

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
**ПРОБЛЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ  
В ТЕХНОСФЕРЕ**  
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT  
**№ 2 (50) – 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 – начальник института заочного и дистанционного обучения 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***

<b>Таранцев А.А., Королев О.А., Васьков В.Т.</b> Анализ закономерностей обеспечения безопасности городского общественного транспорта Санкт-Петербурга .....	6
<b>Астанков А.М., Шифф В.К., Вагин А.В.</b> Снижение риска эксплуатационных отказов роторного оборудования объектов наземной космической инфраструктуры на основе повышения точности прогнозных оценок .....	10
<b>Коннова Л.А.</b> Футуристические концепты обеспечения поисково-спасательных работ в Арктическом регионе .....	20
<b>Саркисов С.В., Путилин П.А., Сорокин А.А.</b> Комплексное решение по повышению энергоэффективности в системах жизнеобеспечения .....	26
<b>Рева Ю.В.</b> Конструктивное исполнение и применение погружных электрических машин в морской воде Арктической зоны .....	32

### ***ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ***

<b>Юнцова О.С.</b> Проблемные аспекты компетенции инспектора государственного пожарного надзора в области осуществления профилактических мероприятий по недопущению дальнейших нарушений .....	36
<b>Завьялов Д.Е., Войтенко О.В., Савенкова А.Е.</b> Тенденции в обеспечении пожарной безопасности объектов защиты в условиях современности .....	39
<b>Степанова М.Н., Шульженко В.Н., Ветрова Ю.Н.</b> Анализ пожарной безопасности на объектах промышленности в России .....	47
<b>Моторыгин Ю.Д., Акимова А.Б.</b> Анализ мест хранения автотранспорта с учетом пожарной безопасности .....	52

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

<b>Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Гавкалюк Б.В.</b> Методические подходы контроля промышленной санитарно-гигиенической безопасности транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике .....	58
<b>Захматов В.Д., Онов В.А., Щербак Н.В.</b> Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов .....	64
<b>Сай В.В., Новиков В.Р., Бесков М.С.</b> Обзор маломерных судов, находящихся на вооружении МЧС России .....	73
<b>Лабинский А.Ю.</b> Классификация с помощью метода опорных векторов .....	79
<b>Дементьев Ф.А., Османов Ш.А., Османов С.А.</b> Обнаружение признаков термического разложения на ранних стадиях развития пожароопасной ситуации в технических устройствах .....	84
<b>Таранцев А.А., Лосев М.А., Потапенко В.В.</b> О возможности экстренной доставки грузов на удаленные автономные объекты в Арктической зоне и на Крайнем Севере .....	89
<b>Бызов А.П., Андреев А.В., Ковязина О.Е., Пелех М.Т.</b> Оценка техногенного риска для линейных и площадочных объектов нефтегазодобывающего комплекса .....	98
<b>Савчук О.Н., Аксенов А.А.</b> Способ оперативного определения массы пролитого опасного химического вещества при аварии перевозимого резервуара .....	104
<b>Воднев С.А., Матвеев А.В.</b> Оценка эффективности реагирования аварийно-спасательных служб на чрезвычайные ситуации на транспорте .....	110

**ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ**

<b>Седнев В.А., Сергеенкова Н.А.</b> Повышение защищенности зданий из бетона предприятий оборонно-промышленного комплекса от негативного воздействия гидрометеорологических опасных явлений .....	118
<b>Калач А.В., Бокадаров С.А., Хакимов Р.Р.</b> Применение температурно-активированной воды для осаждения паров химически опасных веществ .....	129
<b>Сысоева Т.П., Кухарев А.А., Елисеев Ю.Н.</b> Особенности экспертного исследования загорания паровоздушной смеси .....	137
<b>Кузьмин А.А., Кузьмин А.А.</b> Повышение работоспособности токовводов в условиях пожара на основе их герметизации слюдоситаллом .....	142
<b>Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В.</b> Исследование возможности применения гидrogелей в качестве огнетушащего вещества на нефтебазах авиапредприятий .....	149

<b>Сведения об авторах .....</b>	<b>158</b>
<b>Информационная справка .....</b>	<b>161</b>

<b>Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере» .....</b>	<b>166</b>
---	------------

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Проблемы управления рисками в техносфере», без письменного разрешения редакции не допускается.  
Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

**ББК 84.7Р**  
**УДК 614.84+614.842.84**

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

**ISSN 1998-8990**

---

---

# БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

---

---

## АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

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

**О.А. Королёв.**

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

**В.Т. Васьков, кандидат технических наук.**

**Аппарат Губернатора Санкт-Петербурга**

Рассмотрены вопросы анализа статистики о функционировании общественного транспорта крупных городов и мегаполисов (на примере Санкт-Петербурга) – метрополитена, автомобильного транспорта, трамваев и троллейбусов. Выявлены основные тенденции в динамике числа происшествий (ДТП, травмирование, сбои в движении и др.), даны предложения по повышению безопасности и устойчивости работы.

*Ключевые слова:* городской транспорт, пассажироперевозки, безопасность

## THE ANALYSIS OF PATTERNS OF SAFETY OF PUBLIC TRANSPORT OF SAINT-PETERSBURG

A.A. Tarantsev; O.A. Korolev.

Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences.

V.T. Vas`kov. The Governor of Saint-Petersburg

The article deals with the analysis of statistics on the functioning of public transport in large cities and megacities (for example, Saint-Petersburg)-metro, road transport, tram and trolleybus. The main trends in the dynamics of the number of accidents (accidents, injuries, traffic failures, etc.) are identified, proposals to improve the safety and stability of work are given

*Keywords:* city transport, passenger transportation, safety

Жизнедеятельность современного мегаполиса невозможно представить без устойчивого и безопасного функционирования общественного транспорта, ежедневно обеспечивающего внутригородские пассажироперевозки. Например, для Санкт-Петербурга, являющегося вторым после Москвы мегаполисом России, общественный транспорт подразделяется на метрополитен (рис. 1 а), автобусы (рис. 1 б), трамваи (рис. 1 в) и троллейбусы (рис. 1 г), а также маршрутные такси.



а



б



в



г

Рис. 1. Общественный транспорт Санкт-Петербурга:  
а – метрополитен; б – автобус; в – трамвай; г – троллейбус

Правительство и администрация Санкт-Петербурга уделяют большое внимание вопросам общественного транспорта и совместно со специалистами ФГБУН Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук ведет учет его работы [1, 2] и формирует оперативные рекомендации по повышению качества обслуживания пассажиров.

### Метрополитен

ГУП «Петербургский метрополитен» (Ленинградский метрополитен), основанный в 1955 г., в настоящее время имеет 64 станции (рис. 2), по протяженности насчитывает 113,4 км, 5 линий, 69 вестибюлей, 7 пересадочных узлов и является вторым в России после московского, четвертым в Европе после Парижа, Лондона и Москвы и девятнадцатым в мире. Объем его пассажироперевозок более 2,2 млн чел. в сутки, что составляет 43 % от общего числа пассажиров.

Тем не менее при эксплуатации метрополитена имеют место ряд проблем. В частности, тревожит статистика по травмированию пассажиров (рис. 3), число таких случаев в 2018 г. достигло «рекордной» величины – более 955, при этом ежегодно госпитализируется, начиная с 2015 г., свыше 500 чел., имеются случаи смертельных исходов, пик которых пришелся на 2015 г. и составил 27 человек, а также случаи попыток суицида. Регулярно поступают провокационные анонимные звонки о «минировании» (пик на 2017 г. – 21), имел место случай теракта (подрыв смертника), произошедший 3 апреля 2017 г. и унесший жизни 16 человек, 51 человек были госпитализированы. Все эти негативные события приводят к сбоям и затруднениям в движении поездов из-за обнаружения бесхозных предметов – приблизительно 4 тыс. случаев в год, имеют место хулиганские действия пассажиров – в среднем почти два случая в неделю. Тем не менее метрополитен с честью справился с возросшим потоком пассажироперевозок, связанным с проведением в Санкт-Петербурге матчей Чемпионата мира по футболу 2018 г.



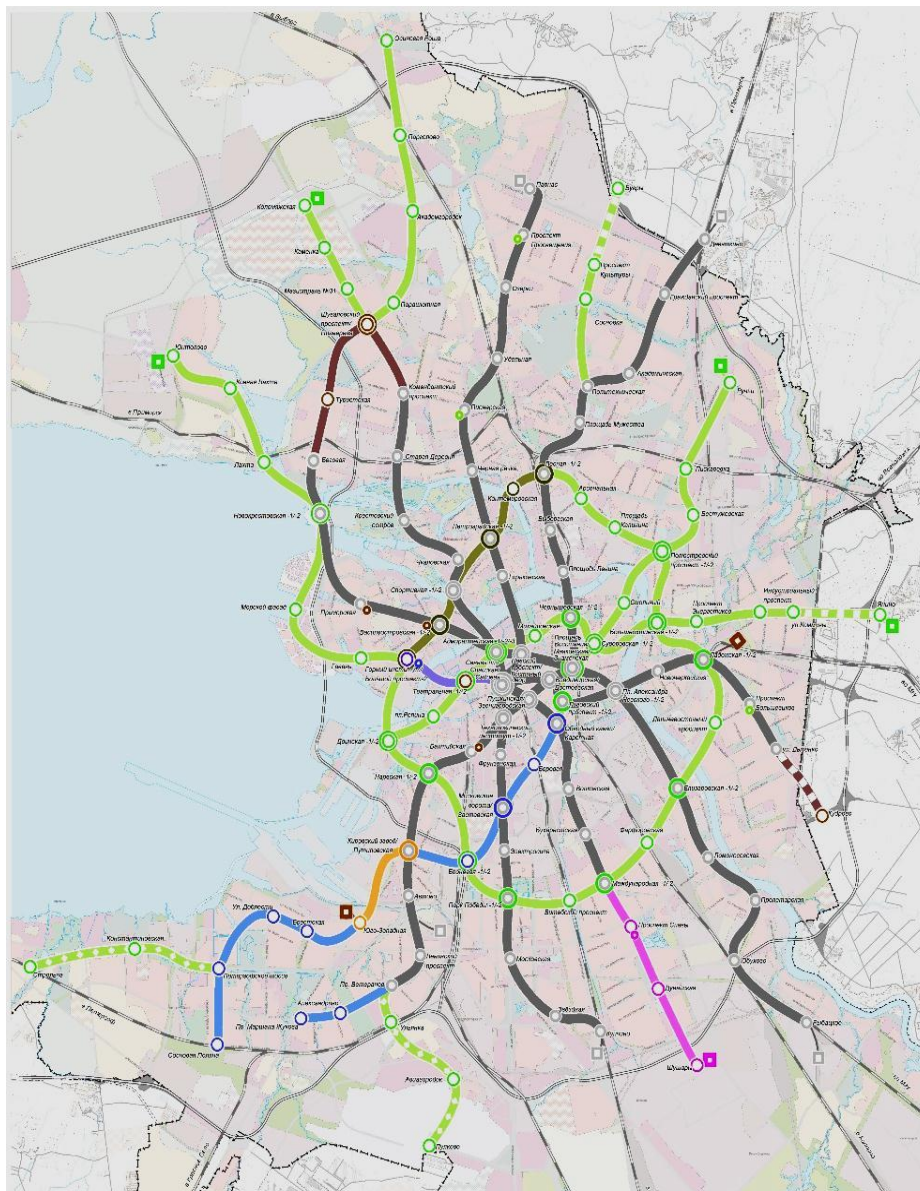


Рис. 2. Санкт-Петербургский метрополитен с учетом перспективы развития

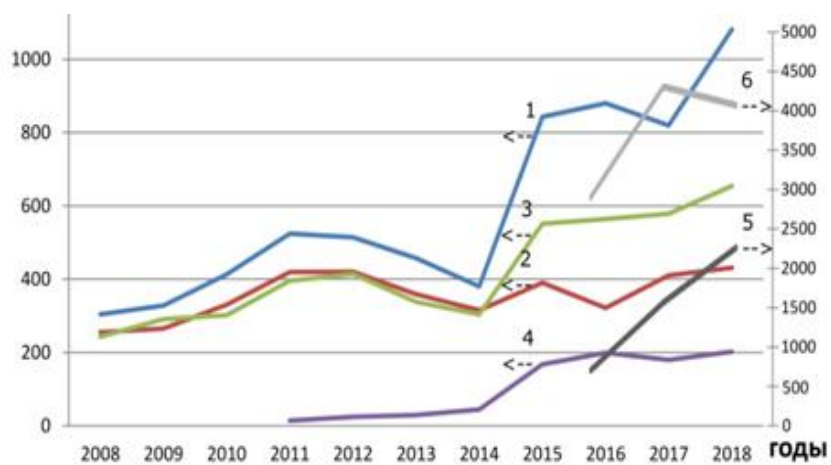


Рис. 3. Динамика негативных событий на Санкт-Петербургском метрополитене:  
 1 – всего получено травм; 2 – травмы пассажиров по неосторожности;  
 3 – число госпитализированных; 4 – сбои движения по техническим причинам;  
 5 – сбои движения из-за бесхозных предметов; 6 – обнаружено бесхозных предметов



Подытоживая статистику по Петербургскому метрополитену, можно сделать вывод о росте некоторых негативных тенденций и необходимости повышения бдительности персонала и пассажиров, увеличения числа видеокамер и необходимости жесткого пресечения полицией противоправных действий.

### Наземный транспорт

Перевозка пассажиров наземным транспортом осуществляется посредством автобусов (Санкт-Петербургским ГУП «Пассажиравтотранс» и др. перевозчиками), трамваями, троллейбусами и коммерческими перевозчиками («маршрутками»). Как видно из рис. 4, среднесуточный выпуск подвижного состава на маршрутах общего пользования регулярно увеличивается (с 2 805 в 2008 г. до 3 264 на конец 2018 г.), а на коммерческих маршрутах снижается (с 4 008 в 2009 г. до 2 862 на конец 2018 г.). В то же время среднесуточный выпуск трамваев и троллейбусов относительно стабилен.

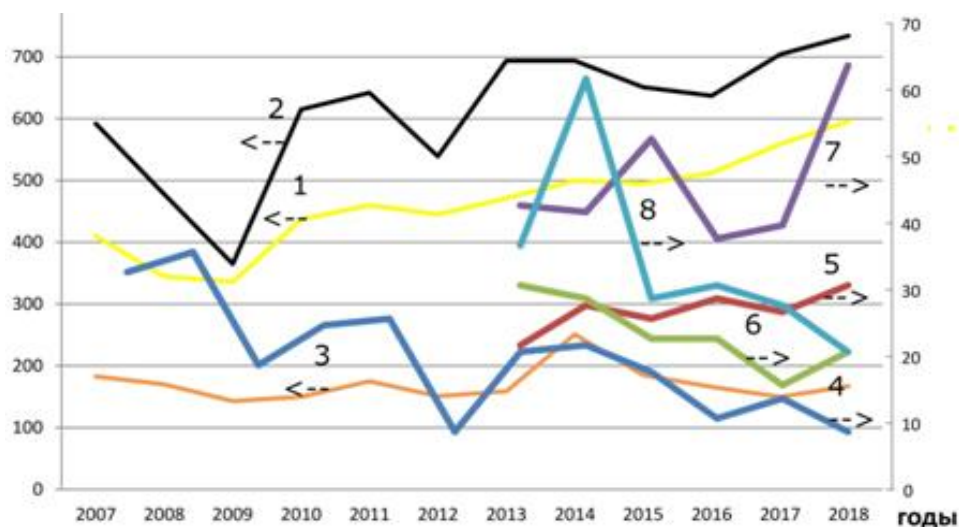


Рис. 4. Динамика аварийности пассажирского автотранспорта:

- 1 – зарегистрировано ДТП; 2 – получено ранений; 3 – ранения по вине водителей;
- 4 – случаи гибели; 5 – ДТП водителей ООО «ПИТЕРАВТО»; 6 – ДТП водителей АО «Третий парк»;
- 7 – ранения в ООО «ПИТЕРАВТО»; 8 – ранения в АО «Третий парк»

Некоторую тревогу вызывает рост количества ДТП (с 345 в 2008 г. до 556 на конец 2018 г.), что объяснимо повышением интенсивности движения в городе – большим количеством частных автомобилей, состоянием дорог в зимнее время и другими причинами. При этом имеет место травмирование и гибель пассажиров и пешеходов, но число ДТП по вине водителей наземного транспорта общего пользования имеет тенденцию к снижению.

Однако остается проблемным положение с аварийностью на предприятиях ООО «Питеравто» и АО «Третий парк» (рис. 5), в которых остается высоким процент ДТП по вине водителей, сопровождающихся большим числом пассажиров и пешеходов, получивших травмы и ранения (62 случая в 2014 г. в АО «Третий парк»). Для исправления сложившейся ситуации требуется введение более строгого подхода к подбору водителей, процессу проведения их предрейсового медосмотра, тестированию при трудоустройстве с возможностью направления на переэкзаменовку зарубежных водителей. Необходимость подобных мер продиктована количеством жалоб на водителей автотранспортных предприятий, возросшим с 6 % в 2008 г. до 23 % в 2018 г., и большим числом ДТП.

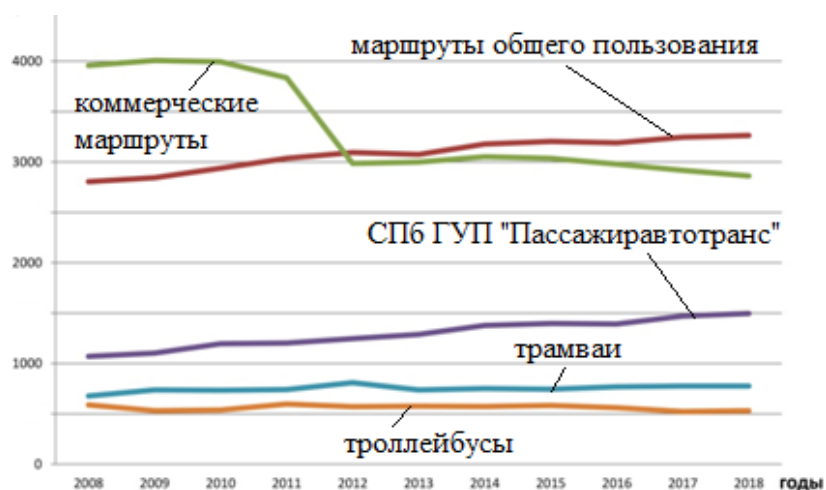


Рис. 5. Динамика среднесуточного выпуска подвижного состава

Таким образом, мониторинг обстановки с функционированием общественного транспорта крупных городов, мегаполисов и агломераций и формирование предложений по обеспечению его устойчивой работы является важной задачей администрации, руководства транспортных организаций и экстренных служб.

Учитывая тенденции в постоянном росте пассажиропотоков и усложнения дорожной обстановки, необходимо добиваться повышения водительской дисциплины и пресечения малейших правонарушений на транспорте.

К вопросам мониторинга, анализа и совершенствования транспортной стратегии крупных городов, мегаполисов и агломераций и обеспечения безаварийной работы транспорта необходимо привлекать крупных специалистов и организаций, в том числе, Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.

### Литература

1. Васьков В.Т., Харлашкин С.В., Таранцев А.А. Динамика показателей аварийности пассажирского транспорта в Санкт-Петербурге // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 1 (37). С. 62–68.
2. Таранцев А.А., Васьков В.Т. О проблеме безопасности пассажирского транспорта в Санкт-Петербурге // Транспорт России: проблемы и перспективы-2015: материалы Юбилейной междунар. науч.-практ. конф. СПб.: ИПТ РАН. 2015. Т. 2. С. 61–63.

## СНИЖЕНИЕ РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТКАЗОВ РОТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗНЫХ ОЦЕНОК

**А.М. Астанков;**

**В.К. Шифф, кандидат физико-математических наук.**

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

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложена методика оценки изменения величины эксплуатационных дефектов подшипниковых узлов, позволяющая повысить точность прогноза текущего технического

состояния роторного оборудования объектов наземной космической инфраструктуры и в целом снизить риск возникновения нештатных ситуаций при запуске ракет космического назначения.

*Ключевые слова:* роторное оборудование, подшипниковые узлы, математическое моделирование эксплуатационных дефектов

## REDUCING THE RISK OF OPERATIONAL FAILURES OF ROTARY EQUIPMENT OF GROUND-BASED SPACE INFRASTRUCTURE FACILITIES BY IMPROVING THE ACCURACY OF FORECAST ESTIMATES

A.M. Astankov; V.C. Schiff. Alexander Mozhaisky military space academy.

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

A method is proposed for assessing changes in the size of operational defects of bearing assemblies, which makes it possible to improve the accuracy of forecasting the current technical condition of rotary equipment of ground-based space infrastructure facilities and, in general, reduce the risk of emergency situations when launching space rockets.

*Keywords:* rotary equipment, bearing units, mathematical modeling of operational defects

Важнейшая роль, которая отводится объектам наземной космической инфраструктуры (ОНКИ) в структуре космических войск, определяет высокие требования к устойчивости и согласованности процессов функционирования всех систем и средств. Отказ одной из них создает предпосылки к срыву выполнения задач по пуску ракет космического назначения.

Повышение достоверности определения технического состояния объектов наземной космической инфраструктуры на этапе эксплуатации может быть достигнуто за счет совершенствования и внедрения новых средств и методик контроля и диагностирования текущего технического состояния ОНКИ.

В настоящее время при эксплуатации роторного оборудования ОНКИ применяются технические средства и методы измерения параметров низкочастотной вибрации, имеющие недостаточную точность и оперативность обнаружения ряда дефектов, особенно на ранних стадиях развития.

С целью снижения риска эксплуатационных отказов на ОНКИ предлагается повысить точность прогнозных оценок при определении текущего технического состояния роторного оборудования путем внедрения новых методик оперативного контроля и диагностирования, включающих математическое моделирование эксплуатационных дефектов подшипниковых узлов (ПУ).

ПУ являются наиболее уязвимым местом в роторном оборудовании, поскольку на них приходится основная часть статических и динамических усилий, возникающих в агрегате. Таким образом, техническое состояние ПУ определяет работоспособность агрегата в целом.

ПУ агрегата состоит из вращающегося вала, являющегося источником полигармонической вибрации, подшипника качения, обладающего упругими свойствами и передающего вибрационные возмущения на корпус опоры, предназначенной для фиксации положения вала и демпфирования механических колебаний.

С учетом статистических данных, полученных в рамках работ по научно-техническому сопровождению эксплуатации систем и агрегатов ОНКИ, были определены два главных вида эксплуатационных дефектов ПУ роторного оборудования: перекос колец подшипников и несоосность валов.

В статическом положении перекос и несоосность могут быть обусловлены комбинированной нагрузкой (радиальной и осевой) и моментом осевых составляющих (рис. 1).

$$F_a = \sum_{\psi=0}^{\psi=\pm\pi} P_\psi \sin \alpha,$$

$$F_r = \sum_{\psi=0}^{\psi=\pm\pi} P_\psi \cos \psi \cos \alpha,$$

$$M = \frac{1}{2} d_m \sum_{\psi=0}^{\psi=\pm\pi} P_\psi \cos \psi \sin \alpha,$$

где  $\psi$  – угол, определяющий статическое положение шарика на беговой дорожке желоба кольца;  $d_m$  – диаметр окружности центров тел качения;  $\alpha$  – угол контакта рассматриваемого шарика с наружным и внутренним кольцами;  $P_\psi$  – нормальная нагрузка на рассматриваемый шарик.

