону является сводный план тушения ЛП на территории субъекта Российской Федерации, а паспорт населенного пункта, подверженного угрозе ЛП, дает только оценку достаточности принятых органами местного самоуправления мер по подготовке территорий к пожароопасному периоду, но, которая, не отражается в сводном плане.

Наиболее распространенным способом обнаружения ЛП является спутниковый мониторинг, но широкий диапазон определения очага пожара (от 1 до 50 га), невысокая периодичность получения данных (до шести раз в сутки), передача данных мониторинга только в Федеральное агентство лесного хозяйства увеличивают время реагирования на ЛП лесопожарными формированиями и подразделениями МЧС России, что приводит к увеличению площади пожара.

Таблица. Способы тушения ЛП [3, 16]

№ п/п	Способ тушения	Применение	Характеристика	Технические средства
1	Захлестывание огня (сбивание пламени) по кромке ЛП	низовой ЛП слабой и средней интенсивности	удары по горячей кромке наносятся резкими движениями под углом 45–30° к поверхности земли	веник из свежесломанных веток лиственных пород, другие подручные средства: мешковина, прорезиненная ткань и т.п.
2	Засыпка кромки ЛП грунтом	применение захлестывания огня малоэффективно, а быстрая прокладка заградительных полос невозможна; применяется на легких песчаных и супесчаных слабо задерненных почвах	сбивают грунтом пламя, а затем засыпают им кромку сплошной полосой шириной 40–60 см и толщиной 6–8 см	почвообрабатывающие орудия
3	Прокладка заградительных и опорных минерализованных полос	слабый средний ЛП (скорость продвижения огня меньше 1 м/мин)	ширина 1,4 м	почвообрабатывающие орудия и механизмы, огнетушащие вещества, взрывчатые материалы
		сильный ЛП (скорость продвижения огня более 3 м/мин)	ширина до 9 м	
4	Отжиг горючих материалов перед кромкой ЛП	верховые ЛП всех видов, а также низовые ЛП высокой и средней интенсивности	ширина от 0,3 м до 9 м в зависимости от интенсивности и вида ЛП; при тушении верховых ЛП до 600 м	почвообрабатывающие орудия, взрывчатые материалы, растворы химических веществ
5	Тушение водой, огнетушащими растворами, в том числе с применением авиации	низовые сильные, подземные и верховые ЛП	вода используется из имеющихся вблизи водосточников или привозная	вертолеты и самолеты. Порог работы – скорость ветра не более 20 м/с

Паспорт населенного пункта, подверженного угрозе ЛП, разрабатывается для случая, если минимальное расстояние составляет 30 м от границ сельских поселений до лесных насаждений и 50 м для населенных пунктов [17, 18].

Таким образом, несмотря на мероприятия по недопущению развития ЛП и его воздействия на населенные пункты, времени на его реагирование нет, так как огонь преодолевает это расстояние почти мгновенно, что приводит к быстрому распространению ЛП на населенный пункт и требует совершенствования планирования и организации тушения крупномасштабных ЛП и пожаров на территории сельских населенных пунктов.

Литература

1. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров: Приказ Рослесхоза от 30 июня 1995 г. № 100 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 18.01.2019).
2. Организация мониторинга / В. Болова [и др.] // Гражданская защита. 2017. № 4. С. 10–11.
3. Об утверждении Правил тушения лесных пожаров: Приказ Минприроды России от 8 июля 2014 г. № 313. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

4. Помогут, защитят, спасут // Аргументы и факты. 2016. № 7. С. 13.
5. Система становится весомее, а ее задачи – масштабнее // Гражданская защита. 2017. № 10. С. 6–7.
6. Реагирование на чрезвычайные ситуации на территориальном уровне. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/88682> (дата обращения: 18.01.2019).
7. Седнев В.А. Организация защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: учеб. 4-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. В.А. Седнева. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2018. 188 с.
8. Об утверждении Правил разработки сводного плана тушения лесных пожаров на территории субъекта Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 18 мая 2011 г. № 378. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // МЧС России. URL: https://www.mchs.gov.ru/law/Federalnie_zakoni/item/5378566 (дата обращения: 20.01.2019).
11. Тульникова А. О ДПО – по существу // Гражданская защита. 2012. № 2. С. 14–17.
12. Зятков Н. Как бились с огнем? // Аргументы и факты. 2015. № 17.
13. Сварцевич В. Кто устроил пепелище? // Аргументы и факты. 2015. № 17. С. 9.
14. Информационно-аналитическое обеспечение деятельности пожарно-спасательных подразделений при тушении крупных пожаров и проведении связанных с ними аварийно-спасательных работ: отчет о НИР / А.Н. Гладких [и др.]. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2018 г. 140 с.
15. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: Приказ МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
16. Обоснование инженерно-технических мероприятий, состава сил и средств для защиты населения и территорий от воздействия крупномасштабных природных пожаров: учеб. пособие / В.А. Седнев [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 73 с.
17. О противопожарном режиме: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
18. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям // МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/document/3743528> (дата обращения: 20.01.2019).