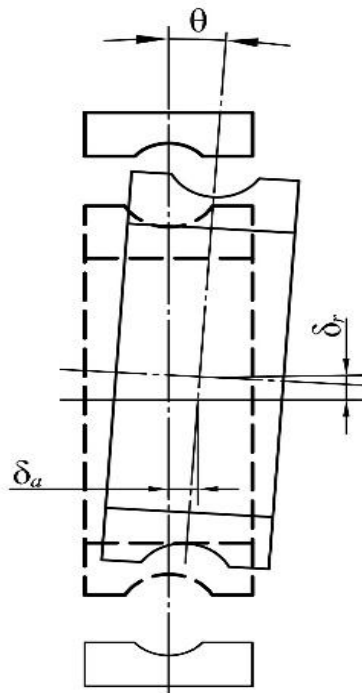


Рис. 1. Смещение внутреннего кольца относительно наружного под действием комбинированной нагрузки

Расстояние  $r_m$  между центрами кривизны тороидальных поверхностей дорожек качения наружного и внутреннего колец у шарика с угловой координатой  $\psi$  равно:

$$r_m = r_H + r_B - D_w$$

и после приложения комбинированной нагрузки составит:

$$r = \left[ (r_m \sin \alpha + \delta_a + R'_H \gamma \cos \psi)^2 + (r_m \cos \alpha_0 + \delta_r \cos \psi)^2 \right]^{1/2}.$$

Введя параметр  $\zeta$ , получим осевое и радиальное смещение в безразмерном виде:

$$\zeta = (r_H + r_B - D_w) / D_w = \xi_H + \xi_B - 1;$$

$$r_m = r_H + r_B - D_w = \zeta \cdot D_w$$

$$\xi_a = \frac{\delta_a}{\zeta D_w}; \quad \xi_r = \frac{\delta_r}{\zeta D_w}; \quad \bar{\gamma} = \frac{R_B \gamma}{\zeta D_w},$$

где  $r_{B(H)}$  – радиус кривизны соответственно желоба внутреннего (наружного) кольца;  $D_w$  – диаметр шарика;  $R_{B(H)}$  – радиус окружности, проходящей через центры кривизны тороидальной поверхности внутреннего (наружного) кольца;  $\delta_a$  – осевое смещение;  $\delta_r$  – радиальное смещение;  $\gamma$  – угол перекоса.

Исходя из выше рассмотренных геометрических параметров, можно записать:

$$\sin \alpha = \frac{\sin \alpha_0 + \xi_a + \bar{\gamma}}{\sqrt{(\sin \alpha_0 + \xi_a + \bar{\gamma})^2 + (\cos \alpha_0 + \xi_r \cos \Psi)^2}}; \quad (1)$$

$$\cos \alpha = \frac{\cos \alpha_0 + \xi_r \cos \Psi}{\sqrt{(\sin \alpha_0 + \xi_a + \bar{\gamma})^2 + (\cos \alpha_0 + \xi_r \cos \Psi)^2}}. \quad (2)$$

В результате почленного деления правых частей (1) и (2) получим выражение для оценки текущего рабочего угла контакта шарика с обоими кольцами:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha_0 + \xi_a + \bar{\gamma}}{\cos \alpha_0 + \xi_r \cos \Psi}.$$

Эта формула устанавливает зависимость рабочего угла контакта от номинального угла  $\alpha_0$ , безразмерных осевого  $\xi_a$  и радиального  $\xi_r$  смещений и угла перекоса  $\bar{\gamma}$ .

Предельно допустимое угловое смещение (перекос) определяется по формуле Бурмистрова из условия отсутствия заклинивания подшипника [1]:

$$\cos \gamma_{np} = \frac{\left(\frac{D_1}{2} - r_{B(H)}\right)^2 + \left(\frac{D_1}{2} - 2\delta_r - D_w + r_{B(H)}\right)^2 - 4\left(r_{B(H)} - \frac{D_w}{2}\right)^2}{\left(\frac{D_1}{2} - r_{B(H)}\right)\left(\frac{D_1}{2} - 2\delta_r - D_w + r_{B(H)}\right)},$$

где  $D_1$  – диаметр по дну желоба наружного кольца.

Дефекты, связанные с перекосами и несоосностями, напрямую зависят от значения угла перекоса наружного и внутреннего кольца. Положение кольца в пространстве можно определить как изменение положения плоскости, в которой расположены центры радиусов  $r_q$  (рис. 2), описывающих поверхность беговой дорожки. В математической модели примем положение центра кривизны перекошенного кольца  $O_{\psi q}$ , совпадающим с положением кольца без перекоса  $O_{\psi q}$ .

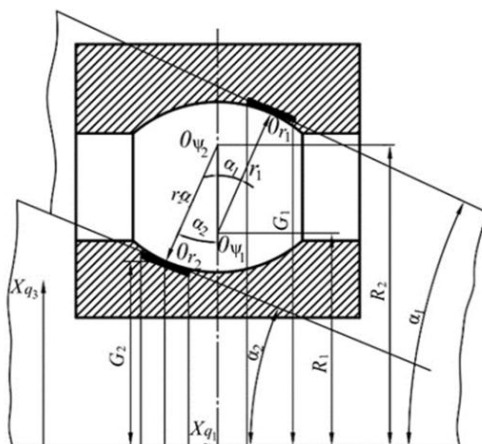


Рис. 2. Схема перекосов и несоосностей колец подшипника:

$R_q$  – радиус окружности центров кривизны беговой дорожки;  $G_q$  – радиус окружности точек контакта шариков;  $\gamma_q$  – угол перекоса;  $\alpha_q$  – угол контакта шарика с  $q$  – м кольцом ( $q=H$  – наружное кольцо;  $q=B$  – внутреннее кольцо)

Радиус, описывающий поверхность кольца относительно точек  $O_{\psi q}$ , можно представить в виде:

$$r'_q = r_q + \Delta r'_q,$$

$$\Delta r'_q = \left[ G'_q - (R_q + C_q r_q \cos \alpha_q) \right] \cos \alpha_q = \sum_{k=0}^{\infty} \Delta r'_{qk} \cos(k\psi_q + \xi_{qk}),$$

где  $r_q$  – радиус кривизны беговой дорожки кольца.

Запись поверхности беговых дорожек подшипника удобно формализовать следующим образом:

$$p^s = p^s(\tau, \theta),$$

где  $s$  принимает значения 1, 3, 5 для наружного кольца и значения 2, 4, 6 – для внутреннего.

Поверхности шариков задаются в сферических координатах. Пусть некоторое относительное положение колец подшипника фиксировано. В точках контакта колец с шариком, имеющим номер  $i$ , система функций  $p^s = p^s(\tau, \theta)$  приобретает некие конкретные числовые значения, что позволяет образовать вектор  $p_i = \{p_i^s\}$ , где для  $s=1, \dots, 6$ ;  $p_i^s = p^s(\tau_i, \theta_i)$  – значения введенных функций в точках контакта колец с рассматриваемым шариком, а  $p_i^7$  – «диаметр» этого шарика или рабочее расстояние между точками контакта в его деформированном состоянии.

Если усреднить функции  $p^s(\tau, \theta)$  по углам  $\tau$  и  $\theta$ , проделав затем то же самое с поверхностями шариков, усреднив их дополнительно по номеру шарика, то можно получить вектор  $p_0$ , составленный из этих средних значений и характеризующий идеальный подшипник. Векторную разность  $\Delta p_i = p_i - p_0$  будем называть дефектом  $i$  контактной группы. Дефектом подшипника назовем совокупность трех векторов  $D = \{D_x, D_y, D_z\}$ , определяемых соотношениями:



$$D_x = \sum_{i=1}^n \Delta p_i, \quad D_y = \sum_{i=1}^n \Delta p_i \cos \varphi_i, \quad D_z = \sum_{i=1}^n \Delta p_i \sin \varphi_i. \quad (3)$$

Угол  $\varphi_i$  характеризует угловое положение  $i$ -го шарика относительно наружного кольца вокруг оси  $x^2$ ,  $n$  – число шариков.

В дальнейшем рассматриваются не произвольные поверхности колец и шариков, а лежащие в некоторой малой окрестности идеальных поверхностей. При этом окрестность определяется в функциональном пространстве  $D_2$  (близость не только функций, но и их производных до второго порядка включительно). Если условно все дефекты подшипников могут быть разделены на два класса: микродефекты – локальные искажения поверхностей (царапины, шероховатость и т.п.) и макродефекты – искажения поверхностей в целом (овальности, волнистости, перекосы и т.п.), то такое определение окрестности соответствует рассмотрению подшипников с макродефектами.

Геометрическое место центров кривизны осевых сечений беговой дорожки идеального кольца шарикоподшипника есть окружность. Знание взаимного расположения такой окружности внутреннего кольца и аналогичной наружного позволяет вычислить деформацию контактной группы  $\delta_i$ :

$$\delta_i = \sqrt{[x + p_i^6 - p_i^5 + (p_i^2 + p_i^4)(\alpha \sin \varphi_i - \beta \cos \varphi_i)]^2 + (m_i + y \cos \varphi_i + z \sin \varphi_i)^2} - m_i - e_i,$$

$$m_i = p_i^1 + p_i^2 - p_i^3 + p_i^3, \quad e_i = p_i^3 - p_i^4 - p_i^7, \quad \varphi_i = \varphi_1 + \frac{2\pi}{n}(i-1).$$

Причем угол  $\varphi_1$  есть угол, определяющий положение шарика, с которого начинается расчет, относительно наружного кольца.

Выражение для потенциальной энергии деформации  $i$  контактной группы шарика с кольцами, согласно закону Герца-Беляева, примет вид:

$$U_i = \int_0^{\delta_i} K_i \delta^{1.5} d\delta = \frac{2K_i}{5} \delta_i^{2.5}.$$

Тогда потенциальная энергия деформированного состояния неидеального подшипника имеет вид:

$$U = \frac{2}{5} \sum_{i=1}^n K_i \{ [ [x + p_i^6 - p_i^5 + (p_i^2 + p_i^4)(\alpha \sin \varphi_i - \beta \cos \varphi_i)]^2 + (m_i + y \cos \varphi_i + z \sin \varphi_i)^2 ]^{1/2} - m_i - e_i \}^{2.5}. \quad (4)$$

Выражение (4) приведено для левого подшипника. Линейные члены с  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  для правого подшипника будут иметь противоположный знак.

Неидеальность определяем наличием отличного от 0 дефекта  $\Delta p_i$ .

Запишем функции, стоящие под знаком корня. Здесь координаты  $x^2$ ,  $y^2$ ,  $z^2$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  определяют положение координатного трехгранника, связанного с внутренним кольцом относительно трехгранника, связанного с наружным;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – система углов конечного вращения первого рода [2];  $\alpha$  – угол поворота вокруг оси  $x^2$ :

$$m = \{1, 1, -1, 1, 0, 0, 0\}, \quad e = \{0, 0, 1, -1, 0, 0, -1\},$$

$$r = \{0, 1, 0, 1, 0, 0, 0\}, \quad s = \{0, 0, 0, 0, -1, 1, 0\}.$$

Для изучения вибрации, вызванной дефектами подшипников, следует рассмотреть динамику ротора на неидеальных подшипниках.

Движение ротора рассматривается в системе координат  $x, y, z$ , жестко связанной с покоящимся основанием. Ось  $x$  проходит через центры наружных колец подшипников, начало координат помещено посередине между этими центрами. Переменные  $x, y, z, \alpha, \beta, \gamma$  определяют положение трехгранника главных центральных осей инерции ротора в этой системе. Кинетическая энергия ротора в таких координатах имеет вид [2]:

$$T = 1/2 \left[ M(x'^2 + y'^2 + z'^2) + I_x(\alpha' \sin \beta + \gamma')^2 + I_y \alpha'^2 \cos^2 \beta + I_z \beta'^2 \right].$$

Величины, снабженные одним штрихом, определяются для левого подшипника, двумя – для правого.

В силу того, что:

$$\gamma' \gg \alpha', \beta', \frac{x'}{l}, \frac{y'}{l}, \frac{z'}{l},$$

производные по времени от  $\varphi_i'$  и  $\varphi_i''$  можно считать постоянными.

Сохраним в выражении для потенциальной энергии только линейные и квадратичные члены в разложении по степеням  $x, y, z, \alpha, \beta, \Delta p_i$ :

$$\Pi = G(\sigma, \sigma) - (A, D_x)M_x - (B, D_y)M_y - (B, D_z)M_z - (C, D_z)I_y \alpha + (C, D_y)I_z \beta.$$

$G(\sigma, \sigma)$  – квадратичная форма от  $\sigma$  с матрицей:

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} K_0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_p & 0 & 0 & \pi \\ 0 & 0 & K_p & -\pi & 0 \\ 0 & 0 & -\pi & K_y & 0 \\ 0 & \pi & 0 & 0 & K_y \end{bmatrix}.$$

Компоненты этой матрицы имеют следующий смысл:

– осевая жесткость системы:

$$K_0 = K'_0 + K''_0 = 3/2nK \left( \sqrt{\delta'} \sin^{5/2} \tau'_0 + \sqrt{\delta''} \sin^{5/2} \tau''_0 \right);$$

– радиальная жесткость системы:

$$K_p = K'_p + K''_p = 3/2nK \left( \sqrt{\delta' \sin \tau'_0} \cos^2 \tau'_0 + \sqrt{\delta'' \sin \tau''_0} \cos^2 \tau''_0 \right);$$

– угловая жесткость системы:

$$K_y = K'_y + K''_y = K'_p [(r, p'_0) \operatorname{tg} \tau'_0 + l]^2 + K''_p [(r, p''_0) \operatorname{tg} \tau''_0 + l]^2;$$

– характеристика связи направлений:

$$\pi = K'_p [(r, p'_0) \operatorname{tg} \tau'_0 + l] - K''_p [(r, p''_0) \operatorname{tg} \tau''_0 + l].$$

Величины  $\delta$  и  $\tau_0$  – осевой натяг и угол контакта идеального подшипника, полученного усреднением исходного.

Линейные относительно  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  члены в выражении (4) характеризуют возмущающее воздействие со стороны подшипников. Постоянные векторы в написанных скалярных произведениях имеют вид:

$$\begin{aligned} A &= B \operatorname{tg} \tau_0; \\ B &= \left\{ \sec \tau_0 - 1; \sec \tau_0 - 1; 1; -1; \operatorname{tg} \tau_0; -\operatorname{tg} \tau_0; -\sec \tau_0 \right\}^2 K'_p / Mn; \\ C &= \left[ (r, p_0) \operatorname{tg} \tau_0 + l \right] M / I_y B. \end{aligned}$$

Подставляя выражение для потенциальной энергии (3) в уравнение (4), отбрасывая малые нелинейные члены, возникшие после дифференцирования, получим линейные неоднородные уравнения движения ротора:

$$\begin{aligned} x'' + \omega_0^2 x &= (A, D_x), \\ y'' + \omega_p^2 y - \beta \pi / M &= (B, D_y), \\ z'' + \omega_{pz}^2 z + \alpha \pi / M &= (C, D_z), \\ \alpha'' + \Omega \beta' + \omega_y^2 \alpha + z \pi / I_y &= (C, D_z), \\ \beta'' - \Omega \alpha' + \omega_y^2 \beta - y \pi / I_y &= -(C, D_y). \end{aligned} \quad (5)$$

При известных вектор-функциях  $D_x(t)$ ,  $D_y(t)$ ,  $D_z(t)$  задача решения уравнений (5) в линейной постановке будет исследована полностью при нахождении углов  $\tau_i$  и  $\theta_i$  в виде явных функций времени.

Характер изменения этих углов во времени различен. Углу  $\tau_i$  соответствуют малые колебания, тогда как  $\theta_i$  меняется монотонно. Заменяв его средним по времени значением при  $\gamma' \approx \text{const}$  для  $\theta_i$ , получим:

$$\theta_i = \omega_s t - (-1)^s 2\pi(i-1)/n, \quad (6)$$

где  $\omega_s$  при  $s=1, 3, 5$  равно угловой скорости вращения сепаратора относительно наружного кольца, а при  $s=2, 4, 6$  – угловой скорости вращения сепаратора относительно внутреннего кольца. В расчете шарики приняты идеальными.

Подставляя в функцию  $p^s(\tau, \theta)$ ,  $\tau = \tau_0$ , разложим их в ряды Фурье по углу  $\theta$ :

$$p^s(\tau_0, \theta) = \sum_{\lambda=0}^{\infty} a_{\lambda s} a \sin(\lambda \theta + \psi_{\lambda s}) \quad (7)$$

Используя затем выражения (6) и (7), получаем:

$$D_x = \left\{ n \sum_{\lambda=0}^{\infty} a_{\lambda s} \sin(\lambda \omega_s t + \psi_{\lambda s}) \right\}$$

$$D_y = \left\{ \frac{n}{2} \sum_{\lambda=0}^{\infty} a_{\lambda s} [\mu_{kn}^{\lambda-1} \sin[(\lambda \omega_s + (-1)^s \omega_1)t + \psi_{\lambda s}] + \mu_{kn}^{\lambda+1} \sin[(\lambda \omega_s - (-1)^s \omega_1)t + \psi_{\lambda s}]] \right\},$$

$$D_z = \left\{ -\frac{n}{2} \sum_{\lambda=0}^n a_{\lambda s} [\mu_{kn}^{\lambda-1} \cos[(\lambda \omega_s + (-1)^s \omega_1)t + \psi_{\lambda s}] + \mu_{kn}^{\lambda+1} \cos[(\lambda \omega_s - (-1)^s \omega_1)t + \psi_{\lambda s}]] \right\}, \quad (8)$$

где  $\mu_i^j$  – символ Кронекера.

Использование формул (8) на практике сводится к получению профилограмм колец подшипников по следу качения и последующему разложению этих профилограмм в ряды Фурье для нахождения коэффициентов  $a_{\lambda s}$ .

Несоосности и перекосы посадочных мест под шарикоподшипниками, непараллельность или неперпендикулярность буртиков валов, крышек, неравномерность нажатия пружин (при их наличии) на кольцо подшипника и другие дефекты приводят к тому, что кольца подшипников перекашиваются, а шарики даже в геометрически идеальных подшипниках перемещаются не по круговым, а по эллиптическим траекториям.

Рассмотрим кольцо подшипника, расположенное с некоторым перекосом  $\alpha_q$ . Изменение положения центра кривизны беговой дорожки относительно неподвижной системы координат можно представить при  $R_H, R_B = \text{const}$  как изменение радиусов кривизны (рис. 3):

$$r_q - r_{q0} = 0,5R_q (1 - \cos \alpha_q) [\cos 2(\psi_q + \varphi_q) + 1] + R_q \sin \alpha_q \cos \left( -\beta + \frac{\pi}{2} \right) \cos(\psi_q + \varphi_q),$$

где  $r_q$  – радиус кривизны беговой дорожки  $q$ -го кольца, ось симметрии которого совпадает с осью  $OX_q$ ;  $\varphi_q$  – фазовый угол, учитывающий угол поворота базовой плоскости при перекосе колец.

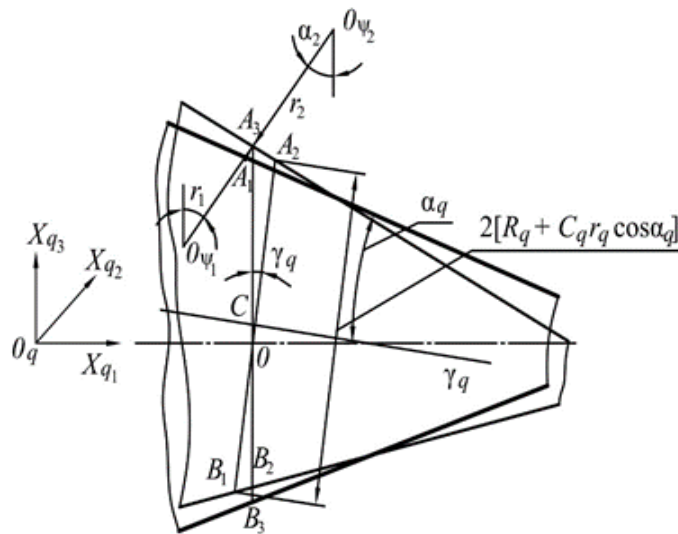


Рис. 3. Схема перекоса кольца шарикоподшипника

Смещение оси симметрии кольца параллельно оси на величину  $\Delta_q$  можно представить, как изменение радиуса кривизны:

$$r_q - r_{q0} = \Delta_q \cos(\psi_q + \varphi_q),$$

где  $\varphi_q$  фазовый угол, учитывающий направление смещения в плоскости  $Y_q O_q Z_q$ .

Следовательно, дефекты сборки эквивалентны первой и второй гармоникам разложения профилограмм беговых дорожек в ряд Фурье (табл. 1).

Таблица 1. Дефекты сборки шарикоподшипников

Вид дефекта	Амплитуда первой гармоники	Амплитуда второй гармоники
Перекас $\alpha_q$	$R_q \sin \alpha_q \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$	$\frac{R_q}{2} (1 - \cos \alpha_q)$
Несоосность $\Delta q$	$\Delta q$	–

Для разработки математической модели по получению прогнозных оценок проводится физическое моделирование эксплуатационных дефектов на разработанной авторами лабораторной установке. В физическом эксперименте использован радиально-упорный подшипник модели 7203CP (табл. 2), для которого оцениваются частоты вибрации, генерируемые перекасами наружного либо внутреннего колец и перекасами обоих колец подшипника.

Частоты основных элементов данного подшипника имеют следующие значения:

$$\omega_c = \frac{1}{2} \omega_{\text{вр}} \left( 1 - \frac{r_w}{r_c} \cos \alpha \right) = 19,1 \text{ Гц} - \text{частота вращения сепаратора};$$

$$\omega_{\text{вр}} = 2\pi \cdot n / 60 = 49,4 \text{ Гц} - \text{частота вращения вала};$$

$$\omega_w = \frac{1}{2} \omega_{\text{вр}} \frac{r_c}{r_w} \left( 1 - \frac{r_w^2}{r_c^2} \cos^2 \alpha \right) = 93,5 \text{ Гц} - \text{частота вращения тела качения};$$

$$\omega_H = \frac{1}{2} \omega_{\text{вр}} \left( 1 - \frac{r_w}{r_c} \cos \alpha \right) n = 191,2 \text{ Гц} - \text{частота перекачивания тел качения по наружному кольцу};$$

$$\omega_B = \frac{1}{2} \omega_{\text{вр}} \left( 1 + \frac{r_w}{r_c} \cos \alpha \right) n = 302,4 \text{ Гц} - \text{частота перекачивания тел качения по внутреннему кольцу}.$$

Перекас наружного кольца в спектре вибрации будет проявляться на частоте:

$$\omega_c n \approx 190 \text{ Гц}.$$

Перекас внутреннего кольца в спектре вибрации будет проявляться на частоте:

$$k(\omega_B - \omega_c n) \approx k \cdot 100 \text{ Гц}, \quad k = 1, 2, \dots$$

При наличии одновременного перекаса обоих колец подшипника появляются составляющие вибрации на частотах  $k\omega_c n$  колебаниями с частотами  $n\omega_B$  на верхних и нижних боковых частотах.

Таким образом, каждый из рассмотренных случаев перекаса колец подшипников характеризуется набором специфических спектральных составляющих вибрации, по которым

производится оценка как текущей величины дефекта, так и прогнозная оценка ее изменения. Оценка изменения величины дефекта позволяет повысить точность прогноза текущего технического состояния роторного оборудования ОНКИ и снизить риск возникновения нестандартных ситуаций.

Таблица 2. Параметры подшипника модели 7203CP

$r_H$	$r_B$	$D_1/2$	$G_H$	$G_B$	$\gamma_{np}$ , мин	$D_w$ , см	$D$ , см	$d$ , см	$d_m$ , см	$\alpha_0$ , град	$n$	$C_B$ , (см <sup>2</sup> /кГс) <sup>2/3</sup>	$C_H$ , (см <sup>2</sup> /кГс) <sup>2/3</sup>
0,37	0,37	1,44	1,75	1,10	8'	0,71	4,0	1,7	2,85	26	10	0,455	0,464

Полученная математическая модель позволяет своевременно выявлять, локализовывать и идентифицировать такие эксплуатационные дефекты, как величина несоосности и (или) углы перекосов подшипника.

Сравнение результатов математического моделирования с данными опытной эксплуатации и результатами физического моделирования показало, что математическая модель позволяет получить необходимые для прогнозирования текущего технического состояния параметры эксплуатационных дефектов роторного оборудования с достаточной степенью точности. Предварительные прогнозные оценки результатов моделирования показали повышение точности расчетов остаточного ресурса роторного оборудования ОНКИ на 5 %.

Повышение точности прогнозных оценок при определении текущего технического состояния роторного оборудования посредством математического моделирования эксплуатационных дефектов приводит:

- к увеличению качества оперативного контроля и диагностирования и, как следствие, увеличению продолжительности функционирования оборудования;
- к уменьшению временных затрат на проведение ремонтно-восстановительных работ;
- к снижению риска эксплуатационных отказов оборудования.

#### Литература

1. Кельзон А.С., Журавлев Ю.Н., Январев Н.В. Расчет и конструирование роторных машин. Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1977. 288 с.
2. Журавлев В.Ф. Динамика ротора в неидеальных шариковых подшипниках // Изв. АН СССР. Мех. твердого тела. 1971. № 5. С. 44–48.

## ФУТУРИСТИЧЕСКИЕ КОНЦЕПТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор,  
заслуженный деятель науки Российской Федерации.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается проблема подготовки спасателей по оказанию первой помощи для работы в условиях Арктики. Обсуждается инновационная укладка для первой помощи с включением отечественных и зарубежных разработок войсковой медицины. Приведены концепты беспилотной транспортной техники для поисково-спасательных работ.

*Ключевые слова:* Арктика, спасатели, первая помощь, инновационная укладка, концепты беспилотного транспорта



## FUTURISTIC SEARCH AND RESCUE CONCEPTS IN THE ARCTIC REGION

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

The paper deals with the problem of training first aid rescuers for work in the Arctic. Discusses innovative styling for first aid with the inclusion of domestic and foreign developments of military medicine. The concepts of unmanned vehicles for search and rescue.

*Keywords:* Arctic, rescue, first aid, innovative styling, concepts of unmanned vehicles

В Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) МЧС России формирует систему комплексной безопасности по целому ряду направлений, одним из которых является организация и проведение поисково-спасательных работ. Для обеспечения таких работ в АЗРФ созданы и развиваются Арктические комплексные аварийно-спасательные центры – АКАСЦ. Согласно опыту работы центров, за последние несколько лет выезжать на места несчастных случаев в арктической тундре приходится на большие расстояния – до 150 км от мест дислокации спасателей [1]. Кроме выездов на места охоты, рыбной ловли, дорожно-транспортных происшествий участились вызовы на поиск заблудившихся или терпящих бедствие туристов-экстремалов.

Основными этапами в алгоритме спасения терпящих бедствия людей являются: поиск – первая помощь – транспортировка (эвакуация) по назначению. На всех этапах определяющим фактором успеха борьбы за выживаемость пострадавших является фактор времени. В условиях экстремального холода, бездорожья и недоступности скорой медицинской помощи жизненно необходимо резервировать так называемый «золотой час» спасателей не только оперативным реагированием, но и применением инновационных средств и технологий оказания первой помощи и современных транспортных средств для щадящей и быстрой эвакуации по назначению. Применение инновационных технологий первой помощи невозможно без расширения правового поля спасателей (не медиков) по оказанию первой помощи и совершенствования программы парамедицинской подготовки спасателей МЧС России. Жизненно необходимой представляется разработка и внедрение в практику спасателей специальной укладки с современными средствами первой помощи, наиболее действенными из которых сегодня являются инновационные разработки отечественной и зарубежной войсковой (тактической) медицины [2]. Но для практического применения укладки необходимо ликвидировать такой нонсенс, как невозможность спасателями использовать обезболивающие и противошоковые препараты. Минздрав России не включил в перечень мер и средств по оказанию первой помощи лекарственные препараты, даже такие жизненно необходимые, как обезболивающие и противошоковые. При этом не принимаются во внимание существующие разработки войсковой (тактической) медицины – средства, которые не требуют инвазивных мер (инъекций), а могут быть применены либо сублингвально (под язык), либо интраназально (в нос) с помощью спрея. Аргументами в пользу применения таких средств в Арктическом регионе является реальная возможность несвоевременной доставки пострадавших в медицинское учреждение не только вследствие отдаленности и труднодоступности мест происшествий, но и из-за негативных погодных условий.

Предложения, внесенные на рассмотрение в Госдуму Российской Федерации группой участников Форума по безопасности дорожного движения, проходившего в Санкт-Петербурге в 2014 г., о законодательном расширении прав профессиональных спасателей (не медиков) по оказанию первой помощи пока не приняты. В 2018 г. внесено в Госдуму предложение о необходимости закона о доступности для спасателей и населения автоматических наружных дефибрилляторов, программа использования которых реализована во многих странах мира с 2005 г.

В борьбе за снижение людских потерь при несчастных случаях и возможных чрезвычайных ситуациях в Арктике перспективным путем представляется использование опыта войсковой (тактической) медицины. Прежде всего, это разработки обезболивающих и протившоковых мер, которые сокращают время оказания помощи и делают ее более щадящей и являются доступными для применения не медицинскими работниками. Обобщенные данные о таких средствах представлены в таблице.

В настоящее время существует достаточное количество апробированных на практике войсковой отечественной и зарубежной тактической медицины инновационных разработок для оказания первой помощи, применение которых в практике спасательных работ в арктических условиях значительно облегчит работу спасателей и повысит выживаемость травмированных. В первую очередь следует оснастить арктических спасателей средствами для согревания пострадавших и обезболивающими препаратами. Арктический холод усугубляет гипотермию (снижение температуры тела), характерную для кровопотери.

Таблица. **Инновационные разработки в области первой помощи [3]**

Меры первой помощи	Современные средства
Сердечно-легочная реанимация	Автоматический наружный дефибриллятор (АНД)*; Прибор для автоматизированного выполнения закрытого массажа сердца**
Иммобилизация	Современные одно- и многоразовые полифункциональные шины***
Остановка кровотечения	Гемостатические средства: Селокс (местное) (Селокс Рапид) и отечественные Гемостоп, Гемофлекс
Эластичные бинты – на основе эластичного материала, лучше останавливают кровотечение и держатся на конечности	The Emergency Bandage ППИ (ППИ-АВ-3), Бинт «Апполо»
Помощь при пневмотораксе	Декомпрессионные иглы****; Наклейка для устранения открытого пневмоторакса герметизирующая SAM/FoxSeal/Halo/...
Борьба с шоком	Шприц для внутрикостного введения раствора в случае спадения вен при шоке – «V.I.G.», «EZ-IO» (отечественный аналог в разработке)
Борьба с асфиксией	Назофарингеальная трубка диаметр 9,3 мм в случае невозможности применения приема Сафара (опыт США)
Обезболивание	«Актик» (Израиль) – под язык; Кетамин (США) интраназально (при шоке внутрикостно)
Согревание	Теплосберегающее одеяло «Heat-Reflective Shell» (HRS) (отечественный аналог в разработке)

\*в Госдуму поступило предложение о внедрении АНД в практику оказания первой помощи;

\*\*начинают разработки российские ученые;

\*\*\* лучшими остаются шины фирмы SAM (США). Актуально создание отечественного аналога;

\*\*\*\*специальные декомпрессионные иглы для оказания помощи при напряженном пневмотораксе, доступны для спасателей после курса получения навыков на симуляторах

Для профилактики потери тепла предназначаются специальные одеяла из теплоизолирующего материала, сберегающие тепло. При отсутствии таковых используют теплосберегающие покрывала из металлизированного полиэстера. Отечественного табельного теплостабилизирующего одеяла пока не появилось, но работы ведутся. Опыт применения приведенных средств первой помощи за рубежом свидетельствует о необходимости актуализации создания отечественных аналогов.

Кроме расширенной парамедицинской подготовки спасателей и оснащения инновационной укладкой для оказания первой помощи, важным условием в борьбе за сохранение жизни пострадавших является как можно более быстрая доставка пострадавших в медицинское учреждение. Особую роль в этом плане играют вертолеты. Накопленный опыт спасательных работ свидетельствует, что на сегодняшний день использование вертолетов поисково-спасательными подразделениями МЧС России в Арктической зоне проблематично в связи с длительным сроком согласования возможности использования вертолетов другого ведомства и достаточно затратно. Решение проблемы доступности вертолетной техники требует гармонизации правового регулирования межведомственного взаимодействия, например с Минтрансом и Минздравом, имеющими авиационный санитарный транспорт. О перспективах отлаженного взаимодействия свидетельствует опыт поисково-спасательного Дальневосточного регионального отряда по взаимодействию с территориальным центром медицины катастроф [4]. Перспективным представляется и развитие государственно-частного партнерства.

Актуальным остается и возможность использования таких воздушных транспортных средств, какими являются аэросани, экранопланы и экранолеты. Аэросани были созданы в России, где в основном и применяются. Экранопланы широко применялись на севере России для перевозок людей и грузов между островами на архипелагах и между материком и островами, по международной классификации (ИМО) они относятся к морским судам. Потенциал применения летательных аппаратов и транспортных средств с воздушной подушкой в Арктике представлен в обзоре [5]. В настоящее время в России возрождаются работы по созданию новых моделей экранопланов, которые могут садиться не только на воду, но и сушу (рис. 1) [6].



Рис. 1. Экраноплан будущего

Сегодня в робототехнике самым перспективным направлением считается технология группового управления беспилотными летающими аппаратами (БПЛА). В этом направлении ведут исследования многие университеты и компании мира, в том числе и в России. Существуют проекты создания системы, объединяющей работу наземных и воздушных

беспилотников, такая система позволит контролировать большие территории и проводить поиск и спасение терпящих бедствие людей в труднодоступных и отдаленных территориях. Наземные беспилотники в Арктике – гусеничные или шнекоротные – будут искать и перевозить пострадавших, в то время как БПЛА – исследовать территорию и создавать карты местности.

Таким образом, в сложных климатогеографических условиях Арктики в борьбе за снижение людских потерь при спасательных работах главная задача – правильными действиями продлить «золотой час» максимально долго, чтобы успеть доставить пострадавшего в медицинское учреждение до того, как наступят необратимые последствия. Сегодня решение данной задачи зависит от выполнения определенных условий, которыми являются:

- а) обеспечение инновационным воздушным транспортом для эвакуации людей;
- б) внедрение в практику оказания первой помощи инновационных медицинских и технологических разработок, сокращающих время оказания помощи и делающей ее более щадящей и доступной для спасателей.

Для поисково-спасательных операций в АЗРФ спасатели должны иметь возможность использовать вертолеты, пригодные не только для доставки техники к месту терпящих бедствия людей, но и для эвакуации пострадавших и, в том числе, травмированных и раненых. Для поддержания жизни во время транспортировки пострадавших спасателями (не медиками) кроме инновационной медицинской укладки в вертолете должен быть минимальный набор средств для перевозки травмированных – ковшовые носилки, спинальная доска, аппарат для искусственной вентиляции легких, АНД и прибор для автоматизированного выполнения закрытого массажа сердца. В то же время согласно опыту проведения поисково-спасательных работ в одном из самых сложных по географии и суровых по климату субъектов АЗРФ – республике Саха (Якутия) – вследствие существующих объективных ограничений использования пилотируемой техники более актуальным как с практической, так и научной точки зрения, представляется развитие беспилотной летательной техники [7].

Масштабность территории Арктической зоны, большие расстояния от позиций базирования спасательных подразделений до мест возможных аварий и несчастных случаев, климатические и сезонные ограничения актуализируют поиск инновационных решений для минимизации времени прибытия на место аварии без риска для спасателей. Перспективным поиском путей повышения оперативности и результативности спасательных работ в АЗРФ представляется не только отслеживание и внедрение существующих инновационных транспортных средств, но и принцип «на опережение» – то есть рассмотрение футуристических предложений и разработок в области техники, применение которой в будущем может стать реальностью. Особое внимание необходимо уделять воздушным видам транспорта, который может быть использован на северных территориях круглый год. С этой точки зрения привлекает внимание концепция применения БПЛА для транспортировки раненых. За рубежом активно обсуждается возможность и ведутся работы по созданию БПЛА-роботов, способных не только доставить на место происшествия необходимое оборудование и средства для оказания первой помощи, но и быть использованными для эвакуации пострадавших с применением необходимых процедур по поддержанию жизни в процессе транспортировки. На рис. 2 представлено транспортное средство будущего – дрон, который предназначен для транспортировки человека и может управляться как по GPS, так и посредством прямого управления. Благодаря небольшому компактному размеру и специальному посадочному устройству, дрон может приземлиться где угодно, а пострадавший может быть загружен на месте аварии и мгновенно отправлен в больницу для дальнейшего лечения.



Рис. 2. Концепт дрона для эвакуации пострадавшего с места происшествия  
[\[http://www.argodesign.com/work/drone-ambulance-argodesign.html\]](http://www.argodesign.com/work/drone-ambulance-argodesign.html)

Компания Urban Aeronautics продемонстрировала в действии БПЛА Cormorant (Баклан), предназначенный для транспортировки раненых. Участие других людей необходимо для погрузки и разгрузки, но пилота на борту Баклана нет [8]. С ранеными, находящимися в сознании, возможна видеосвязь (рис. 3).



Рис. 3. Дрон для эвакуации раненых [8]

Таким образом, совершенствование медицинской подготовки для оказания первой помощи спасателями (не медиками) и оснащение инновационной медицинской укладкой, с одной стороны, и поиск и развитие новых подходов к использованию воздушных и наземных спасательных технологий для поисково-спасательных операций, с другой, представляется важными направлениями в борьбе за снижение людских потерь при чрезвычайных ситуациях и несчастных случаях в АЗРФ.

### Литература

1. Бажуков И.Ф. Оснащение арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России техническими средствами. Проблемы и решения // Общество за безопасность: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций. Вытегра, 2017. С. 134–141.
2. Сравнительная характеристика отечественных и зарубежных средств оказания первой помощи на поле боя и в очаге чрезвычайной ситуации / Ю.В. Мирошниченко [и др.] // Военно-медицинский журнал. 2016. № 9. С. 18–27.

3. Артамонов В.С., Коннова Л.А. Первая помощь в Арктическом регионе: монография. Сер.: Российская Арктика. СПб.: Наука, 2019. Вып. 3. 101 с.
4. Лунин А.Д. Дальневосточный региональный поисково-спасательный отряд МЧС России: этапы становления, взаимодействия со службой медицины катастроф Минздрава России // Медицина катастроф. 2018. № 2 (102). С. 19–21.
5. Амфибии с шасси на воздушной подушке – ключ к Арктике / С.П. Соколянский [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2012. № 1 (5). С. 38–43.
6. Россия возрождает производство экранопланов. URL: <http://ria56.ru/posts/rossiya-vozrozhdaet-proizvodstvo-ekranoplanov.htm> (дата обращения: 09.11.2018).
7. Находкин Н.А., Быков А.Н. Опыт применения БЛА при производстве поисковых работ, воздушного мониторинга лесных и водных объектов в экстремальных физико-географических условиях республики Саха (Якутия) // Общество за безопасность: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций. Авиационные спасательные технологии в обеспечении комплексной системы безопасности в Арктическом регионе. С. 125–132.
8. Испытан дрон для эвакуации раненых. URL: <http://techno.bigmir.net/technology/1601821-Ispytan-dron-dlja-evakuacii-ranenyh> (дата обращения: 22.11.2018).

## **КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**С.В. Саркисов, доктор технических наук, доцент;**

**П.А. Путилин, кандидат технических наук;**

**А.А. Сорокин.**

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

Проведен анализ законодательной базы применительно к системам жизнеобеспечения, к которым относится и система водоснабжения. Представлено два решения задачи по снижению затрат при эксплуатации систем подачи воды. В первую очередь рассмотрен подбор энергоэффективного оборудования. Во-вторых, рассмотрена разработанная методика оптимизации систем водоснабжения с учетом всех затрат за жизненный цикл.

*Ключевые слова:* системы жизнеобеспечения, водоснабжение, энергоэффективность, насос, эксплуатация, ремонт

## **COMPLEX DECISION ON ENHANCING ENERGY EFFICIENCY IN LIFE SUPPORT SYSTEMS**

**S.V. Sarkisov; P.A. Putilin; A.A. Sorokin.**

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

Analyzed of the legislative framework in relation to life support systems which include the water supply system. Two solutions are presented to reduce costs in the operation of water supply systems. First, the selection of energy-efficient equipment. Secondly, the developed



methodology for the optimization of water supply systems is considered, taking into account all the costs per life cycle.

*Keywords:* life support systems, water supply, energy efficiency, pump, exploitation, repairs

Системы жизнеобеспечения, в том числе система водоснабжения, играют значительную роль в поддержании боеготовности оборудования и технических средств, и, соответственно, влияют на обороноспособность вооруженных сил.

Для обеспечения всех потребителей Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ) водой эксплуатируется более 21 тыс. км внешних сетей системы водоснабжения (СВ). Кроме того, работа СВ обеспечивается эксплуатацией свыше 1 700 насосных станций (НС) различного назначения. Насосы НС являются главным потребителем электроэнергии в СВ, они потребляют примерно 50 % электроэнергии, выделенной на эксплуатацию объектов военной инфраструктуры, что соответствует 7 200 000 кВт/ч.

Постоянно возрастающие цены на электричество и другие энергоресурсы во всех странах, в том числе и в России, требуют повышения энергетической эффективности функционирования этих систем. Поэтому увеличение энергоэффективности насосов путем подбора оборудования пониженного энергопотребления, обеспечивающего высокий коэффициент полезного действия (КПД), является весьма актуальной задачей. Кроме того, решение этой задачи косвенно способствует повышению экологической безопасности, снижая количество электроэнергии, которое необходимо произвести для функционирования НС систем жизнеобеспечения.

Но нельзя забывать о том, что работа самого насоса и потребление им электроэнергии в основном зависят от характеристики сети водоснабжения, технического состояния трубопроводов и оборудования, требуемых значений расходов и напоров воды у потребителя. В связи с этим создание СВ повышенной экономической эффективности – это комплексная задача, в которой рассматривается вся система в комплексе. Она включает в себя подбор насосного оборудования, оптимальных схемных решений сети и оптимизацию режимов подачи воды.

С другой стороны, к необходимости создания СВ повышенной экономической эффективности и разработке требований к таким системам обязывают законы Российской Федерации. Безусловно, это относится и в том числе к объектам МО РФ [1, 2].

Современные требования к СВ на законодательном уровне стали формироваться начиная с 2009 г. с принятием Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ФЗ № 261-ФЗ). На этом этапе в соответствии с требованием указанных законов коллективом Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева (ВА МТО) были разработаны «Методические рекомендации по определению потребностей в приборах учета потребления коммунальных ресурсов на объектах военных городков», в последствии утвержденные заместителем Министра обороны Российской Федерации Д.В. Булгаковым.

В 2011 г. был принят Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», который уже предъявлял требования по достижению конкретных целевых показателей по безопасности, энергоэффективности и надежности СВ. И в завершении этого этапа в 2017 г. вступила в силу актуализированная редакция Градостроительного кодекса Российской Федерации, положения которого объединили все перечисленные выше требования федеральных законов, выдвинув на передний план экономическую эффективность проектных решений. Эти требования сводятся к обязательному выполнению технико-экономического сравнения вариантов схемных решений и компоновки оборудования СВ с учетом одновременного обеспечения целевых показателей по надежности, бесперебойности и энергоэффективности.

Однако проведенный литературный анализ показал, что в основных нормативных документах, регламентирующих строительство и реконструкцию объектов военной

инфраструктуры, в том числе специальных, а именно: ВСН 43-78 МО РФ «Нормы строительного проектирования. Фортификационные сооружения специальных объектов вооруженных сил», ВСН 43-88 МО РФ «Нормы строительного проектирования. Специальные фортификационные сооружения», Приказе Министерства обороны РФ № 6 от 9 февраля 1999 г. «Об утверждении руководства по обеспечению живучести защищенных стационарных объектов Вооруженных Сил Российской Федерации и классификации фортификационных сооружений по степени защиты от средств поражения», Приказе Министерства обороны РФ № 30 от 29 мая 2002 г. «Об утверждении руководства по эксплуатации специальных фортификационных сооружений» отсутствуют не только методические рекомендации, стандартизованные методики расчета, формулы, позволяющие выполнять расчеты по обеспечению энергоэффективных режимов, но и само понятие «энергоэффективность» не упоминается. Более того, в главном действующем техническом нормативном документе в области водоснабжения – в новой актуализированной редакции СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», изданном взамен СНиП 2.04.02-84\* – также нет рекомендаций, методик и формул по расчету и выбору оборудования и схем, повышающих энергоэффективность в системах распределения и подачи воды. Все это усложняет создание СВ повышенной экономической эффективности. В связи с этим были проведены исследования и, в том числе натурные эксперименты, анализ которых позволил разработать решения по повышению энергоэффективности систем жизнеобеспечения с учетом требований по показателям надежности и живучести, предъявляемым к объектам военной инфраструктуры [3].

В связи с вышеизложенным, предлагается к внедрению разработанная классификация насосов СВ по энергоэффективности. Разработка классов энергоэффективности насосов также была выполнена в Военном институте (инженерно-техническом) ВА МТО в рамках ФЗ № 261-ФЗ.

В качестве показателя энергоэффективности работы насосов предлагается использовать значение полного КПД, который не учитывает потери в подшипниках и элементах электродвигателя и является одинаковым для любых насосов независимо от их размера и варианта исполнения.

При разработке классификации был проведен анализ существующих решений в данной области, который выявил, что работы в направлении создания единого критерия оценки и классификации энергоэффективности работы насосных агрегатов ведутся, однако законодательно закреплены классы энергоэффективности только для лопастных насосов, используемых для добычи нефти. В основе методик расчета СВ и выбора насосного оборудования, заложенных в действующих технических нормативных документах, которыми пользуются проектировщики, лежат устаревшие принципы. В этих расчетах не рассматриваются такие критерии, как стоимость жизненного цикла, расход электроэнергии, срок полезного использования, а также показатели энергоэффективности насосного оборудования и, конечно, они не рассматривались с точки зрения адаптации их к объектам военно-промышленного комплекса.

В 2011 г. утвержден ГОСТ Р 54413 «Машины электрические вращающиеся», который в качестве показателя энергоэффективности рассматривает номинальный КПД двигателя. В нем для двигателей с номинальной частотой, питающей сети 50 Гц, введены три класса энергоэффективности: нормальный, повышенный и премиум. Для каждого класса введены нормативные значения максимального КПД двигателя. Так как насосы относятся к вращающимся машинам и также характеризуются значением полного КПД, то допускается аналогичный подход к введению классов энергоэффективности.

Для классификации согласно ранее разработанной методике, используя поле характеристик насосов и принятое в качестве показателя энергоэффективности работы насоса значение КПД, определены три класса энергоэффективности насосов: повышенный (К-1), нормальный (К-2) и низкий (К-3) (рис. 1). По графику (рис. 1) или по соответствующим таблицам для данной производительности насоса определяется промежуток, в который попадает полученное значение  $\eta_{max}$ . Насос будет иметь класс энергоэффективности,

соответствующий верхней границе этого промежутка. Выбор насосов более высокого класса энергоэффективности позволит в процессе эксплуатации СВ за счет повышения КПД снизить затраты электроэнергии.