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Актерский Юрий Евгеньевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р воен. наук, проф.;

Бабиков Игорь Александрович – аспирант Высш. шк. техносф. безопасн. СПб политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: babikovia@gmail.com;

Бельшина Юлия Николаевна – нач. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kiite@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Бесперстов Дмитрий Александрович – доц. Кемеровского гос. ун-та (650056, г. Кемерово, б-р Строителей, д. 47), тел. (3842)396846, e-mail:

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

Воропаев Николай Петрович – доц. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nik_vt.23@mail.ru, канд. воен. наук;

Галишев Михаил Алексеевич – проф. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: galishev.m@igps.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Гальцев Сергей Александрович – доц. отделения общефиз. подгот. Иркутского нац. исслед. техн. ун-та (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83), канд. филос. наук, проф.;

Горбунов Алексей Александрович – магистрант Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), канд. воен. наук, доц.;

Гусаков Алексей Александрович – обучающийся фак-та инж.-техн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Ивахнюк Григорий Константинович – проф. каф. инж. защ. окр. среды СПб гос. технол. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), e-mail: fireside@inbox.ru, д-р хим. наук, проф.;

Квашнин Алексей Викторович – нач. каф. тактики и авар.-спас. работ Дальневост. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, о. Русский, г. Владивосток, п. Аякс, д. 27), e-mail: kvashnin1978@mail.ru;

Колесников Дмитрий Александрович – препод. каф. надзор. деят. Дальневост. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, о. Русский, г. Владивосток, п. Аякс, д. 27), e-mail: dmitriy_kollesio@mail.ru;

Коннова Людмила Алексеевна – вед. науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), д-р мед. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Королева Людмила Анатольевна – зам. нач. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Коротеев Дмитрий Русланович – студент Ин-та хим. переработки биомассы дерева и техносфер. безопасн. СПб гос. лесотехн. ун-та им. С.М. Кирова (194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, лит. У);

Кроль Анна Николаевна – доц. Кемеровского гос. ун-та (650056, г. Кемерово, б-р Строителей, д. 47), тел. (3842)396846, e-mail: porovakedrovka@gmail.com, канд. техн. наук;

Ксенофонтов Юрий Геннадьевич – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ksenofontov.ura@mail.ru, канд. техн. наук;

Кузьмин Александр Алексеевич – доц. каф. механики СПб гос. технол. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), e-mail: alexkuzmin@lenta.ru, канд. техн. наук;

Кузьмина Татьяна Анатольевна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kuzmina@sbugps.ru, канд. пед. наук;

Лобова Софья Федоровна – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в эксперт. пож. Исслед. центра эксперт. пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35);

Лопухова Нина Вячеславовна – ст. науч. сотр. – нач. науч.-исслед. группы безопасн. в ЧС Акад. ГПС МЧС России, соискатель (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), тел.: 8(495)617-26-59, e-mail: teterina.agps@yandex.ru;

Львова Юлия Владимировна – ст. науч. сотр. отд. перспект. разраб. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35);

Макарчук Галина Васильевна – доц. каф. систем жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры воен. ин-та Воен. акад. МТО им. генерала армии А.В. Хрулева (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), канд. пед. наук, доц.;

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;

Монахов Вячеслав Александрович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: v.a.monahov@yandex.ru;

Мусатов Вячеслав Иванович – препод. фак-та строительства воен.-морских баз (курсовой офицер) воен. ин-та Воен. акад. МТО им. генерала армии А.В. Хрулева (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22); e-mail: musatov2112@ya.ru;

Парийская Анна Юрьевна – науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в эксперт. пожаров Исслед. центра эксперт. пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35);

Пермяков Алексей Александрович – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: jouker2005@yandex.ru, канд. пед. наук;

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;

Северин Николай Николаевич – нач. каф. огневой подгот. Белгородского юрид. ин-та МВД России им. И.Д. Путилина (308024 г. Белгород, ул. Горького, д. 71), e-mail: Severin-belui@yandex.ru, д-р пед. наук, проф.;

Северин Сергей Николаевич – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196106, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: serega-siverin@yandex.ru;

Седнев Владимир Анатольевич – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. 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;

Симонова Марина Александровна – нач. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: simonova@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

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

Султыгов Монас Мочхаевич – аспирант фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196106, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Танклевский Антон Леонидович – аспирант Высш. шк. техносфер. безопасн. СПб политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: tanklevskiyantonio1692@gmail.com;

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149); зав. лаб. проблем безопасн. транспорт. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: t_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

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

Ударцева Ольга Владимировна – проф. каф. техносф. безопасн. Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: oblad@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Утробина Тамара Александровна – ст. препод. Кемеровского гос. ун-та (650056, г. Кемерово, б-р Строителей, д. 47), тел. (3842)396846, e-mail: tamara-mamontova@yandex.ru, канд. техн. наук;

Хайдаров Андрей Геннадьевич – доц. каф. бизнес-информ. СПб гос. технол. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), e-mail: andreyhaydarov@gmail.com, канд. техн. наук, доц.;

Чешко Илья Данилович – вед. науч. сотр. отд. инстр. методов и техн. ср-в эксплуатации пожаров Исслед. центра эксперт. пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: idc48@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Шарапов Сергей Владимирович – проф. каф. криминал. и инж.-техн. экспертиз СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: shcsv@mail.ru, проф., д-р техн. наук.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

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

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

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

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы, кандидат экономических наук Чижиков Эдуард Николаевич.

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

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

академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

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

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

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

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

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

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

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

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

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск,

Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

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

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

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

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

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

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

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

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

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

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

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

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

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

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

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

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

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

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

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

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

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

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

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

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

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

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

АВТОРАМ ЖУРНАЛА «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
№ 3 (51) – 2019

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 30.09.2019. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. л. 15,75 Тираж 1000 экз. Зак. № 00

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