В результате проведенных исследований разработан критерий оценки энергоэффективности и соответствующая ему классификация НС СВ в зависимости от класса защиты. Введены три класса энергоэффективности для всех типов насосов, применяемых в СВ, что позволяет установить нормативные требования к подбору оборудования НС с учетом требований по энергоэффективности значимости объекта.

Предложенная классификация насосов позволит в дальнейшем при повышении требований к энергоэффективности оборудования специальных сооружений вводить регламенты, устанавливающие сроки снятия с эксплуатации насосов, принадлежащих более низким классам, что в конечном итоге приведет к экономии энергоресурсов и повысит функциональную устойчивость.

В связи с многогранностью обозначенного вопроса дополнительно предлагается разработанная методика оптимизации СВ, учитывающая все затраты за жизненный цикл.

Известно, что в соответствии с требованиями законов Российской Федерации с целью бесперебойного обеспечения водой потребителей в населенных пунктах необходимо создавать системы централизованного снабжения водой [4], а на их эксплуатацию требуются значительные материальные затраты, очевидно, что задача по снижению финансовых затрат при одновременном обеспечении потребителей водой требуемого качества является актуальной.

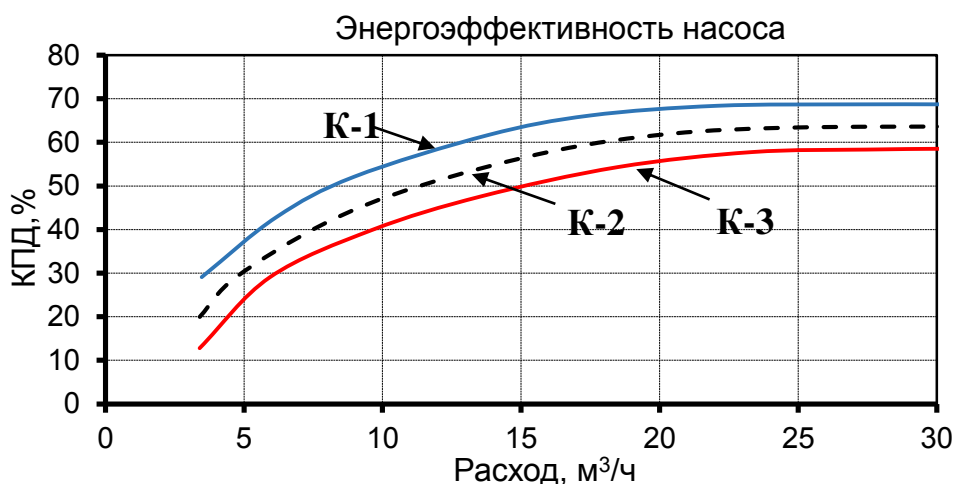


Рис. 1. Пример графика для определения классов энергоэффективности насосов: К-1 – класс энергоэффективности повышенный; К-2 – класс энергоэффективности нормальный; К-3 – класс энергоэффективности низкий

Решению задач по оптимизации СВ посвящены работы многих специалистов, но в большинстве из них в качестве критерия оптимизации приняты только затраты на оплату электроэнергии и ресурсов. В некоторых исследованиях дополнительно рассматривают и операционную деятельность.

Однако в этом случае дополнительно учтены только затраты на сервисное обслуживание, капитальный и текущий ремонты насосного оборудования СВ, а затраты на эксплуатацию водопроводной распределительной сети в этих работах не учитывались [5]. В то же время выполненная оценка структуры затрат на эксплуатацию водопроводных сетей показала, что основными из них являются затраты на восстановление после аварий, интенсивность которых зависит от давления.

После проведения глубокого анализа была разработана методика оптимизации СВ с учетом всех затрат за жизненный цикл, включая затраты на восстановление после аварий

на водопроводных сетях [6]. Этой работе предшествовали исследования по оценке влияния давления в сетях на их аварийность [7].

На примере схемы СВ, представленной на рис. 2, рассмотрим особенности применения разработанной методики оптимизации СВ с учетом напора в распределительных сетях СВ и требуемого напора воды у потребителей, на которую получен патент на изобретение № 2608020 «Способ оптимизации системы водоснабжения».

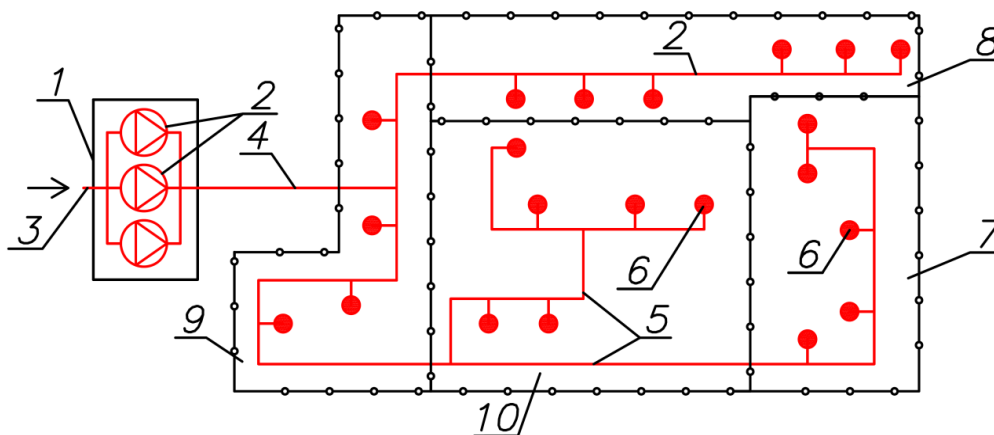


Рис. 2. Система водоснабжения:

1 – насос; 2 – группа насосов; 3 – трубопровод на входе в НС; 4 – трубопровод на выходе из НС; 5 – распределительная сеть; 6 – потребители; 7 – зона № 1 с требуемым напором  $p_1=65$  м вод. ст.; 8 – зона № 2 с требуемым напором  $p_2=45$  м вод. ст.; 9 – зона № 3 с требуемым напором  $p_3=28$  м вод. ст.; 10 – зона № 4 с требуемым напором  $p_4=23$  м вод. ст.

Методика включает в себя семь этапов:

1. Создание гидравлической модели СВ, позволяющей осуществлять моделирование ее работы в динамическом режиме. Для этого применялся программный комплекс MIKE URBAN (DHI). Проведение гидравлического моделирования «нулевого» режима работы сети.

2. В распределительной сети выделяется  $k$  зон с требуемым напором  $p_j$  на входе в  $j$  зону,  $j=1, 2, \dots, k$ , где  $p_1 > p_2, p_2 > p_3, \dots, p_{k-1} > p_k$ . Рассматриваемая в качестве примера система имеет  $k=4$  зоны.

3. Предусматривается снижение требуемого значения напора  $k_1 k_1$  воды на выходе насоса до  $H_1$  из условия обеспечения требуемого напора  $p_2$  потребителей зоны  $j=2$  и определения затрат на эксплуатационное содержание СВ за жизненный цикл. При этом индивидуальная повысительная насосная станция (ИПНС) должна обеспечивать повышение напоров потребителей зоны  $j=1$  с  $p_2$  до  $p_1$ .

4. Повторяется расчет третьего этапа. При этом требуемое значение напоров  $k_1 k_1$  воды на выходе насоса снижается до  $H_2, \dots, H_j, \dots, H_{k-1}$  из условий обеспечения требуемых напоров  $p_{j+1}$  потребителей зоны  $j+1$ , и определяют затраты  $C_j$  на эксплуатационное содержание СВ за жизненный цикл.

5. Производится определение требуемого значения напора  $H_k$   $k_1 k_1$  воды на выходе насоса при условии обеспечения напора  $p_k$  на входе в зону  $k$  и определяют затраты  $C_k$  на эксплуатационное содержание СВ за жизненный цикл. ИПНС должны обеспечивать повышение напоров в зоне  $j$  с  $p_k$  до  $p_j$ .

6. Формируется множество  $u = k+1$  пар значений затрат  $C_u$  на эксплуатационное содержание СВ за жизненный цикл и соответствующих им аргументов – требуемых значений напоров  $H_u$   $k_1 k_1$  воды на выходе насоса, где  $u=0, 1, \dots, k$ . Дополнительно производится

определение функции  $C = f(H)$ , которая в точках  $H_0, H_1, \dots, H_k$  принимает значения, как можно более близкие к значениям  $C_0, C_1, \dots, C_k$ , а заданное значение напора воды на выходе насоса определяется посредством определения напора  $H$ , при котором функция  $C = f(H)$  принимает минимальные значения при  $H_0 \leq H \leq H_k$ .

7. Определяется значение напора воды на выходе из насоса, при котором затраты на эксплуатационное содержание СВ минимальны. Согласно расчетам для рассматриваемой системы оптимальным напором является  $H=48$  м вод. ст., при котором  $C=30,85$  млн руб. (табл.).

Предложенная методика позволяет:

- определять затраты на эксплуатационное содержание СВ при различных значениях напора в распределительных сетях;
- определять наиболее экономически эффективный режим работы СВ с учетом затрат на инвестиционную и операционную деятельность;
- оптимизировать затраты не только на оплату электроэнергии, но и затраты на устранение аварий на сетях СВ, которые зависят и от величины напора.

Таблица. Результаты технико-экономического расчета для рассматриваемого примера

Показатель	Режим работы системы водоснабжения			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Давление на входе в ПНС, мм вод. ст.	8	8	8	8
Давление $H_0$ на выходе из ПНС, мм вод. ст.	69	48	33	27
Давление в диктующей точке, мм вод. ст.	65	45	28	23
Стоимость реконструкции ПНС $C_0^n$ , млн руб.	15	14	13	12
Стоимость внедрения ИПС, млн руб.	0	2,4	4,9	14,4
Стоимость ликвидации аварий $C_0^{TM}$ , млн руб.	8,607	8,308	6,711	5,347
Стоимость электроэнергии, руб./сут	3432,12	1020,17	1914	2211
Чистый дисконтированный расход за жизненный цикл, млн руб.	38,55	30,85	34,01	42,24

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что вопросы повышения энергоэффективности СВ необходимо решать, используя комплекс методик. Определено, что, применяя для подбора оборудования разработанную классификацию, возможно снизить энергопотребление на 18 %, а методика оптимизации СВ позволяет снизить эксплуатационные расходы на 15 %. Совместное использование отдельных технологий энерго- и ресурсосбережения делает значительный вклад в энергоэффективность системы в целом.

### Литература

1. Булат Р.Е., Анисимов Ю.П., Вакуненко В.А. Модернизации объектов коммунального назначения Министерства обороны Российской Федерации // Современное состояние эксплуатационного содержания казарменно-жилищного фонда Министерства обороны России и инновационные пути перспектив его развития: сб. докладов «круглого стола». 2018. С. 19–27.
2. Булат Р.Е., Саркисов С.В., Вакуненко В.А. Повышение эффективности функционирования жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации // Военный инженер. 2018. № 4 (10). С. 32–39.
3. Вакуненко В.А., Жуков Л.В. К вопросу разработки новых конструктивно-технологических решений специальных фортификационных сооружений МО РФ // Строительные и дорожные машины. 2017. № 1. С. 54–56.
4. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 13.02.2019).

5. Игнатчик В.С., Саркисов С.В., Обвинцев В.А. Исследование коэффициентов часовой неравномерности водопотребления // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 2 (70). С. 27–39.

6. Методика оптимизации зональных систем водоснабжения / Ф.В. Кармазинов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 2. С. 64–70.

7. Саркисов С.В., Путилин П.А., Валуйский В.А. Определение закономерностей изменения параметрических характеристик, а также вероятностных и технологических показателей функционирования системы водоснабжения // Инновации в современном мире: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 25–28.

## **КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В МОРСКОЙ ВОДЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ**

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

Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с конструкцией и применением погружных электрических машин в морской среде на буровых установках и платформах. Изложен ряд конструктивных особенностей и недостатков погружных электродвигателей.

*Ключевые слова:* Арктическая зона, погружные электрические машины, погружные электрические двигатели, сопротивление изоляции, роторы и статоры двигателей

## **THE DESIGN AND APPLICATION OF SUBMERSIBLE ELECTRIC MACHINES IN THE SEA WATER OF THE ARCTIC ZONE**

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

The article is devoted to the consideration of issues related to the design and use of submersible electric machines in the marine environment on drilling rigs and platforms. The article presents a number of design features and disadvantages of submersible motors.

*Keywords:* Arctic zone, submersible electric machines, submersible electric motors, insulation resistance, rotors and motor stators

Арктика в условиях глобализации приобретает все большую роль в политике и экономике, а Арктическая зона становится ареной противостояния во взаимоотношениях нашей страны с зарубежными странами. Арктическая зона занимает третью часть территории Российской Федерации. На этой территории сосредоточено около 80 % водных ресурсов страны и запасов всех полезных ископаемых. Большая часть Арктической зоны страны носит локальный характер промышленного освоения территорий. Особенностью данной территории является то, что в Арктике низкая плотность населения и на ней проживает всего 1,7 % населения Российской Федерации. При этом в северных районах производится почти 12 % валового внутреннего продукта. Около 30 % составляет национальный экспорт Арктической зоны. В северном регионе по данным статистики производится: 60 % меди, 96 % металлов платиновой группы, 90 % кобальта, извлекается около 70 % углеводородов. Прогнозные ресурсы данных видов сырья при этом в регионах Арктики превышают 70–90 % от общероссийских показателей. Кроме того, морской арктический шельф можно рассматривать как стратегический резерв укрепления безопасности страны, потому что он обладает огромными минерально-



сырьевыми запасами и ресурсами. Поэтому стратегическими целями нашей страны в данном регионе являются освоение месторождений и развитие транспортной инфраструктуры Арктики, обеспечение экологической безопасности и защита населения [1].

В Российской Федерации и за рубежом в настоящее время нашли широкое практическое применение герметичные маслозаполненные погружные электрические машины (ПЭМ) в качестве приводов насосов, лебедок, антенн, а также для привода морских буровых устройств и привода разного рода механизмов добычных морских устройств (ДМУ) при добыче, поиске, разработке и транспортировке полезных ископаемых со дна Мирового океана. Технические решения, положенные в основу конструкции ПЭМ, предусматривают три варианта исполнения:

1. Закрытое, или герметичное. В них внутренние полости двигателя, как правило, заполнены жидким диэлектриком, к которому относится трансформаторное масло, керосин и другие или малоагрессивной пресной водой с определенным водородным показателем рН, которые служат, в свою очередь, для компенсации противодействия, а также своего рода изоляцией от внешней морской воды внутренних активных частей электродвигателя, охлаждения и смазки подшипников.

Для исключения попадания морской воды в полость двигателя при работе на приводном валу устанавливается одно или двухкаскадное торцовое уплотнение, состоящее из неподвижного кольца, закрепленного на корпусе и вращающейся втулки, напрессованной на конец вала. Соприкасающиеся торцовые трущиеся поверхности имеют высокий класс обработки, а неподвижная часть (кольцо) – подпорные пружины для выбора перекоса во время вращения вала.

Для компенсации увеличения объема заполненной жидкости при нагреве, а также его уменьшения при охлаждении и утечки используются мембранные резиновые компенсаторы, которые при колебаниях объема жидкости легко меняют свое местоположение в пространстве, поддерживая избыточное давление, близкое к нулю. Эти системы в связи с этим часто называют разгруженными [2].

2. Экранированное, при котором обмотка статора с пакетом железа и бочка ротора закрыты экраном, предохраняющем от соприкосновения активные части ротора и статора с морской водой. Такие машины иногда называют «гильзованными». При этом статорную полость заливают диэлектрической жидкостью и устанавливают мембранный компенсатор для вышеуказанных целей, через подшипники и по зазору между ротором и статором проходит морская вода.

3. Открытое, при котором все внутренние полости охлаждаются морской водой, в том числе обмотки и электротехническое железо статора и ротора, вал, подшипники и т.д.

В России и за рубежом широкое применение получили ПЭМ первого и второго вида.

ПЭМ третьего вида находится в стадии разработки и внедрения, цель которых заключается в работе непосредственно в морской воде, не нарушая ее экологии, то есть не загрязняя ее нефтепродуктами.

Известны в настоящее время погружные электродвигатели (ПЭД) различных конструкций первого и второго вида. В технических решениях фирм «Потенциал», «Электросила» и др. разработаны конструкции электродвигателей, содержащие герметизированный корпус, статор, ротор, торцовое уплотнение конца вала, компенсирующее устройство противодействия и температурного расширения заполнителя, внутренняя полость заполнена жидким диэлектриком-керосином или трансформаторным маслом. В некоторых погружных электродвигателях вертикального исполнения трансформаторное масло прогоняется через теплообменник, расположенный в нижней части электродвигателя для лучшей подачи тепла в окружающую среду.

В ряде конструкций ПЭД полость электродвигателя заполняется магнитной жидкостью (МЖ) на основе керосина и используются торцовые уплотнения с использованием той же МЖ и кольцевых постоянных магнитов.

Конструкция водонаполненных ПЭД конструкторского бюро «Потенциал», например, по составу элементов аналогична маслозаполненным ПЭД, только полость статора заполняется малоагрессивной пресной водой с нейтральным водородным показателем  $pH=7-8$ . В воду ПЭД иногда вводится полиакриламид в количестве 0,01–1,0 % от массы воды для снижения температуры замерзания до  $-15^{\circ}C$  [3].

Известен также комбинированный электродвигатель – гребной винт, в котором совмещены винт-гребной и синхронный электродвигатель с постоянными магнитами на роторе. Гребной винт насажен на вал, лопасти винта охвачены бандажом, в котором размещены постоянные магниты, закрытые антикоррозионным экраном. Статор вмонтирован в насадку, полость которой герметична и заполнена трансформаторным маслом. Токосвод к статорной обмотке осуществляется силовым кабелем через герметичный сальник. В случае разгерметизации сальника происходит утечка масла из полости статора, а вместо нее поступит морская вода, вследствие чего сопротивление изоляции обмотки резко снизится и электродвигатель выйдет из строя.

Конструкция ПЭМ открытого исполнения должна позволять применять их в качестве приводов гребных винтов, активных рулей, подруливающих устройств, насосов и других забортных механизмов глубоководных подводных аппаратов (ГПА), на неограниченной глубине погружения в морской воде с любой химической активностью, соленостью с большой промилле, при наличии в ней биоорганизмов, заиления и других, взвешенных органических и неорганических частиц, которые находятся в коллоидном состоянии, а также наличии разного рода хлоридов, дисульфидов, сероводорода, борной кислоты и т.д.

Электрические машины являются экологически чистыми, высоконадежными, с низкими массогабаритными характеристиками и высокими энергетическими показателями. По конструктивному исполнению для приводов мощных механизмов ПЭМ выполняются с короткозамкнутым ротором или с массивным ротором с гильзой на его поверхности. Эти машины можно применять для любых агрессивных сред с химической активностью, равной или меньшей, чем у морской воды.

Однако ПЭД имеют ряд общих недостатков:

- конструктивная сложность и ограниченность характеристик погружения;
- полная гарантия работы узла уплотнения не обеспечивается, а при нарушении герметичности морская вода попадает внутрь электродвигателя. При этом двигатель выходит из строя из-за коррозии химического, биологического и электрохимического характера. Система твердой изоляции обмоток в маслозаполненном исполнении работоспособна при обводнении масла до 0,1 %. При попадании морской воды в полость двигателя в водозаполненном исполнении выходят из строя металлорезиновые подшипники, электротехническая сталь, обмотка и др.;

- во всех ПЭД асинхронного типа применяют трехфазные петлевые обмотки, которые выполняются либо всыпными, или из шаблонных катушек. Катушечные соединения в параллельные ветви, соединения «Звезда» или «Треугольник» производят в лобовых частях, что является основной причиной снижения сопротивления изоляции в этих местах и выхода из строя обмотки при обводнении статора морской водой;

- во всех маслозаполненных ПЭД в случае нарушения герметизации на поверхности воды появляются масляные пятна в виде тонких пленок, закрывающих доступ кислорода и солнечного света в верхние слои морской воды, которые обеспечивают фотосинтез – основу жизни биоорганизмов. Иными словами, попадание нефтяных масел в морскую воду ведет к нарушению экологического равновесия окружающей среды, к гибели жизни в морской воде;

- в варианте экранирования увеличиваются потери от вихревых токов в гильзе, а, следовательно, увеличивается эквивалентный немагнитный зазор, что влечет за собой снижение коэффициента полезного действия двигателя, коэффициента его мощности, уменьшение пускового момента и в итоге снижение энергетических показателей и характеристик. В силу этого и сложности изготовления гильзы данный вариант исполнения ПЭД нашел применение в машинах малой мощности;

– герметизация, наличие жидкого диэлектрика, уплотнений, экранируемых гильз значительно увеличивает массогабаритные характеристики машин;

– экранированное и капсулированное в различных компаундах исполнение статорной обмотки делают ПЭД неремонтопригодными, и в случае поломки обмотки статора он не ремонтируется, а изготавливается новый;

– применяемые торцовые уплотнения и металлографитовые подшипники восприимчивы к резким ударам и повышенным механическим отклонениям и возмущениям.

Указанные недостатки устраняются в ПЭМ открытого исполнения, над которыми в настоящее время ведется работа.

Актуальным в настоящее время становится вопрос о производственно-хозяйственном и социально-экономическом развитии северных территорий государства и населения в их неразрывной связи с решением системной проблемы комплексной безопасности. Оптимальным решением проблем и задач создания эффективной системы противодействия новым рискам чрезвычайных ситуаций является осуществление и реализация намеченных планов по обеспечению безопасности.

Применение же на буровых устройствах и платформах Арктической зоны нового рода ПЭМ с более высокими техническими характеристиками и возможностями будет способствовать обеспечению экологической безопасности региона и Арктической морской зоны в целом [4].

### **Литература**

1. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в Арктике: Междунар. науч.-практ. конф. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009.
2. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и создание комплексных аварийно-спасательных центров в Арктике: Международная научно-практическая конференция. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012.
3. Молчанов В.П., Соколов Ю.И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011.
4. Управление информации МЧС России. Арктика: под звездой МЧС // Спасатель. 2012. Вып. № 34 (371).



---

---

# ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

---

## ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЕТЕНЦИИ ИНСПЕКТОРА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА В ОБЛАСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО НЕДОПУЩЕНИЮ ДАЛЬНЕЙШИХ НАРУШЕНИЙ

**О.С. Юнцова, кандидат педагогических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

В статье сделан акцент на одной из основных функций инспектора государственного пожарного надзора, а именно профилактике. Рассмотрен вопрос предупреждения нарушений в области пожарной безопасности путем проведения профилактических работ.

*Ключевые слова:* инспектор государственного пожарного надзора, проверка, жалоба, административное расследование, профилактическая компетенция

## PROBLEMATIC ASPECTS OF THE COMPETENCE OF THE INSPECTOR OF STATE FIRE SUPERVISION IN THE IMPLEMENTATION OF PREVENTIVE MEASURES TO PREVENT FURTHER VIOLATIONS

O.S. Yuntsova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article focuses on one of the main functions of the inspector of the state fire supervision, namely prevention. The question of prevention of violations in the field of fire safety by carrying out preventive works is considered.

*Keywords:* inspector of state fire supervision, inspection, complaint, administrative investigation, preventive competence

Динамичное развитие законодательства Российской Федерации обязывает приспосабливаться к изменяющимся условиям положений нормативно-правовых актов. Регулирование важных общественных отношений в области обеспечения пожарной безопасности закреплено в законе, который обладает высшей юридической силой по сравнению с другими нормативно-правовыми актами, – Конституции Российской Федерации (Конституция), тем самым являясь одной из первостепенных задач государства.

В данной области за последние годы накопилось много правовых проблем, которые требуют глубокого анализа и поиска наиболее оптимальных путей решения, а, может быть, впоследствии – пересмотра законодательства для сведения норм в единое правовое русло для их наибольшей эффективности.

В нашей стране Конституцией закреплено право каждого обращаться в органы государственной власти и в органы местного самоуправления за защитой своих нарушенных прав и законных интересов путем подачи жалобы [1].

Федеральный закон от 2 мая 2006 г. № 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации» устанавливает порядок рассмотрения жалоб и обращений граждан в исполнительных органах на всех уровнях. Данный нормативно-правовой акт гарантирует и развивает установленные Конституцией положения.

Объективно рассмотреть все обстоятельства, изложенные в жалобе, инспекторы пожарного надзора имеют возможность, опираясь на Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля», а при поступлении жалобы в отношении физических лиц – на правила, предусмотренные Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях (КоАП РФ) [2, 3].

Определенные проблемы, которые впоследствии влекут за собой неэффективность предпринятых ранее мер, возникают, как правило, на этапе восстановления допущенных нарушений прав и законных интересов граждан. Так же, забегая вперед, влекут за собой путаницу в различных видах надзора, так как единая система надзоров согласно Приказу МЧС России от 29 декабря 2006 г. № 804 «О Концепции создания единой системы государственных надзоров в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» (Приказ МЧС России от 29 декабря 2006 г. № 804) строится на базе государственного пожарного надзора (ГПН), он как бы является краеугольным камнем в системе общих надзоров, но в каждом отдельном надзоре существуют свои тонкости, которые совсем не позволяют сделать вывод о ее «единстве» [4].

Принятые к производству жалобы инспектором ГПН уже содержат в себе практически все сведения о наличии таких административных правонарушений, ответственность за которые вытекает из положений КоАП РФ. Исходя из сведений, которые инспектор получает из жалобы, которую он обязан принять и рассмотреть, возбуждается дело об административном правонарушении с проведением расследования.

Здесь возникает некоторое расхождение действий инспектора, которые предписаны ему законом, а именно: существенное отличие при проверке сведений, изложенных в жалобе в рамках административного расследования, которое заканчивается только применением мер административного воздействия. Последующего контроля со стороны инспектора ГПН не следует. Ликвидация способствовавших административному правонарушению причин не происходит, не создаются условия и для их предупреждения. А именно – устранение причин и условий, которые могут повлиять на будущие нарушения, являются одними из основополагающих мероприятий в профилактической деятельности инспектора ГПН.

Даже если спроектировать ситуацию таким образом, что ввиду своего высокого профессионализма и чувства долга инспектор хочет проконтролировать меры, которые были предприняты для реализации исполнения представления, то закон прямой возможности должностному лицу не предписывает, что само по себе уже обречено стать неэффективной мерой. На взгляд автора, нормы, которые регулируют такие общественные отношения, как обеспечение безопасности в различных сферах, должны рождать взаимные права и обязанности у субъектов, которые участвуют в этих правоотношениях. Другими словами, все действия, которые производит инспектор ГПН для надлежащего обеспечения исполнения своей функции, рождают у него как права, так и обязанности. Следовательно, и для второго субъекта этих общественных отношений должны быть предусмотрены права и обязанности, которые подлежат исполнению.

Анализ норм КоАП РФ, которые регулируют меры по обеспечению исполнений представлений, в частности ст. 19.6, показывает всю превентивность мер административного воздействия в рамках административного расследования, а это, в свою очередь, только подтверждает низкую эффективность профилактических мероприятий и по большому счету не дает возможности инспектору ГПН в полном и желаемом объеме выполнять свои функциональные обязанности.

Анализ диспозиции ст. 24.1 позволяет определить средства решения задач административного производства:

- 1) Выяснить четкие обстоятельства каждого дела.
- 2) Обеспечить разрешение дела согласно действующему законодательству.
- 3) Обеспечить выполнение предписанных в постановлении мероприятий.
- 4) Раскрыть благоприятствующие совершению правонарушения причины и условия, оформив их в представлении.

Но именно сведения о реквизитах представления никак не конкретизированы в должной мере в КоАП РФ.

На основе всего вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что указанный нормативный акт требует раскрытия и конкретизации действующих норм для полного и всестороннего анализа исполнения функции государственного контроля, а так же достижения эффективности всех мероприятий, проводимых инспекторами ГПН. Многие авторы утверждают, что институт административной ответственности достаточно интенсивно реформируется, но нужно поставить вопрос о том, происходит ли в процессе данных изменений достижение главной цели – воспитание лица, совершившего административное правонарушение, а также пресечение совершения новых нарушений, которые ставят под угрозу законные права и интересы гражданина, общества и государства.

Возвращаясь к теме о «единстве» государственных надзоров в области обеспечения пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций, нужно отметить, что достаточно давно существует документ, о котором уже упоминалось ранее, а именно – Приказ МЧС России от 29 декабря 2006 г. № 804, регламентирующий создание новой структуры для решения рассмотренных выше задач (рисунок).



Рис. Структура единой системы государственных надзоров (ЕСГН)

Создание ЕСГН в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций существенно облегчит правовое регулирование надзорных органов МЧС России. На взгляд автора, для воплощения данной концепции потребуется пересмотр нормативно-правового регулирования каждого из надзоров с последующим сведением к одному административному регламенту, который позволит четко определить полномочия инспектора надзора, расширит его компетенцию независимо от области обеспечения безопасности, а в перспективе позволит создать единый контрольно-

надзорный орган. Абсолютно все положения Единого административного регламента должны относиться к инспекторам надзора всех областей обеспечения безопасности, а согласно новой структуре, представленной выше, иметь четкие пункты, которые регулируют взаимодействие Единой системы надзоров в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций с экспертными подразделениями, ведь это так же является немаловажным моментом в достижении главных целей осуществления государственного надзора, одной из которых, как говорилось выше, является профилактика всех нарушений [5].

Предполагается, что в процессе пересмотра отдельных положений КоАП РФ, административных регламентов, регулирующих деятельность инспекторов ГПН, получится добиться создания системы профилактической компетенции государственного инспектора пожарного надзора МЧС России. Ведь, как известно, пожар легче предотвратить, чем ликвидировать.

### **Литература**

1. О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации: Федер. закон от 2 мая 2006 г. № 59-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федер. закон от 26 дек. 2008 г. № 294-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: Федер. закон от 30 дек. 2001 г. № 195-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. О Концепции создания единой системы государственных надзоров в области пожарной безопасности, гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: Приказ МЧС России от 29 дек. 2006 г. № 804. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. Антипов Е.Г. Профилактическая компетенция инспектора по государственному пожарному надзору МЧС России: актуальные проблемы и пути их совершенствования // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2015. № 4.

## **ТЕНДЕНЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОСТИ**

**Д.Е. Завьялов, кандидат технических наук;**

**О.В. Войтенок, кандидат технических наук, доцент;**

**А.Е. Савенкова, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Данная работа посвящена анализу тенденций обеспечения пожарной безопасности в современной России: разделение ответственности за пожарную безопасность между различными уровнями государственного управления; расширение функций противопожарной службы в рамках отдельных субъектов Российской Федерации; модернизация средств пожаротушения за счет субъектов Российской Федерации и госбюджета; изменение законодательной базы; информатизация и цифровизация средств пожаротушения. Описаны принципы разграничения полномочий в области пожарной безопасности между органами местного самоуправления, управления субъектов Российской Федерации и федеральными органами управления.

*Ключевые слова:* многофункциональная пожарно-спасательная служба, Государственная противопожарная служба, законодательная база работы Государственной противопожарной службы, двухуровневая система реагирования, добровольная пожарная охрана, технический и административный регламенты, пожарная робототехника, установка автоматического пожаротушения

## TRENDS IN ENSURING FIRE SAFETY OF PROTECTION OBJECTS IN THE CONDITIONS OF MODERNITY

D.E. Zavyalov; O.V. Voytenok; A.E. Savenkova.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This paper is devoted to the analysis of trends in fire safety in modern Russia: the division of responsibility for fire safety between different levels of government; the expansion of the functions of the fire service in the framework of individual subjects of the Russian Federation; modernization of fire extinguishing equipment at the expense of the subjects of the Russian Federation and the state budget; changes in the legal framework; informatization and digitalization of fire extinguishing equipment. The principles of the division of powers in the field of fire safety between the bodies of local self-government, the administration of the subjects of the Russian Federation and the federal authorities are described.

*Keywords:* multifunctional fire and rescue service, State fire service, legislative framework of the work of State fire service, two-tier response system, volunteer fire protection, technical and administrative regulations, fire robotics, installation of automatic fire extinguishing

В последнее десятилетие в развитии технологий и методов обеспечения пожарной безопасности России отмечается достаточно позитивный факт: пожарное оборудование и техника российского производства все чаще привлекает к себе внимание на международных выставках, собирая положительные отзывы ведущих специалистов. В условиях современности, России приходится уделять значительное внимание решению проблем, связанных с пожаротушением, что во многом связано с ландшафтными, климатическими и иными особенностями страны. Так, если во многих других странах работа пожарной техники протекает в более или менее цивилизованных условиях, то российским пожарным зачастую приходится работать на абсолютно не приспособленных площадках, вдали от водоисточников и на пересеченной местности.

Однако с начала XXI в. в России проблема тушения пожаров обрела новый вектор развития, что связано с интенсивной работой над ее решением со стороны правительства. Так, с 2003 г. удалось добиться значительного сокращения количества пожаров, что наглядно отображает рис. 1.

Вместе с тем значительно снизилось число погибших и пострадавших в пожаре людей, а спасенных, напротив, заметно увеличилось (рис. 2) [1].

В рамках данных положительных изменений следует выделить несколько основных тенденций в обеспечении пожарной безопасности объектов защиты. Во-первых, изменения последнего десятка лет касаются порядка организации противопожарной службы. Так, одной из тенденций современной противопожарной службы является разграничение полномочий между органами местного самоуправления, управления субъектов Российской Федерации и федеральными органами управления. Данный процесс разделения ответственности за пожарную безопасность между различными уровнями государственного управления нельзя назвать абсолютно новым, однако совершенствование механизма работы органов управления активно ведется и в настоящий момент.



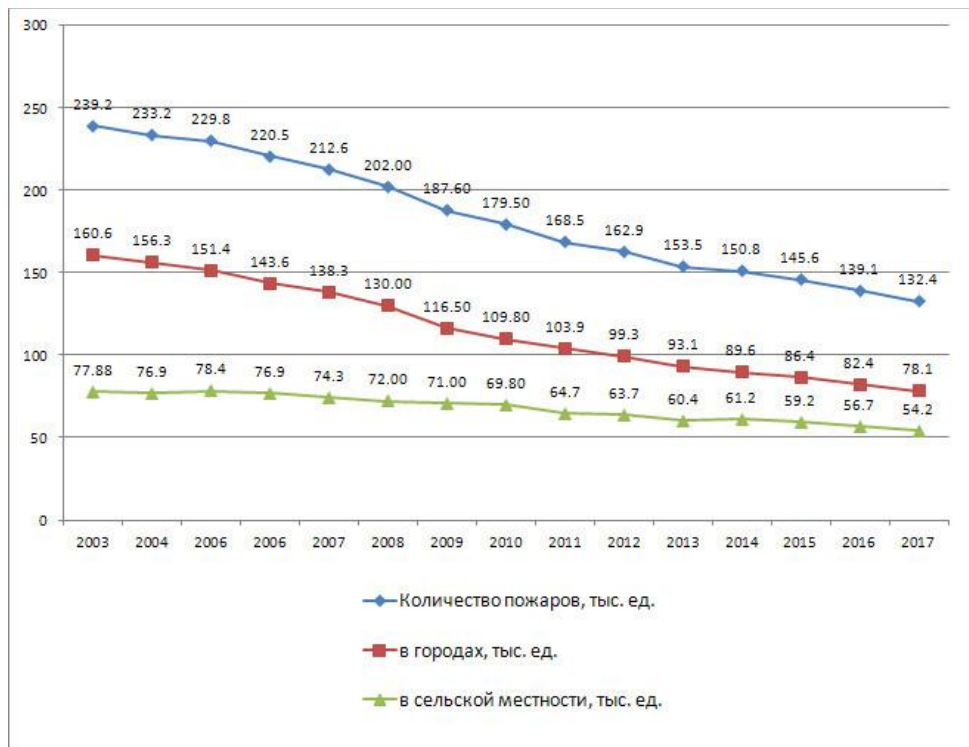


Рис. 1. Динамика количества пожаров на территории Российской Федерации за период 2003–2017 гг.

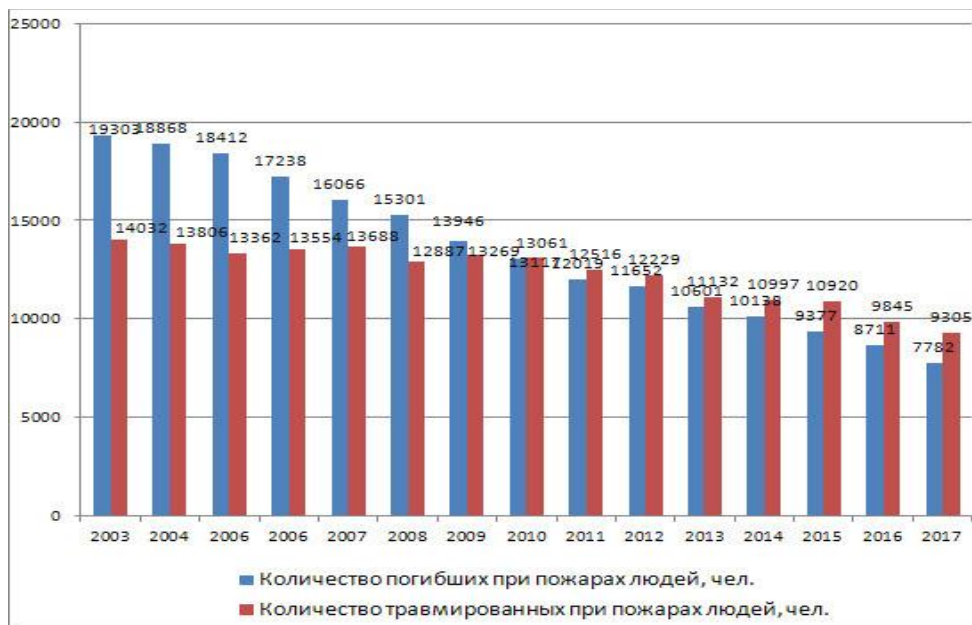


Рис. 2. Динамика количества погибших и травмированных людей в пожаре

Иной тенденцией является расширение функций противопожарной службы субъектов Российской Федерации. Данные изменения в первую очередь касаются функциональной сферы противопожарной службы, ее организационных форм и строения. В последние годы особенно часто в нормативно-правовых актах стал фигурировать термин «многофункциональная пожарно-спасательная служба». К базовым функциям таковой службы следует отнести следующие:

- тушение пожаров;
- оказание первой доврачебной помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях (ЧС) и больным, а также организация их транспортировки к месту оказания врачебной помощи;

- реализация сложного технического спасания;
- ликвидация специфических аварий;
- осуществление в зонах ЧС первоочередных аварийно-спасательных работ;
- выполнение сложных технических работ [2, с. 56].

Кроме того, в последние годы приведенный перечень функций в значительной мере расширяется за счет оказания первой медицинской и технической помощи, а также за счет выполнения сложных спасательных работ, специфика которых во многом вторит основным функциям оперативных подразделений Государственной противопожарной службы (ГПС). В качестве примеров функций, дополняющих деятельность противопожарной службы, можно привести участие в ликвидации затопления сооружений и зданий, дорожно-транспортных происшествий и т.д.

Сегодня эта тенденция обнаруживается во многих развитых странах мира (США, Япония, ФРГ, Франция), в которых противопожарная служба давно обрела вид многофункциональной аварийно-спасательной службы, сохранившей свое историческое название. В этих странах вызовы на пожар всегда наделяются наивысшим приоритетом в обслуживании, по сравнению с иными типами вызовов. Данная тенденция приобретает свои очертания и в российской сфере обеспечения безопасности.

Следующей тенденцией развития современной российской противопожарной службы является ее модернизация не только за счет средств федерального бюджета Российской Федерации, но и бюджета субъектов. Так, в последние годы было приобретено более тысячи пожарных автомобилей. В то же время за счет средств бюджетов субъектов было куплено в полтора раза больше основных и специальных пожарных автомобилей [3, с. 1 063].

Следующая тенденция заключается в изменениях законодательной базы обеспечения деятельности ГПС. В последнее десятилетие в МЧС России происходят серьезные структурные изменения, касающиеся организации деятельности пожарно-спасательных сил, главной целью которых является оптимизация использования имеющихся ресурсов и улучшение эффективности управления подразделениями.

Такого рода реформирование вызвано реализацией указа Президента Российской Федерации от 9 ноября 2001 г. № 1309 «О совершенствовании государственного управления в области пожарной безопасности», в соответствии с которым МЧС России необходимо было объединить с силами и средствами ГПС. Итогом данного слияния явилось создание единой пожарно-спасательной службы, которая состоит из рационально размещенных по всей территории страны спасательных центров, а также организаций и учреждений, обеспечивающих их деятельность.

Для решения задач, связанных с обеспечением безопасности страны работа пожарной службы была реструктурирована, на замену старой системе реагирования пришла новая двухуровневая:

- 1) федеральный уровень, который представлен силами федерального подчинения и центральным аппаратом;
- 2) территориальный, представленный силами территориального подчинения и местными органами управления.

Сегодня особое внимание правительства обращено на стимулирование роста добровольной пожарной охраны. В Российской Федерации насчитывается более ста тысяч населенных пунктов, находящихся вне радиуса выезда пожарных. В это же время статистика указывает на то, что в последние годы реагирование добровольных дружин на пожары снизилось в пятнадцать раз [3, с. 1 064].

Кроме того, правительственной комиссией разрабатываются различного рода рекомендации. В качестве примера может послужить Административный регламент по исполнению государственных функций по надзору за выполнением требований пожарной безопасности.

Одно из основных направлений снятия административных барьеров – это профилактика правонарушений, которые связаны с исполнением обязанностей инспекторским служебным

составом. Для этого сегодня активно расширяются сети так называемых «телефонов доверия» как в рамках центрального аппарата, так и в субъектах Российской Федерации.

В последние годы правительством ведется активная реформаторская деятельность над техническим регламентом работы пожарной службы. Сегодня главные задачи, которые стоят перед исполнителями государственных функций по надзору за выполнением требований пожарной безопасности, в соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ № 123-ФЗ), который вступил в силу с последними изменениями и дополнениями в июле 2018 г., имеют следующий вид:

- обеспечение комплексной пожарной безопасности объектов защиты: имущество юридических и физических лиц или государственное и муниципальное имущество;
- упрощение и систематизация комплекса нормативных документов по пожарной безопасности – их обобщение в едином законодательном акте;
- внедрение системы нормирования, основанной на современных методиках оценки пожарного риска;
- выработка действенных мер, обеспечивающих рост персональной ответственности состава пожарной службы;
- оптимизация совокупности требований, которые предъявляются к пожарной безопасности;
- установка к различным видам объектов защиты минимально необходимых требований пожарной безопасности;
- установка к пожарно-технической продукции и продукции общего назначения общих требований пожарной безопасности [4, с. 15].

На территории Российской Федерации в соответствии с последними дополнениями ФЗ № 123-ФЗ действует ряд требований к обеспечению пожарной безопасности:

- при работе с продукцией общего назначения;
- при планировании строительства поселений и городских округов;
- при использовании пожарной техники;
- при проектировании и последующем строительстве зданий;
- при надзоре за производственными объектами.

Расширение функций ГПС, а также ответственности и полномочий муниципальных образований, о которых шла речь ранее, также находят свое отражение в обновленной версии ФЗ № 123-ФЗ, которым устанавливаются первичные меры пожарной безопасности:

1) разработка и дальнейшее осуществление мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов муниципальной собственности, которые должны быть включены в соответствующие программы и планы. К таковым программам можно отнести комплекс мер, направленных на обеспечение и поддержание надлежащего состояния источников водоснабжения и средств обеспечения пожарной безопасности;

2) реализация органами местного самоуправления полномочий по решению вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности муниципальных образований;

3) разработка и организация выполнения муниципальных целевых программ, направленных на решение вопросов обеспечения пожарной безопасности;

4) создание в рамках территории муниципального образования плана по привлечению средств и сил для тушения пожаров, а также проведения аварийно-спасательных работ;

5) организация условий для беспрепятственного проезда к месту пожара пожарной техники;

6) установление на территории муниципального образования особого противопожарного режима и дополнительных мер пожарной безопасности, требующих реализации на время его действия;

7) обеспечение работы систем оповещения и связи с населением;

8) экономическое и социальное стимулирование участия организаций и граждан в добровольной пожарной охране;

9) организация обучения населения муниципального образования мерам пожарной безопасности [5].

По оценке специалистов, ФЗ № 123-ФЗ были определены абсолютно новые подходы в области пожарной безопасности, обеспечивающие защиту людей от пожаров на достаточно высоком уровне. К числу наиболее прогрессивных нововведений необходимо отнести следующие:

– установлены новые требования ко времени оперативного реагирования на сообщение о пожаре. В частности, уточнены нормативы прибытия первого подразделения после сообщения о пожаре: для городской местности – до 10 мин, для сельской – до 20 мин;

– дополнены формы оценки соответствия требованиям пожарной безопасности объектов защиты: аудитом пожарной безопасности или независимая оценка пожарного риска и декларирование пожарной безопасности;

– введены требования и критерии для оценки пожарного риска, которые получили свое выражение в числовом формате, что позволяет более точно определить достаточность или недостаточность принимаемых мер по обеспечению пожарной безопасности [6, с. 30].

Обобщая результаты реформаторской деятельности правительства в области изменения законодательной базы обеспечения пожарной безопасности, следует сказать, что закрепление и исполнение описанных выше нововведений требует существенных изменений в порядке размещения пожарных депо, организации дорожного движения и, что самое важное – в воспитании у водителей автотранспорта культуры безопасности для обеспечения проезда пожарных машин.

Плановая и целенаправленная работа над правовым полем деятельности ГПС ведется правительством постоянно – в закон вносятся изменения, которые систематизируют и уточняют понятийный аппарат, что позволяет снять одно из главных противоречий нормативно-правовых документов по пожарной безопасности современности – различную трактовку положений.

Следующая и наиболее отчетливая современная тенденция в обеспечении пожарной безопасности заключается в совершенствовании, информатизации и цифровизации средств пожаротушения.

Сегодня российские инженеры ведут работу над усовершенствованием модульно-контейнерных, многофункциональных пожарно-технических автомобилей, а также высотно-спасательных машин. Также без внимания не остаются инструменты, которые предназначены для защиты и спасения людей (радиационно-защитные комплекты, спасательное снаряжение, одежда пожарных, самоспасатели).

Активное развитие современных технологий в значительной мере коснулось и сферы пожаротушения – каждый год служба пожаротушения обновляет свой технический потенциал специализированной техникой. Так, сегодня большое значение отводится разработке и производству «умной» роботизированной техники, которая позволяет сэкономить время тушения пожара и человеческие силы. У роботизированной техники есть целый ряд преимуществ, однако главное из них – эффективность локализации и ликвидации возгорания при обеспечении безопасности самих пожарных.

Разработка робототехники и ее внедрение в практическую сферу деятельности МЧС России начались в начале XXI в. Основное внимание специалистов в это время было направлено на разработку и производство роботизированных комплексов. Так, в числе первых был создан робототехнический мобильный комплекс, основное предназначение которого заключалось в тушении пожаров при помощи пены. Главная особенность данного комплекса в том, что подача пены осуществлялась дистанционно.

В дальнейшем робототехнический мобильный комплекс модифицировался, приобретая более прогрессивные функции, в частности, были созданы модели, способные обеспечить тушение пожара под водой и в воздухе. Настоящим прорывом в области пожаротушения стало создание «Умного Пожарного», наделенного следующим рядом возможностей:

- круглосуточный контроль обстановки;
- мониторинг пожарной ситуации;

- ликвидация возгорания;
- проливка конструкций после тушения;
- эвакуация людей.

Сегодня активно применяются беспилотные, воздушные, подводные дистанционно управляемые пожарные роботы. Современные комплексы тушения пожаров наделены функцией контроля расхода огнетушащего вещества: воды, водопенного раствора, порошка и т.д.

Главным преимуществом «умного» робота является высокий уровень точности и минимальные сроки обнаружения возгорания. Его работа производится на основе инфракрасной чувствительности, позволяющей на ранних стадиях возгорания обнаруживать тепловое излучение. Робот может дистанционно управляться оператором, задающим настройки по своему усмотрению.

Самые трудные условия для борьбы с пожаром, как правило, возникают на атомной электростанции (АЭС), теплоэлектростанции (ТЭС), нефтеперерабатывающих и химических предприятиях, поскольку огонь распространяется за считанные секунды, в результате чего снижается видимость, помещение заполняется токсичными продуктами сгорания и дымом, а температура стремительно растет. Возникает повышенная опасность взрывов, а на атомных станциях возможно повышение уровня радиации. Истории человечества известны подобные ситуации, например, авария на Чернобыльской АС. Тяжелые последствия этой аварии подстегнули прогресс к развитию пожарной робототехники.

Новейшие технологии тушения пожаров с помощью роботов практически исключают подобные последствия катастроф. В России пожарные установки с лафетными стволами впервые были установлены на Ленинградской АЭС, а немного позднее – на большинстве ТЭС. Их главное предназначение – охлаждение кровельных конструкций машинных залов посредством водного орошения. Каждая такая установка запрограммирована на отдельно защищаемый участок. После сигнала, поступившего с пульта управления, она активируется и работает в автоматическом режиме.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к современным технологиям пожаротушения, являются мобильность и охват большой территории. Сегодня этим требованиям вполне отвечают установки автоматического пожаротушения, которые различаются по мощности подачи струи и типу распыскивателя. Установки такого типа применяются для быстрой локализации и ликвидации пожара, распространившегося на большой площади. Главными преимуществами автоматических установок являются малый вес, длительный срок работы (как минимум, десятилетие) и удобство транспортировки.

Эволюция в обеспечении пожарной безопасности коснулась также веществ для тушения. Известно, что необходимо применять различные жидкости в зависимости от класса пожара и степени ущерба, который может быть нанесен не огнем, а пожаротушащим веществом как объектам защиты, так и людям, находящимся в непосредственной близости к горящему объекту.

Одной из новейших разработок стало вещество, получившее название «Novec1230». Оно было изобретено американской компанией «3М» и в последние годы получило широкое распространение в России. Вещество представляет собой хладагент нового поколения без запаха и цвета, который применяется в автоматических системах пожаротушения.

«Novec1230» обладает высоким теплопоглощением, 70 % огня подавляется за счет охлаждения, а 30 % – за счет действия ингибитора пламени. При этом под воздействием вещества значительно снижается температура внутри помещения, но концентрация кислорода не уменьшается. Эти качества позволяют быстро потушить очаг возгорания и выиграть дополнительное время на эвакуацию. «Novec1230» является хорошей альтернативой устаревшего «Хладона 114», поскольку не содержит хлор и является безвредным для человека. Кроме того, вещество не наносит вреда электронной технике, мебели и документации.

В настоящий момент системы пожаротушения хладагентом «Novec1230» в России установлены более чем на пятнадцати видах объектов. Одними из первых веществом «Novec1230» были оборудованы системы пожаротушения медицентра Олимпийских игр в Сочи и Российской государственной библиотеки по искусству.

Современная российская ГПС сделала настоящий прорыв в области тушения лесных пожаров, внедрив в качестве метода борьбы с распространением огня в лесу авиацию. До этого ликвидация огня производилась при помощи воды, сегодня для этих целей используются специальные полимерные адгезионные добавки, которые повышают качество результатов пожаротушения практически в два раза.

Также, на сегодняшний день, достигнут успех в тушении нефтеперерабатывающих предприятий и нефтехранилищ. Как правило, для гашения нефтепродуктов применяется порошок или пена. Разница между этими веществами заключается в способе ликвидации возгорания. Порошок невозможно подавать с большого расстояния, однако он довольно эффективен при тушении огня в непосредственной близости. Сегодня новыми технологиями в тушении пожара класса В в рамках производства предусматривается применение новых пленкообразующих пенообразователей со средней и высокой кратностью. Речь идет о веществах «AFFF» и «AFFF/AR». Пенообразователь имеет достаточно длительный срок годности (пять лет).

Особое внимание заслуживают новые технологии в области пожаротушения по разработкам и адаптации технических средств на высоте и в условиях Севера. Последней новинкой стала автоцистерна тяжелого класса, которая оборудована автоматической герметизацией кабины, позволяющей максимально приблизиться к огню. Телескопические полки, предназначенные для аварийно-спасательного инструментария, значительно повышают оперативность работы, а технические особенности автомобиля адаптированы для особенностей северного климата. В ближайшее время 13 таких машин поступят в регионы Урала, Сибири и центра России.

Другим примером технического прорыва в обеспечении пожарной безопасности является пожарный вертолет, созданный на базе Ка-32, который имеет запас огнетушащего вещества на борту в объеме семьсот литров. Вертолет оснащен мощным напорным насосом – струя вещества для тушения пожара может достигать 80 м. Вертолет уже введен в эксплуатацию для тушения пожаров на верхних этажах высоток и в зонах, куда въезд автотехники затруднен [7, с. 57].

Таким образом, обобщая полученные данные, можно сделать вывод, что в современной российской системе обеспечения пожарной безопасности объектов защиты отчетливо проявляются пять ключевых тенденций. Наблюдается процесс разделения ответственности за пожарную безопасность между различными уровнями государственного управления, расширяются функции противопожарной службы субъектов Российской Федерации, модернизируются средства пожаротушения посредством как федерального бюджета, так и бюджета субъектов. Кроме того, происходят значительные изменения в законодательной базе обеспечения деятельности ГПС. Главной тенденцией современности в области пожаротушения при этом является модернизация, информатизация и цифровизация средств пожаротушения.

### **Литература**

1. Электронная энциклопедия пожарного дела. URL: [wiki-fire.org](http://wiki-fire.org) (дата обращения: 15.11.2018).
2. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России: монография. М.: Академия МЧС России, 2014. 178 с.
3. Болдырев С.А., Коренченко И.В. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в России, возникающие из-за недостаточного оснащения жилых домов средствами предотвращения и тушения пожаров // Молодой ученый. 2016. № 28. С. 1 062–1 064.
4. Красавин А.В. Антикоррупционная экспертиза Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Пожаровзрывобезопасность. 2009. № 9. С. 10–21.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Носачев А.А. Совершенствование нормативных правовых актов в области обеспечения пожарной безопасности // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. № 4. С. 28–31.

7. Дергаль П.П., Федорова А.Е. Противопожарная безопасность вчера, сегодня и завтра // Молодой ученый. 2017. № 11. С. 55–58.

## **АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ**

**М.Н. Степанова, кандидат технических наук;**

**В.Н. Шульженко, кандидат технических наук;**

**Ю.В. Ветрова, кандидат технических наук, доцент.**

**Белгородский государственный технологический университет**

**им. В.Г. Шухова**

Проведен анализ и статистика наиболее значимых случаев пожаров на объектах промышленности за 2018 г. Рассмотрена проблема пожарной безопасности предприятий. Постоянный анализ случаев пожаров на промышленных предприятиях позволит спрогнозировать их причины и расширить меры по их ликвидации. Организация мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов производства является трудной задачей, которая требует широкого внедрения экономичных и, в тоже время, надежных систем и установок противопожарной защиты.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, предприятия, возгорание, пострадавшие, склад, площадь пожара

## **ANALYSIS OF FIRE SAFETY AT INDUSTRIAL FACILITIES IN RUSSIA**

M.N. Stepanova; V.N. Shulzhenko; Yu.V. Vetrova.

Belgorod state technological university of V.G. Shukhov

The article presents the analysis and statistics of the most significant fire emergencies at industrial facilities in 2018. The problem of fire safety at industrial enterprises is considered. The continuous analysis of fire emergencies at industrial enterprises would allow foreseeing the causes of them and expanding the range of measures for fire extinguishing. Organizing the fire-safety measures at industrial enterprises is a complicated task, which requires the large-scale implementation of cost-effective and at the same time fail-safe fire protection systems and facilities.

*Keywords:* fire safety, enterprises, fire outbreak, casualties, storehouse, fire area

Соблюдение пожарной безопасности на предприятиях и анализ случаев возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) является актуальной проблемой.

На сегодняшний день производственные предприятия в основном характеризуются такими показателями, как: автоматизация производственных комплексов, в которых хранятся и перерабатываются взрыво- и пожароопасные вещества, концентрация производственных и энергетических мощностей, а также повышение вместимости складов, применение при строительстве и реконструкции облегченных конструкций из полимерных материалов и металла, которые имеют низкую степень огнестойкости [1].

Организация мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов производства является трудной задачей, которая требует особо внимательного подхода к решению проблем пожарной безопасности и широкого внедрения экономичных и в тоже время надежных систем и установок противопожарной защиты [2].

Только за 2018 г. произошло более 20 крупных пожаров на промышленных предприятиях России. Поэтому был проведен анализ наиболее масштабных и причинивших значительный ущерб пожаров, представленный в таблице.

Таблица. Наиболее значимые пожары на объектах промышленности в 2018 г. [3–10]

№ п/п	Дата	Название предприятия	Площадь возгорания, м <sup>2</sup>	Количество задействованной техники и сотрудников МЧС России	Ущерб и пострадавшие
осень					
1	30 ноября	Завод строительных машин, г. Лебедянь Липецкой области	1 000	44 сотрудника МЧС России и 16 пожарных машин	Произошло частичное обрушение кровли. Пострадавших нет
2	17 ноября	Московский нефтеперерабатывающий завод АО «Газпромнефть – Московский НПЗ» в г. Капотне	нет данных	более 160 чел., 50 единиц техники	Пострадавших нет
3	12 ноября	г. Рязань, завод «Центролит»	1 600	57 чел. и 9 единиц техники	Без жертв и пострадавших, обрушилась кровля здания 300 м <sup>2</sup>
4	8 ноября	пос. Марково Иркутской области, производство строительных блоков	8 600	53 чел. и 17 единиц техники	Частичное обрушение кровли, пострадавших нет
5	21 октября	завод «Электроцинк» в г. Владикавказе	4 500	3 ранг вызова, 60 спасателей и десятки единиц техники, пожарный поезд	Погиб 1 пожарный, 3 пострадали
лето					
6	14 августа	г. Соликамск, цех по производству порохов завода «Урал»	10	Семь единиц техники и 27 человек личного состава	Две пострадавших, одна скончалась, другая получила ожоги 80 % тела в крайне тяжелом состоянии
7	13 августа	Ленинградская область цех завода «Петрофлекс» в г. Никольское (Госненский район)	1 800	Расчеты пожарных частей № 111, № 131 и 86-й пожарно-спасательной части	Погибших и пострадавших нет
8	26 июля	г. Пермь, пожар на нефтехимическом предприятии	400	Больше 80 чел., несколько десятков техники, пожарный поезд	4 ранг опасности, пострадавших нет
9	9 июля	Иркутский авиационный завод корпорации «Иркут»	800	Задействованы 71 чел. личного состава и 31 единица техники	Из здания эвакуировали 50 чел. Пострадавших нет



№ п/п	Дата	Название предприятия	Площадь возгорания, м <sup>2</sup>	Количество задействованной техники и сотрудников МЧС России	Ущерб и пострадавшие
10	29 июня	Территория бывшего целлюлозно-бумажного завода (ЦБЗ) в г. Советске Калининградской области	3 500	88 чел., до 28 единиц техники	Пострадавших нет
11	25 июня	г. Омск	600	66 чел. личного состава, 17 единиц техники	Пострадавших нет
весна					
12	29 мая	В г. Волоконовке Белгородской области на паркетном заводе сгорел цех	600	16 чел. и 5 единиц техники	Пострадавших нет
13	8 мая	Миллерово Ростовской области завод по переработке злаков «Амилко»	210	16 чел. и 6 единиц техники	Погиб один из сотрудников предприятия, еще одного мужчину госпитализировали в больницу с ожогами
14	1 апреля	Деревообрабатывающий завод ММ-Ефимовский в с. Чудцы Бокситогорского района Ленинградской области	2 000	Третий уровень сложности 47 чел. личного состава и 17 единиц специальной техники	Пострадавших нет
15	11 марта	г. Пермь, завод «Пеноплекс»	400	Третий номер сложности	Частично обрушилась кровля завода
зима					
16	5 февраля	Тосненский район Ленинградской области завод «Технониколь», производство строительных материалов	1 500	40 спасателей, задействовано 17 единиц техники	Пострадавших нет
17	10 января	Цех по производству изоляционных материалов в пос. Бобровском в Свердловской области	1 200	37 пожарных и 12 единиц спецтехники	Пострадавших нет
18	4 января	Цех по производству обуви в Искитимском районе Новосибирской области	2 000	98 чел. личного состава, 24 единицы техники	Погибли 10 чел., среди которых семь граждан Китая, два гражданина Киргизии и один гражданин России

Возникновение пожара на предприятии может быть вызвано многочисленными причинами. Начиная с нарушений мер пожарной безопасности при проектировании и строительстве, нарушения противопожарного режима, неправильной эксплуатации

технологических установок и агрегатов, заканчивая неосторожным обращением с огнем и горючими веществами и материалами.

В рабочих помещениях горение может возникнуть вследствие нарушения режимов осуществления технологического процесса; отсутствия постоянного контроля за исправностью газо- и теплоиспользующего оборудования, разрушения или повреждения производственных емкостей, аппаратуры и трубопроводов, несвоевременного проведения или не осуществления плановых ремонтных работ [11, 12].

Для промышленных предприятий наиболее характерны следующие нарушения:

- перегрузки электрической сети;
- подбор и монтаж электрооборудования без учета категории производства;
- неправильная прокладка проводов и кабелей;
- оставление без присмотра включенных электрических установок.

В основе обеспечения пожарной безопасности предприятия лежат, прежде всего, организационные мероприятия, которые реализуются по четко разработанному плану противопожарной защиты объекта. Достижение безопасного состояния реализуется путем применения систем предотвращения и пожарной защиты, которые включают мероприятия и средства, направленные на [13, 14]:

- поддержание температуры и давления горючей среды ниже максимально допустимой;
- предотвращение образования горючей и взрывоопасной среды;
- уменьшение объема горючей среды ниже максимально допустимого.

Система пожарной защиты на предприятии включает комплекс мероприятий, направленных на:

- предотвращение распространения пожара и обеспечение эвакуации сотрудников при его возникновении;
- применение конструкций с регламентированным пределом огнестойкости;
- организацию пожарной охраны;
- ограничение применения горючих веществ в технологическом процессе;
- изоляцию горючей среды;
- использование средств пожарной сигнализации [15, 16].

Особое место среди мер, направленных на предотвращение распространения пожара, занимает применение огнепреградительных конструкций на технологических коммуникациях, а также в системах кондиционирования и вентиляции воздуха, продуктопроводах и системах воздушного отопления.

Меры, применяемые для изоляции горючей среды:

- внедрение и установка герметизированного оборудования;
- пожарное оборудование располагают в изолированных помещениях с соответствующим пределом огнестойкости зданий;
- автоматизация технологических процессов.

Частой причиной возгораний является несоблюдение техники безопасности при строительстве, реконструкции и ремонте. Что является прямым нарушением технологической дисциплины, как правило, приводящим к пожарам на строящихся, реконструированных и ремонтируемых объектах [16].

Обеспечение безопасности людей при пожарах в сооружениях, зданиях и помещениях предусматривает оснащение эвакуационными путями. На предприятиях используется электрическая система пожарной сигнализации (автоматическая или кнопочная). Наиболее совершенной и надежной из них является автоматическая система пожарной сигнализации, так как она способна без участия человека обнаружить возникшее возпламенение и оповестить о нем. Также система способна реагировать на возникновение дыма, открытого пламени, повышение температуры и тепловое излучение. Пожарная безопасность объектов также обеспечивается оснащенностью помещений, агрегатов и технологических установок первичными средствами пожаротушения [17].

Для предотвращения ЧС, связанных с разгерметизацией разрушением оборудования и аварийными выбросами опасных веществ, а также для локализации действия опасных факторов возникших ЧС, ликвидации и снижения тяжести их последствий предусмотрены технические решения и организационные мероприятия:

- пассивная противопожарная защита – обработка несущих металлических и деревянных конструкций огнезащитным покрытием, герметизация дверных и заделка технологических проемов;

- оснащенность наружного и внутреннего пожаротушения, устройство пожарных гидрантов;

- отделка интерьеров помещений и утепление кровли негорючими материалами, не выделяющими токсичных газов при нагревании;

- поддержание необходимых подъездов к зданиям;

- специальные мероприятия [18, 19].

Пожарная защита и взрывозащита производственных объектов достигаются:

- обваловкой и бункеровкой взрывоопасных участков производств или размещением их в защитных кабинах;

- ограничением распространения огня в случае возникновения очага пожара;

- правильным выбором степени огнестойкости объекта и пределов огнестойкости отдельных элементов и конструкций;

- применением систем активного подавления взрыва и противодымной защиты, легкобрасываемых конструкций; средств пожарной сигнализации: извещения и пожаротушения;

- обеспечением безопасного проведения мероприятий по эвакуации людей;

- организацией пожарной охраны объекта, газоспасательной и горно-спасательной служб [20].

Эффективность перечисленных систем во многом определяется качеством проектирования промышленных предприятий, зданий и сооружений, а также контролем за соблюдением пожарных норм, правил и требований пожарной безопасности на этапе проведения строительных и отделочных работ на объекте. Организация и проведение подобных мероприятий позволят минимизировать вероятность возникновения пожаров и взрывов на промышленных предприятиях.

## Литература

1. Методологические подходы к сравнительной оценке обстановки с пожарами в Российской Федерации и США (Ч. 1) / Н.Н. Брушлинский [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2018. № 3. С. 102–109.

2. Афанасьев Н.В., Ваганова Д.В. Пожарная безопасность на промышленных предприятиях // Вестник промышленности. Наука и технологии. 2017.

3. Крупный пожар на предприятии под Иркутском ликвидировали // Газета «Известия». 2018. 8 нояб.

4. Мишурнова Я.И. В Соликамске на пороховом заводе произошел пожар // Независимая общественно-политическая газета «Общественное мнение». М.: Изд. дом «ОМ», 2018.

5. Сетевое издание РИА Новости // МИА «Россия сегодня». 2018.

6. Пожар на нефтехимическом предприятии в Перми // Ежедневник «Аргументы и Факты». URL: [http://www.perm.aif.ru/incidents/pozhar\\_na\\_neftehimicheskom\\_predpriyatii\\_v\\_permi\\_26\\_iyulya\\_2018\\_goda](http://www.perm.aif.ru/incidents/pozhar_na_neftehimicheskom_predpriyatii_v_permi_26_iyulya_2018_goda) (дата обращения: 21.01.2019).

7. Пожар на Иркутском авиационном заводе потушен // Газета «Известия». URL: <https://iz.ru/764917/2018-07-09/pozhar-na-irkutskom-aviatcionnom-zavode-potushen> (дата обращения: 21.01.2019).

8. Пожар на заводе ликвидирован // МЧС России. Новости (mchsrf.ru). URL: <https://mchsrf.ru/news/514148-pozhar-na-zavode-likvidirovan.html> (дата обращения: 21.01.2019).
9. Сетевое издание «БелПресса». URL: <https://www.belpressa.ru/news/news/v-volokonovke-na-parketnom-zavode-sgorel-ceh21397/> (дата обращения: 21.01.2019).
10. Пожар на заводе в Свердловской области потушен // Информационное агентство «ТАСС». URL: <http://tass.ru/proisshestviya/4864402> (дата обращения: 21.01.2019).
11. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г. Предупреждение риска террористических акций в области техносферы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 1. С. 141–142.
12. Кружкова О.В., Кузнецова Е.С. Влияние последствий чрезвычайных ситуаций на экономику региона России // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 4. С. 67–70.
13. Болдырев С.А., Коренченко И.В. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в России, возникающие из-за недостаточного оснащения жилых домов средствами предотвращения и тушения пожаров // Молодой ученый. 2016. № 28. С. 1 062–1 064.
14. Оценка риска чрезвычайных ситуаций природного, техногенного характера и пожаров: учеб. пособие / В.В. Шаптала [и др.]. Белгород, 2011.
15. Нестерова Н.В., Степанова М.Н., Павленко А.В. Системы управления природной, техногенной и социальной безопасностью населения // Символ науки. 2016. № 1-1 (13). С. 49–51.
16. Латкин М.А., Степанова М.Н., Васюткина Д.И. Оценивание эффективности мероприятий по компенсации потерь в случае аварии на предприятии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 130–134.
17. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Латкин М.А. Единый методический подход к оценке риска негативных воздействий при авариях и катастрофах // Риски в изменяющейся социальной реальности: проблема прогнозирования и управления: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. Ю.А. Зубок. 2015. С. 74–78.
18. Ковалева Е.Г., Северин Н.Н., Латкин М.А. Системы оперативного управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций // Проблемы информационного обеспечения деятельности правоохранительных органов: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 123–126.
19. Латкин М.А., Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н. Оценивание эффективности мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 6. С. 170–175.
20. Выбор мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия / М.А. Латкин [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 4. С. 145–149.

## **АНАЛИЗ МЕСТ ХРАНЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Ю.Д. Моторыгин, доктор технических наук, профессор;**

**А.Б. Акимова.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена классификация автостоянок с учетом пожарной безопасности. Определены основные характеристики и особенности каждого типа автостоянки. Определены основные признаки, по которым автостоянки подразделяются на конкретные типы.

*Ключевые слова:* автостоянка, транспортное средство, тип, классификация

# ANALYSIS OF THE STORAGE PLACES OF MOTOR TRANSPORT TAKING INTO ACCOUNT FIRE SAFETY

Yu.D. Motorygin; A.B. Akimova.

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

There are the classification of parking lots in the article. The main characteristics and features of each type of parking have been determined. There is also determined the main features by which car parks are divided into specific types.

*Keywords:* parking, vehicle, type, classification

В связи со стремительным ростом автомобильного парка в Российской Федерации встала проблема, связанная с проектированием безопасных мест хранения автотранспорта. Все виды автостоянок – это в первую очередь место сосредоточения мощной пожарной нагрузки. Современное транспортное средство представляет собой передвижную концентрированную пожарную нагрузку, состоящую из легковоспламеняющихся жидкостей, горючих жидкостей, пластмасс, полипропилена, электрических проводов, тканей и т.д.

Среднее время горения автомобиля составляет не более 30 мин [1, 2]. Исходя из этого, время развития пожара связано со значениями показателей пожароопасности материалов, которые составляют пожарную нагрузку транспортного средства.

На автостоянках сконцентрировано огромное количество транспортных средств, при горении одного автомобиля может возникнуть цепная реакция, и пожаром будут охвачены все близстоящие автомобили. При возникновении пожара на автостоянке зачастую выгорает несколько транспортных средств, принося немалый материальный ущерб. Чаще всего возникновение пожаров на территориях автостоянок обусловлено техногенными и человеческими факторами.

На возникновение и развитие пожаров на территории автостоянок влияет ряд факторов (рис. 1):

– факторы постоянного действия;

– периодические факторы;

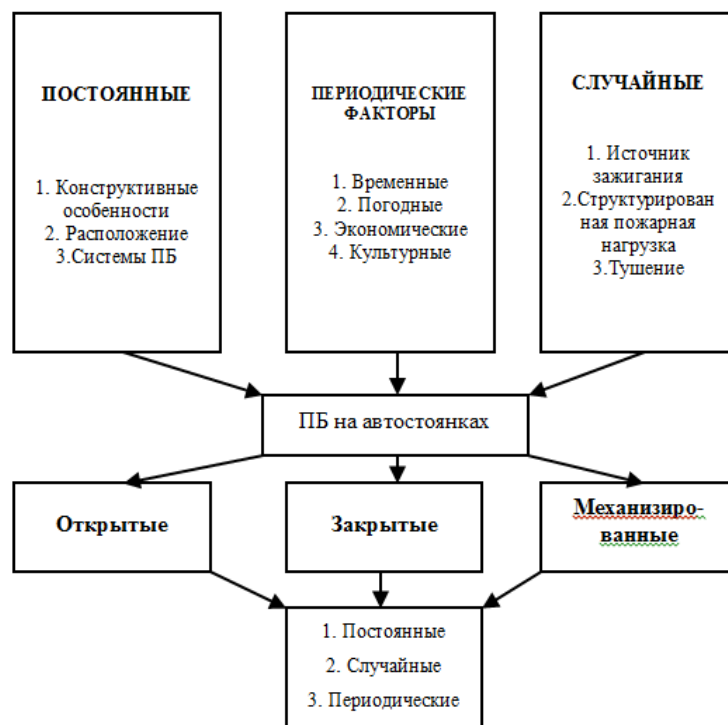
– вероятностные (случайные) факторы, которые проявляются редко, и не имеют на данный момент оснований для статистического анализа и мониторинга и анализируются в основном экспертными оценками.

Представленные факторы, оказывающие воздействие на развитие пожара, дают возможность соотнести отдельные группы с основными подходами оценки риска возникновения пожаров на территориях автостоянок.

Стоянками называют сооружения, специальные площадки, которые предназначены для хранения автотранспортных средств. Здания, включающие в себя три группы помещений, называют гаражами для автомобилей. В данную группу помещений входят: автостоянка, производственные помещения и бытовые помещения. Автостоянки и гаражные помещения подразделяются на несколько типов в зависимости от признаков (табл.).

Таблица. **Виды автостоянок**

№	Классификационный признак	Виды
1	По характеру ограждающих конструкций	Открытые, закрытые
2	Относительно расположения	Подземные, надземные
3	В зависимости от перемещения транспортных средств между этажами	Механизированные, автоматизированные
4	Внутренняя планировка хранения автомобилей	Манежное, боксовое
5	Периодичность хранения автомобилей	Временное, постоянное, сезонное



**Рис. 1. Факторы, влияющие на возникновение и развитие пожаров на объектах хранения автотранспорта (ПБ – пожарная безопасность)**

В зависимости от типа подвижного состава, климатических условий предусматривается тот или иной тип стоянки, закрытый либо открытый. Важным фактором является анализ экономических и технических расчетов отдельных способов хранения автомобильного транспорта.

Основная терминология по вопросу отдельных видов автостоянок представлена в СП 113.13330.2016 «Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\*». Однако единая классификация автостоянок отсутствует. Представленная выше классификация видов автостоянок закреплена в пособии о проектировании многоярусных гаражей-стоянок на стальном каркасе, созданном к СП 113.13330.2016.

Как отмечалось выше, парковочная зона внутри здания автостоянки может быть классифицирована на два типа: первый тип – это автостоянки открытого типа, а второй – автостоянки закрытого типа.

В настоящее время применение детерминированных моделей возможно для моделирования чрезвычайных ситуаций, связанных с возникновением и развитием горения. В полевых моделях основой расчетных методов будет являться принцип разбиения исследуемой области конечно-элементной сеткой. По параметрам такого разбиения возможно определить время, точность и устойчивость проводимых расчетов [3].

При проведении анализа пожар можно представить в виде среды, объекта и субъекта (рис. 2) [4]. Источник зажигания зависит от окружающей среды и выступает в роли субъекта. От источника зажигания находится в прямой зависимости объект (аналог пожарной нагрузки), который оказывает влияние на окружающую среду.

Пожар можно отнести к динамической системе, поскольку любая динамическая система со временем, под действием внешних и внутренних сил, претерпевает ряд изменений. Пожару присущи следующие основные свойства [4]:

- состоит из сложных подсистем;
- относится к открытой системе, осуществляющей обмен энергией с внешней средой.

По мнению некоторых специалистов, основным объектом является горючая нагрузка, под которой понимают ряд горючих материалов, находящихся в здании.

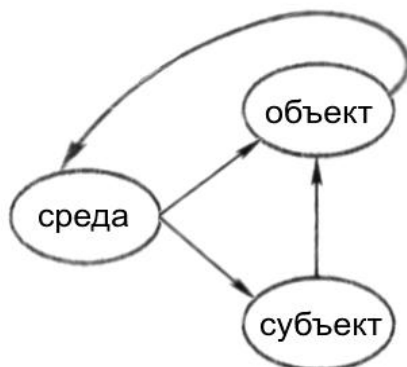


Рис. 2. Системное представление пожара

В реальных условиях на пожарную нагрузку оказывают воздействия некоторые возмущения. Источник зажигания является входным возмущением и необходим для возникновения горения (рис. 2). Окружающая среда в виде окислителя является вторым входным возмущением. При отдельных соотношениях всех элементов такой системы, может возникнуть пожар.

В Международном строительном кодексе автостоянки открытого типа определяются внешней стороной конструкции, имеющей равномерно распределенные отверстия на двух или более сторонах. Площадь таких проемов должна составлять не менее 20 % от общей площади стен каждого яруса. В Российской Федерации, в СП 113.13330.2016 Стоянки автомобилей, открытой автостоянкой является стоянка, которая состоит из проемов на 50 % и более. Автостоянка с наружными стеновыми ограждениями является автостоянкой закрытого типа.

В настоящее время автостоянки закрытого типа являются составной частью инфраструктуры крупных городов. Автостоянки закрытого типа могут быть как наземными, так и подземными, одноэтажными, многоэтажными.

Для проектирования каждого типа автостоянок предусмотрен ряд норм и правил, без учета которых автостоянки могут быть подвержены возгораниям в силу ряда факторов. Пожары транспортных средств на автостоянках являются относительно редкими пожарами в сравнении с другими видами пожаров. Несмотря на это, в зданиях автостоянок по всему миру происходят несколько значительных автомобильных пожаров, некоторые из которых заканчиваются смертельными исходами и могут быть катастрофическими как для людей, находящихся в самом здании парковки, так и для жителей соседних зданий.

На территорию автостоянок открытого типа всегда поступает воздух, существует угроза быстрого распространения огня по всей площади автостоянки. Автостоянки закрытого типа характеризуются ограниченным поступлением воздуха, вследствие чего происходит образование плотного дыма и выделение токсичных паров. Повышенная концентрация токсичных продуктов горения приводит к большому количеству человеческих жертв.

Для защиты от огня на территориях автостоянок как закрытого, так и открытого типов, применяются меры пожарной безопасности с пассивным и активным контролем огня. Пассивный контроль огня включает в себя использование статистических методов, предназначенных для контроля над распространением огня и противостоянием последствиям пожара. Например, установка огнезащитных дверей.

Активный контроль включает в себя применение совокупности мероприятий, предупреждающих людей о наличии возгораний, и мероприятий, контролирующих

обстановку на территории автостоянок. Например, установка автоматических спринклеров и применение огнетушителей.

Относительно расположения автостоянки бывают подземные и наземные. Подземные автостоянки – помещения, предназначенные для хранения автотранспорта, расположенные в подвальных, цокольных этажах. Подземные автостоянки являются отличным решением для хранения автомобилей в первую очередь в крупных мегаполисах, а также в исторических районах города.

Подземные автостоянки обладают преимуществом по отношению к наземным, так как более безопасны с точки зрения хранения автомобилей. Они оснащены системами пожаротушения, системами вентиляционного обеспечения, резервными источниками питания, гидролокационными технологиями и др.

Согласно конструктивным решениям, подземные автостоянки могут иметь не более пяти подземных этажей. На территориях подземных автостоянок предусматривается устройство противопожарных стен, если данные автостоянки пристроены к зданиям другого назначения.

Наземные автостоянки бывают как закрытого, так и открытого типов. Площадка, которая предназначена для парковки автомобилей и имеет вид огражденной открытой местности, является наземной автостоянкой открытого типа.

Более усовершенствованным типом наземных автостоянок являются закрытые наземные автостоянки, которые оборудованы видеонаблюдением, охраной, необходимыми ограждениями. Закрытые наземные автостоянки могут быть многоуровневыми, они обеспечивают хранение максимального количества транспортных средств на минимальной территории.

Площадь наземных автостоянок закрытого типа должны быть оснащена в первую очередь несколькими выездами наружу для эвакуации транспортных средств, пожарным гидрантом для устранения возможных возгораний, огнетушителями, ограждениями из негорючих материалов, пожарным щитом.

В зависимости от способов перемещения транспортных средств между этажами выделяют механизированные и автоматизированные автостоянки.

Механизированные автостоянки представляют собой помещения, предназначенные для хранения автомобилей с транспортировкой транспортных средств в ячейки (места хранения автомобилей) при помощи механизированного устройства, без участия водителей. Механизированные автостоянки основаны на применении системы с подъемным механизмом. Подъемные механизмы представляют собой подъемные устройства, необходимые для организации дополнительных мест в условиях ограниченного пространства парковки.

Автоматизированные автостоянки основаны на применении полуавтоматических и автоматических систем. Полуавтоматические системы отличаются участием водителя в процессе парковки транспортного средства. Водитель заезжает в систему такого типа самостоятельно, после чего выходит из машины и уже управляет процессом парковки. Автоматические системы – это системы, управление которых осуществляется компьютерным механизмом. Водитель оставляет транспортное средство в приемном боксе, но не участвует в процессе парковки, процесс полностью автоматизирован.

В зависимости от внутренней планировки хранения транспортных средств автостоянки бывают с манежным, боксовым хранением.

Манежное хранение автомобилей представляет собой хранение автомобилей в общем зале с выездом на общий внутренний проезд [5].

Боксовое хранение представляет собой хранение автомобилей в отдельных боксах, выезд из которых осуществляется непосредственно наружу или на внутренний проезд. Организация боксового хранения транспортных средств требует немалых затрат в области закупки необходимых материалов для сооружения перегородок и ворот в боксах.

В зависимости от периодичности хранения автомобилей выделяют автостоянки с временным, постоянным, сезонным хранением транспортных средств [6].



Потребность строительства временных стоянок имеется в городах, в частности в административных центрах, в зонах торговых, культурных учреждений, транспортных узлов, жилых зданий. Временные автостоянки также устанавливаются на автомобильных дорогах, это обусловлено необходимостью отдыха водителей, а также осмотра транспортных средств в случае преодоления больших расстояний. Временные парковки могут быть как закрытыми, так и открытыми.

Постоянные парковки бывают нескольких типов: муниципальные, частные и механизированные. Муниципальные парковки представляют собой хранение транспортных средств без охраны парковочной зоны. Частные автостоянки представляют собой хранение транспортных средств с охраной территории автостоянки, а также установкой видеонаблюдения на территории. Механизированная парковка представляет собой изолированное хранение транспортного средства в боксах без доступа к ней посторонних лиц.

Конструкторские решения проектирования автостоянок основаны на проработке дизайна сооружений. Дизайн сооружений необходим для учета всех основных характеристик, обеспечивающих безопасное, комфортное нахождение в здании. Дизайн всех основных помещений здания должен включать в себя проведение необходимых мероприятий обеспечения пожарной безопасности. Основные требования, предъявляемые к проектированию зданий, включающие: проработку аспектов, касающихся комфортного нахождения в тех или иных помещениях. Важным фактором обеспечения пожарной безопасности в зданиях является проработка сценариев развития пожара, выявление основных причин пожара и определение необходимых мероприятий, обеспечивающих безопасность здания.

### **Литература**

1. СП 113.13330.2016. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99 (введ. 7 нояб. 2016 г.). М.: ФАУ «ФЦС», 2012. С. 20–22.
2. Расследование пожаров: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2007. С. 562.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: стат. сб. / под общ. ред. А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2016. С. 124.
4. Моторыгин Ю.Д. Системный анализ моделей описания процессов возникновения и развития пожара: дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2011. С. 217–219.
5. Моторыгин Ю.Д., Косенко Д.В. Математическое моделирование развития горения автомобиля // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 2. С. 45–50.
6. Моторыгин Ю.Д., Галишев М.А. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 59–64.



---

---

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

---

---

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК В АРКТИКЕ

**В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки Российской Федерации;**

**О.В. Ложкина, кандидат химических наук, доцент, доктор технических наук;**

**Б.В. Гавкалюк, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложены оригинальные методические подходы экспериментально-расчетного контроля промышленной санитарно-гигиенической безопасности транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике по вредным (загрязняющим) веществам, поступающим в атмосферу с отработавшими газами: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) (в пересчете на NO<sub>2</sub>), углеводороды (CH), сажа (твердые частицы), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), формальдегид (CH<sub>2</sub>O), бенз(α)пирен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>).

*Ключевые слова:* Арктика, дизельные установки, роллутанты, безопасность, контроль

## METHODICAL APPROACHES TO THE CONTROL OF INDUSTRIAL SANITARY AND HYGIENIC SAFETY OF TRANSPORT AND STATIONARY DIESEL INSTALLATIONS IN THE ARCTIC

V.N. Lozhkin; O.V. Lozhkina; B.V. Gavkaluyk.

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

Original methodological approaches to the control of industrial sanitary and hygienic safety of transport and stationary diesel installations in the Arctic for harmful (polluting) substances emitted into the atmosphere by exhaust gases are proposed: carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) (in terms of NO<sub>2</sub>), hydrocarbons (CH), soot (particulate matter), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), formaldehyde (CH<sub>2</sub>O), benzo(α)pyrene (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>).

*Keywords:* Arctic, diesel installations, roll-ups, safety, control

Арктический регион обладает огромными запасами полезных ископаемых, ориентировочно, более 25 % мировых запасов, большая часть которых находится в акватории ледового и глубинного подводного шельфа. Нефть и газ, содержащиеся в этом регионе, до недавнего времени, были недоступны человеку по причине дороговизны и опасности

их извлечения из недр. Однако наблюдаемое в последние десятилетия повышение глобальной температуры [1], вызвавшее таяние ранее непроницаемых для человека ледниковых покровов в зонах вечной мерзлоты Арктики, и возрастающая потребность в углеводородном топливе, сопровождаемая ростом цен на энергетические виды продукции, сделали реальными разведку и актуализировали коммерческую привлекательность добычи нефти и газа в Арктике.

В ближайшие десятилетия ожидается мощное развитие инфраструктурных объектов в Арктике: это новые дороги, гавани, порты, линии электропередач, мосты, фундаменты, трубопроводы, взлетно-посадочные полосы, а также ледяные дороги и реки – традиционные арктические магистрали и т.д.

Можно достоверно предположить, что в Арктике, даже и при мощном освоении ее энергетических ресурсов, по причинам сурового холодного климата и необходимости сохранения естественных биоценозов – флоры и фауны, от качества которых зависит существование цивилизации, будет происходить, в основном, «точечный» характер освоения территорий.

В этой связи из-за больших расстояний между отдельными населенными инфраструктурными объектами, централизованное производство электроэнергии, как на материке, и передача ее «точечным» пользователям окажется весьма затратной, и скорее можно ожидать развитие дизель-генерируемых мощностей на привозных или местных (альтернативных) источниках энергии, например, биологически возобновляемого газогенераторного топлива [2] и т.п.

Наблюдаемая уже сегодня в Арктике высочайшая потребность в автономной энергетике, несомненно, обеспечит привлекательность широкого типажа транспортных и стационарных дизельных установок, включая все их многообразие исполнений в сочетании дизельного двигателя и приводимого им функционального рабочего агрегата: генераторы тока (ДЭС), буровые механизмы, приводы штанговых нефтяных насосов, центробежных водяных насосов, воздушных вентиляторов и т.п. как одиночного, так и группового исполнения.

Это могут быть как установки постоянной выработки энергии, так и пиковые, аварийные, резервные ДЭС, включая резервные ДЭС для АЭС.

Вместе с широким применением транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике возникнет проблема контроля и прогнозирования загрязнения отработавшими газами (ОГ) [3] поршневых дизелей [4, 5] воздушного бассейна санитарно-защитных арктических зон, сопредельных с местами их дислоцирования. В настоящей статье приводится научное обоснование разработанных авторами методических подходов расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ стационарными дизельными установками применительно к условиям Арктики.

Подходы не предполагают осуществлять контроль нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ, устанавливаемых техническими условиями сертификации на выпуск поршневых двигателей внутреннего сгорания в обращение [4, 5]. Разработанный метод предназначен для расчета максимальных разовых за 20-минутный период времени выбросов в атмосферу транспортными и стационарными дизельными установками для последующего их соотнесения с ПДК<sub>МР</sub> [3].

В качестве исходных данных для расчета максимальных разовых выбросов [3] предлагается использовать показатели, приведенные в технической документации предприятия-изготовителя дизельной установки о ее эксплуатационной мощности [4, 5] и осуществлять расчеты по средневзвешенным значениям удельных выбросов в зависимости от мощности дизельного двигателя [5].

Удельные значения показателей выбросов обосновывались закономерностями изменения параметров токсичности дизельных двигателей промышленного назначения на режимах характерного эксплуатационного цикла, предусмотренного требованиями нормирования в действующем межгосударственном стандарте ГОСТ 31967–2012 [4] для транспортных и стационарных дизельных установок отечественного производства, а для

стационарных дизельных установок зарубежного производства, – в зависимости от мощности дизельного двигателя, по которой на год его производства (выпуска в обращение) осуществлялось нормирование выбросов согласно требованиям американских (Tier 1, ... Tier 4) и европейских (Stage I ... Stage IV) стандартов [6].

Численные значения показателей выбросов определялись авторами экспертным методом на основе анализа данных ГОСТ 31967–2012 [4], опубликованных отчетов ООО «ЦНИДИ», ОАО «ЦНИТА», Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О.Макарова и доступных электронных ресурсов интернета. При этом принимались во внимание вероятные технические уровни конструктивного исполнения дизельных двигателей, условия их реальной эксплуатации и снабжения дизельным топливом соответствующего качества.

Расчеты выбросов выполняются для следующих вредных (загрязняющих) веществ, поступающих в атмосферу с ОГ транспортных и стационарных дизельных установок [8]: оксид углерода (СО), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) (в пересчете на NO<sub>2</sub>), углеводороды (СН), сажа, твердые частицы ПМ (С), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), формальдегид (СН<sub>2</sub>О), бенз(α)пирен (БП).

Транспортные и стационарные дизельные установки условно подразделяются на семь групп. Первая (А) – дизельные двигатели, поставленные на производство в Российской Федерации до 2000 г. Вторая (Б) – двигатели, поставленные на производство в странах Евразийского партнерства в переходный период организации выпуска дизельных двигателей экологических уровней, соответствующих требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 31967–2012 [4] с 2000/2021 гг. (выбросы СО, NO<sub>x</sub>, СН назначены, как это предусмотрено данным стандартом, без разделения по мощности). Остальные пять, соответствующие экологическим системам нормирования выбросов в США (Tier 1, ... Tier 4) [6] и странах ЕС (Stage I ... Stage IV), – в зависимости от номинальной мощности двигателя: В (до 18 кВт), Г (19–55 кВт), Д (56–129 кВт), Е (130–560 кВт), Ж (свыше 560 кВт). Группы В, Г, Д, Е, Ж введены в связи с тем, что в странах Евразийского партнерства транспортные и стационарные дизельные установки зарубежного производства нашли широкое применение.

Максимальный массовый выброс *i*-го вещества, г/с, транспортных и стационарных дизельных установок рассчитываются по формуле:

$$M_i = \frac{e_{M_i} P_э}{3600}, \quad (1)$$

где  $e_{M_i}$  – выброс *i*-го вредного вещества на единицу полезной работы транспортной и стационарной дизельной установки в режиме эксплуатационной мощности определяют согласно табл. 1, г/кВт·ч;  $P_э$  – эксплуатационная мощность транспортной и стационарной дизельной установки, значение которой указано в технической документации предприятия-изготовителя. Если в технической документации не указано значение эксплуатационной мощности, то в качестве  $P_э$  принимают значение номинальной мощности транспортной и стационарной дизельной установки ( $N_e$ ), кВт; (1/3600) – коэффициент пересчета часов в секунды.

Валовый выброс *i*-го вещества за год, т/г, транспортной и стационарной дизельной установкой рассчитывается по формуле:

$$W_{эi} = \frac{q_{эi} G_m}{1000}, \quad (2)$$

где  $q_{эi}$  – удельный массовый выброс *i*-го вредного вещества, приходящегося на 1 кг дизельного топлива при работе стационарной дизельной установки с учетом совокупности режимов, составляющих эксплуатационный цикл; определяют по табл. 2, г/кг топлива;

$G_m$  – расход топлива стационарной дизельной установкой за год (приведен в отчетных данных об эксплуатации установки), т; (1/1000) – коэффициент пересчета килограммов в тонны.

В табл. 1, 2 даны, соответственно, значения выбросов  $e_{M_i}$  и  $q_{эi}$  для групп транспортных и стационарных дизельных установок.

Таблица 1. Значения выбросов  $e_{M_i}$  для групп транспортных и стационарных дизельных установок

Группа	Выброс, г/кВт·ч						
	СО	NO <sub>x</sub>	СН	С	SO <sub>2</sub>	СН <sub>2</sub> O	БП
А	7,200	16,000	2,400	0,700	0,140	0,150	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Б							
С 2000 г.	<u>5,500</u>	<u>10,000</u>	<u>1,000</u>	<u>0,500</u>		<u>0,080</u>	$0,7 \cdot 10^{-5}$
С 2021 г.	3,500	6,000	0,400	0,300	0,140	0,040	$0,4 \cdot 10^{-5}$
В	6,600	7,000	0,500	0,400	0,140	0,070	$0,6 \cdot 10^{-5}$
Г	5,000	4,300	0,400	0,030	0,140	0,050	$0,4 \cdot 10^{-5}$
Д	5,000	0,400	0,190	0,020	0,140	0,030	$0,2 \cdot 10^{-5}$
Е	3,500	0,400	0,190	0,020	0,140	0,025	$0,2 \cdot 10^{-5}$
Ж	3,500	0,670	0,190	0,030	0,140	0,030	$0,2 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2. Значения выбросов  $q_{эi}$  для разных групп стационарных дизельных установок, г/кг топлива

Группа	Выброс, г/кг топлива						
	СО	NO <sub>x</sub>	СН	С	SO <sub>2</sub>	СН <sub>2</sub> O	БП
А	30,00	66,00	10,00	3,00	0,60	0,62	$5,5 \cdot 10^{-5}$
Б							
С 2000 г.	<u>23,00</u>	<u>42,00</u>	<u>4,20</u>	<u>2,20</u>	0,60	<u>0,33</u>	$3,0 \cdot 10^{-5}$
С 2021 г.	14,64	25,20	1,68	1,32		0,17	$1,7 \cdot 10^{-5}$
В	27,00	29,00	2,10	1,70	0,60	0,29	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Г	21,00	18,00	1,70	0,13	0,60	0,21	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Д	21,00	1,70	0,80	0,09	0,60	0,12	$0,8 \cdot 10^{-5}$
Е	15,00	1,70	0,80	0,09	0,60	0,10	$0,8 \cdot 10^{-5}$
Ж	15,00	2,80	0,80	0,13	0,60	0,12	$0,8 \cdot 10^{-5}$

В табл. 1, 2 значения выбросов  $e_{M_i}$  и  $q_{эi}$  для SO<sub>2</sub> даны для дизельного топлива с содержанием серы по массе 0,035 %. Если применяются дизельные топлива с более низким или более высоким содержанием серы [6], то значения  $e_{M_i}$  и  $q_{эi}$  необходимо принимать, соответственно, меньше или больше указанных значений, пропорционально изменению содержания в топливе серы.

Для дизельных двигателей групп Д, Е, Ж значения выбросов  $e_{M_i}$  и  $q_{эi}$  по NO<sub>x</sub> принимаются в случае использования технологии селективного каталитического восстановления NO<sub>x</sub> [6]. Если ее использование не подтверждено, то значение выбросов  $e_{M_i}$  по NO<sub>x</sub> необходимо принимать равным 4,3 г/кВт·ч, а  $q_{эi}$  по NO<sub>x</sub> – 18 г/кг топлива.

Для дизельных двигателей групп Г, Д, Е, Ж значения выбросов  $e_{M_i}$  и  $q_{эi}$  по С принимаются в случае использования технологии фильтрации отработавших газов [6]. Если

ее использование не подтверждено, то значение выбросов  $e_{M_i}$  по С принимается равным 0,4 г/кВт·ч, а  $q_{эi}$  по С – 1,7 г/кг топлива.

Для дизельных двигателей групп Б, В, Г, Д, Е, Ж, прошедших капитальный ремонт, значения выбросов  $q_{эi}$  и  $q_{эi}$  по СО, СН, С, СН<sub>2</sub>О, БП необходимо умножать на 1,2, а значения  $q_{эi}$  и  $q_{эi}$  по NO<sub>x</sub> – на 0,95.

При наличии в комплектах поставки транспортных и стационарных дизельных установок документации, в которой приведены данные о выбросах вредных веществ в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала дизельного двигателя (режима работы), расчеты выбросов можно выполнять с использованием этих данных на основе учета режимов и времени работы на них установки. При этом значения расходов ОГ при работе установки на стационарных режимах берутся из технической документации или рассчитываются в соответствии с ГОСТ 31967–2012 [4], а для расчетов загрязнения атмосферы используются максимальные значения выбросов.

При наличии измерений количества выбросов вредных веществ в условиях реальной эксплуатации транспортных и стационарных дизельных установок в течение года полученные расчетные данные можно использовать в дальнейшем при проведении инвентаризации выбросов для расчета максимальных и валовых показателей выбросов, соответственно, по соотношениям (1), (2) с учетом данных по загрузке установки в течение года.

Допускается применять комбинированные методы оценки выбросов транспортными и стационарными дизельными установками: на основе расчетов выбросов с использованием данных, приведенных в технической документации предприятия-изготовителя; по результатам инструментального контроля в соответствии с ГОСТ Р 52408–2014 [5] и упрощенному методу контроля согласно ГОСТ Р 52408–2014 [5].

В расчетах рассеивания выбросов вредных веществ в атмосфере [7] при работе транспортных и стационарных дизельных установок допускается производить оценку расхода и температуры ОГ по упрощенному алгоритму [9].

Тогда расход ОГ от транспортной и стационарной дизельной установки в соответствии с работой [9] можно определять по выражению:

$$G_{ог} = G_{в} \cdot \{ 1 + 1 / (\varphi \cdot \alpha \cdot L_0) \}, \quad (3)$$

где  $G_{в}$  – расход воздуха, определяемый по соотношению [9]:

$$G_{в} = (1/1000) \cdot (1/3600) \cdot (b_э \cdot P_э \cdot \varphi \cdot \alpha \cdot L_0), \quad (4)$$

где  $b_э$  – удельный расход топлива на эксплуатационном (или номинальном) режиме работы двигателя, г/кВт·ч (берется из паспортных данных на дизельную установку);  $\varphi \approx 1,18$  – коэффициент продувки;  $\alpha \approx 1,8$  – коэффициент избытка воздуха;  $L_0 \approx 14,3$  кг воздуха/кг топлива – теоретически необходимое количество кг воздуха для сжигания одного кг топлива; значения остальных коэффициентов и параметров такое же, как и в (1), (2).

После подстановки (4) в (3) окончательная формула для расчета расхода ОГ от транспортной и стационарной дизельной установки приобретает вид:

$$G_{ог} \approx 8,72 \cdot 10^{-6} \cdot b_э \cdot P_э, \text{ кг/с.} \quad (5)$$

Объемный расход ОГ определяется по формуле:

$$Q_{ог} = G_{ог} / \gamma_{ог}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

где  $\gamma_{ог}$  – удельный вес ОГ, рассчитываемый по формуле:

$$\gamma_{ог} = \{ \gamma_{ог}(\text{при } t=0^{\circ}\text{C}) \} / (1 + T_{ог}/273), \text{ кг/м}^3, \quad (7)$$

где  $\{\gamma_{ог} \text{ (при } t=0 \text{ } ^\circ\text{C)}\}$  – удельный вес ОГ при температуре, равной  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; значение которого согласно работе [9] можно принимать  $1,31 \text{ кг/м}^3$ ;  $T_{ог}$  – температура отработавших газов, К.

При работе транспортных и стационарных дизельных установок на эксплуатационном режиме значение температуры ОГ, поступающих в атмосферу, можно принимать равной  $400 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Расчет диффузии вредных (загрязняющих) веществ с ОГ транспортных и стационарных дизельных установок в стратифицированной атмосфере предлагается проводить по апробированному авторами для автотранспорта [3] подходу Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова и АО «НИИ Атмосфера» (Санкт-Петербург) на основе численного решения уравнения атмосферной диффузии:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 (u_i + w_g k_{ji}) \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} K_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - \alpha q + S, \quad (8)$$

где  $q$  – концентрация вредного (загрязняющего) вещества;  $u_i$  и  $K_i$  – компоненты средней скорости ветра и коэффициента турбулентной диффузии вдоль декартовых координатных осей  $x_i$ ;  $w_g$  – скорость гравитационного оседания примеси (отлична от нуля в случае переноса частиц);  $k_{ji}$  – символ Кронекера, равный единице при совпадении индексов и нулю при их несовпадении;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий метаболизм веществ;  $S$  – член, учитывающий влияние источников и стоков примесей, их химическую (в том числе, фотохимическую) трансформацию и др.

Данный подход с обоснованными упрощениями стилизации и эмпирическими уточнениями [3] даст возможность по программе «Эколог 4» ООО «Фирма «Интеграл-Софт»» (Санкт-Петербург) надежно оценить максимальные значения концентраций поллютантов в окрестности работы транспортных и стационарных дизельных установок при нормально неблагоприятных метеорологических условиях (ННМН) [3] как неорганизованных источников загрязнения воздушной среды в Арктике.

Выводы:

1. Предложены оригинальные методические подходы экспериментально-расчетного контроля промышленной санитарно-гигиенической безопасности транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике по вредным (загрязняющим) веществам, поступающим в атмосферу с ОГ: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) (в пересчете на NO<sub>2</sub>), углеводороды (CH), сажа, твердые частицы ПМ (С), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), формальдегид (CH<sub>2</sub>O), бенз(α)пирен (БП).

2. Целесообразно организовать работы по внедрению разработанной методологии контроля и прогнозирования ситуаций чрезвычайно опасного загрязнения воздушной среды поллютантами транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике.

### Литература

1. Introducing the Air Quality Life Index Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy By Michael Greenstone and Claire Qing Fan. Energy Policy Institute at the University of Chicago, November 2018. URL: <https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2018/11/AQLI-Report.111918-2.pdf> (дата обращения: 11.12.2018).

2. Ложкин В.Н., Орлов Е.И., Гаврилов С.Ю. Обеспечение устойчивой генерации электрической и тепловой энергии в условиях чрезвычайных ситуаций мини-ТЭЦ, созданной на базе газогенераторной энергоустановки транспортируемого исполнения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2010. № 1 (13). С. 123–130.

3. Lozhkin V., Lozhkina O., Dobromirov V. A study of air pollution by exhaust gases from cars in well courtyards of Saint Petersburg: Thirteenth International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (SPbOTSIC 2018) // Transportation Research Procedia. 2018. 36. P. 453–458.

4. ГОСТ 31967–2012. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения с Изменением № 1. URL: [https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_31967-2012](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_31967-2012) (дата обращения: 11.12.2018).

5. ГОСТ Р 52408–2014. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Измерения в условиях эксплуатации. URL: [https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_%D0%A0\\_52408-2014](https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_%D0%A0_52408-2014) (дата обращения: 11.12.2018).

6. By Aniruddha Natekar, Matthew Menzel Tier 4 Emission Regulations on the Power Generation Industry / Power topic #9010 // Technical information from Cummins Power Generation URL: <https://www.missioncriticalmagazine.com/ext/resources/MC/Home/Files/PDFs/Cummins-Impact.pdf> (дата обращения: 11.12.2018).

7. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (введено в действие письмом Минприроды Рос. Федерации от 29.03.2012 г. № 05-12-47/4521). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902362499> (дата обращения: 11.12.2018).

8. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. 8 изд., перераб. и доп. URL: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293755294> (дата обращения: 11.12.2018).

9. Теория двигателей внутреннего сгорания / под. ред. Н.Х. Дьяченко. Л.: Машиностроение (Ленингр. отд.), 1974. 552 с.

## **ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**В.Д. Захматов, доктор технических наук, профессор;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**Н.В. Щербак, кандидат технических наук.**

**ООО «ЗОЛА», Санкт-Петербург**

Существующие технологии локализации и ликвидации разливов нефти на водоемах дороги, сложны, инерционны, не обеспечивают достаточно быстрой и качественной ликвидации разливов нефти. В статье проводится системный анализ технологий локализации и ликвидации разливов нефти с целью обоснования направления исследований по созданию новой, аварийно-спасательной универсальной техники, размещенной на одном морском или сухопутном транспортном средстве. Эта техническая система предназначена для тушения пожаров и предотвращения крупных, аварийных разливов нефти или ликвидации локальных разливов нефти.

*Ключевые слова:* разливы нефти, аварийные локальные, катастрофические разливы, пожар-причина разлива, локализация и ликвидация разливов, гавани, открытое море, побережье

## **LOCALIZATION AND LIQUIDATION OF EMERGENCY FLOODS OF OIL AND OIL PRODUCTS**

V.D. Zahmatov; V.A. Onov.

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

N.V. Shcherbak. LLC «ZOLA», Saint-Petersburg

The existing technologies for the localization and elimination of the oil spills on the water bodies of the road are complex, inert, and do not provide for a sufficiently fast and high-quality liquidation of the oil spills. The article provides a systematic analysis of technologies



for the localization and elimination of oil spills in order to substantiate the direction of research on the creation of new, emergency and rescue universal technology, located on one sea or land vehicle. This technical system is designed to extinguish fires and prevent large, emergency spills of oil or the elimination of local oil spills.

*Keywords:* oil spills, emergency local, catastrophic spills, fire-the cause of the spill, localization and liquidation of spills, harbors, open sea, coast

Ежедневно тонкая маслянистая пленка нефтепродуктов, толщиной в микроны, накапливается в грунтовых водах, системе канализации, реках, озерах, прудах, колодцах и прочих резервуарах естественного и искусственного происхождения. В результате вода становится непригодной для питья и хозяйственных нужд, происходит быстрая гибель всего живого под сплошной нефтяной пленкой, медленная деградация флоры и фауны. Большинство водоемов в городах и ближайших пригородах отравлены. Промышленные стоки с содержанием нефтепродуктов регулярно попадают в грунтовые воды, ливневую и бытовую канализации. Уровень такого рода загрязнений прямо пропорционален росту автопарка и числа автосервисов [1, 2].

### **Анализ составляющих элементов технологии локализации и ликвидации разливов нефти**

Успех ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов определяется: 1) – быстротой работ по локализации и сбору их разливов; 2) – достаточным наличием на складе предприятия материалов сбора нефти и оборудования для нанесения гранул сорбентов на площадь разлива нефти; 3) – квалификацией и навыками сотрудников МЧС России. Наиболее часто до настоящего времени разливы нефти удаляют при помощи устаревших и низкоэффективных по показателю сорбционной активности материалов: хлопчатобумажная ветошь, салфетки, полотно, обтирочные концы, речной песок, опилки, стружка древесная. Эти устаревшие материалы только намокают, впитывая малую долю нефти, не превышающую их собственного веса. Они быстро насыщаются нефтяной пленкой, сильно пачкаются – быстро вымазывая рабочую одежду персонала. Как правило, применение даже больших масс этих материалов не позволяет собрать разлив нефти полностью, используются однократно – поэтому для ликвидации разливов требуются большие объемы этих материалов. Как следствие, значительно увеличиваются объемы отработанных материалов, передаваемых на утилизацию [3–5], очень часто неизвестно, что и как с ними делать. Например, после ликвидации разлива нефти в Керченском проливе в порту г. Керчи на причале не менее трех-четырёх лет находилась свалка сорбентов, заполненных нефтью. Из этой свалки под нагревом солнца даже образовалось несколько «ручьев» нефти, текущих обратно в море и сильно загрязнивших гавань [6–8].

При крупных разливах нефти и нефтепродуктов береговую линию засыпают песком. Но это малоэффективно, так как это не ликвидирует последствия разлива, а лишь временно скрывает их. С наступлением теплой погоды, когда солнце прогревает песок, эти нефтяные бляшки расплавляются и образуют большие, загрязненные массы песка, сползающие в воду и загрязняющие ее. В результате на песке образуются хорошо видные пятна нефти, пропорционально температуре воздуха и нагреву песка солнцем усиливается запах нефти от песка и воды, на которой образуются ясно видимые пленки нефти, сильно пачкающие купальщиков. Пляж становится непригодным для отдыха. Это было массовым явлением в Крыму в 2009–2011 гг., начиная от г. Керчи и до г. Ялты, по убывающей степени площадей пляжей непригодных для отдыха [8, 9].

Процесс ликвидации аварийного разлива нефти условно можно разделить на три стадии:

- 1 – локализация и ликвидация аварийных разливов нефти на суше и на воде;
- 2 – сбор и извлечение продукта с поверхности воды или грунта;

3 – транспортировка собранного продукта к месту переработки или утилизации, а также дальнейшая рекультивация земель (при разливе на грунте).

Современные средства для локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов можно разделить на семь больших групп:

1. Боновые заграждения.
2. Скиммеры (устройства для сбора нефти с поверхности воды).
3. Сорбенты (материалы, собирающие нефть способом адсорбции и абсорбции).
4. Диспергаторы (специальные химические вещества, ускоряющие процессы биологического разложения нефти).
5. Биохимические препараты.
6. Микробиологические средства.
7. Вспомогательные средства (плавсредства, насосы, цистерны, наземные и воздушные транспортные средства, средства связи).

Разливы нефти на воде могут локализовать и ликвидировать только подразделения МЧС России или аварийно-спасательное формирования (АСФ). Они должны быть в достаточном количестве укомплектованы: 1 – бонами – гидрофобными, сорбирующими или ограждающими разлив нефти или образовавшуюся позднее пленку нефти; 2 – органическим сорбентом нефти или полотном гидрофобным сорбирующим. Объем этих материалов в аварийных подразделениях, как правило, недостаточен для сбора ожидаемых, потенциально крупных разливов нефти и их последствий – протяженных нефтяных пленок на акватории. Во многих аварийно-спасательных частях эти боны, сорбенты, гидрофобные полотна давно непригодны к использованию, а часто вообще отсутствуют. Гидрофобных сорбирующих материалов и оборудования ликвидации разливов нет совсем у подавляющего числа виновников мелких и средних разливов – предприятий, фирм, заправок, мелких нефтебаз, владельцев моторных лодок, яхт и проживающих в домах, коттеджах, особняках с локальной отопительной системой на дизельном топливе [10, 11].

Про разливы никто из владельцев домов и плавательных средств не вспоминает на бытовом уровне, пока не сталкиваются непосредственно с «неожиданными и непредсказуемыми» разливами и отсутствием средств их локализации и ликвидации, даже минимально эффективных. А пока они будут искать сорбенты (или скорее кому продать этот участок с домом и колодцем), тем временем этот разлив не даст брать воду не только ближайшим соседям, но и всему поселку или региону.

Анализ статистических материалов [4] показывает следующее:

– яхт-клубы, марины, гостиницы и даже автозаправочные станции у воды в 90 % случаев не имеют специальных материалов и тем более техники распыла сорбентов для сбора разливов нефтепродуктов с воды; есть рост интереса к данному вопросу;

– сотрудники фирм и госпредприятий, как правило, не знакомы с новыми материалами, технологией быстрой локализации и сбора разливов нефти. Практические навыки отрабатываются не до того, как случится разлив, а в процессе работы по ликвидации случившегося разлива;

– учения проводятся регулярно только в крупных городах, по линии МЧС России, где уже были разливы нефти и нефтепродуктов или чрезвычайные ситуации, одним из последствий которых стали разливы, упомянутые в средствах массовой информации или в отчетах общественных, экологических организаций типа «GreenPeace»;

– фирмы и частные лица по возможности скрывают разливы, мотивируя это отсутствием финансирования на закупку материалов для сбора разливов, что является грубым нарушением закона;

– подразделения МЧС России консервативны в выборе новых материалов, не имеют системы натурных испытаний для постоянного отслеживания новых технологий и материалов для сбора разливов.

## Ликвидация аварийных разливов нефти (ЛАРН)

Разлив нефти – одна из наиболее сложных и трудоемких проблем, поскольку нефть содержит как тяжелые, так и летучие углеводороды. Ликвидация разливов нефти в первую очередь ориентирована на локализацию и сбор пятен с относительно толстым слоем нефти для предотвращения дальнейшего увеличения площади загрязнения. Устранение последствий нефтяных разливов осуществляется с использованием специальных средств: кораблей-нефтесборщиков для подборки с поверхности воды основной массы разлива; различных вспомогательных судов и катеров, вплоть до рыболовных, оснащенных нефтесборочным оборудованием; для зачистки акватории воды, после грубого сбора разливов по пп. 1,2, с помощью гранулированных адсорбентов, биоадсорбентов и распылителей для их разброса по пленкам разлива. До настоящего времени операция разброса, в основном определяющая эффективность применения гранул, в подавляющем большинстве случаев, осуществляется совковыми лопатами с борта кораблей [9].

На практике защита от нефтяных пятен разлива на воде начинается с их локализации. Для препятствия растеканию нефтепродуктов, как правило, используются боновые ограждения. Всего существует три класса бонов: 1 – для рек и водоемов; 2 – для прибрежной зоны; 3 – для применения в открытых акваториях. Для локализации нефтеразлива могут применяться самонадувающиеся, массивные надувные, отклоняющиеся и несгораемые боны (рис. 1).

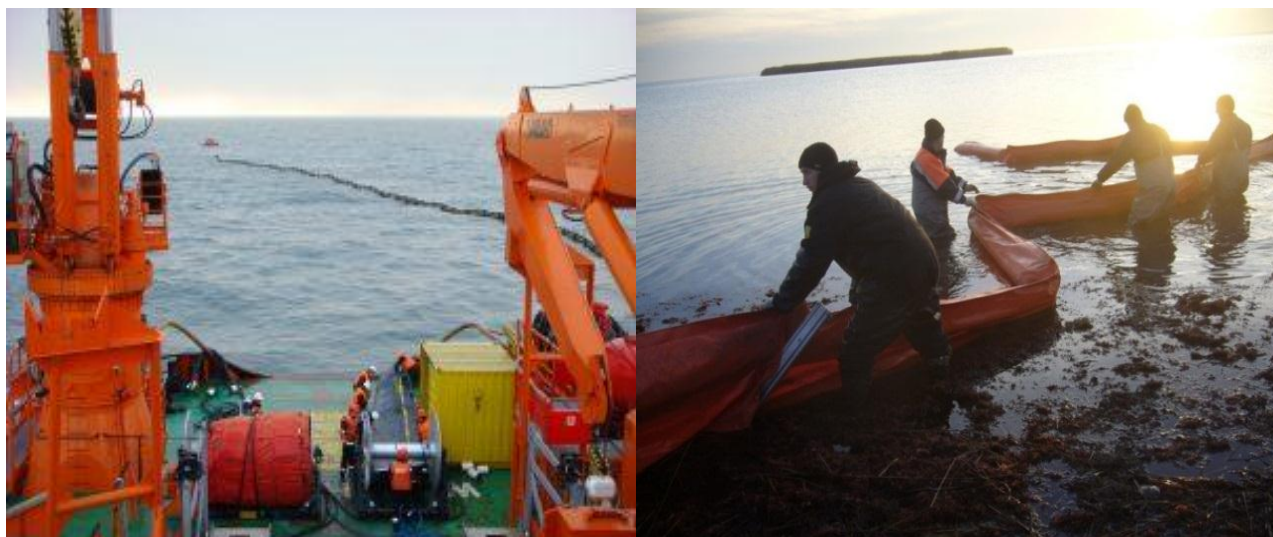


Рис. 1. Локализация аварийных разливов нефти

После локализации разлива необходимо как можно быстрее приступить к ЛАРН. Технологии ликвидации катастрофы зависят от масштабов разлива. Наиболее часто применяются четыре следующих технологии [11]:

1 – термическая, заключается в выжигании разливов нефтепродуктов. К этой технологии целесообразно прибегать в случае, если толщина слоя нефти больше 3,3 см. Здесь важна оперативность: выжигание эффективно лишь тогда, когда нефть не смешалась с водой. Эта технология реализуется только на начальной стадии разлива нефти. Например, при аварии танкера или фонтанирующей аварийной скважине на нефтедобывающей платформе. Эта операция является составляющей при тушении горящего фонтана из скважины или куста скважин на нефтедобывающей платформе. После сбития пламени на платформу высаживается ремонтная бригада для надевания заглушки на скважину и перекрытия фонтанирующей нефти. Если это не удастся сделать частично или полностью в течение ограниченного времени, то ремонтная бригада эвакуируется с платформы и вытекающая нефть на воде поджигается. После

частичного выгорания разлитой нефти начинается подготовка к следующей огнетушащей атаке для продолжения работы по монтажу заглушки на аварийной скважине [11].

2 – механическая, заключается в сборе нефти с помощью специальных агрегатов, например кораблей-нефтесборщиков, выпускаемых в США и Канаде. Этот метод эффективен, если разлив не успел сильно растечься, а также, если на поверхности воды нет мусора. На практике кораблей-нефтесборщиков мало. Они производятся только в США, Канаде и стоят десятки миллионов долларов. Чаще всего, такие суда оснащены нефтесборщиками барабанного типа, также имеют направляющие захваты, устройство для грубой очистки с механизмом сбора и измельчения мусора, нефтесборщик, палубную рубку с пультом управления, корзину для сбора измельченных частиц мусора, емкость для временного хранения нефти. Эффективный сбор разлитых на водной поверхности нефтепродуктов обеспечивает ленточный жестко-щеточный конвейер, который монтируется на носу судна. Нефть и вода фильтруются через щетки несколько раз, вследствие чего вода становится чистой уже на выходе с ленточного коллектора. Скорость сбора обычно составляет два-три морских узла, причем мусор и нефтепродукты разделяются автоматически [6].

Теоретические расчеты позволили установить, что наиболее часто встречающийся на практике диапазон толщины пленки нефти при разливе на воде от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров легко и эффективно убираются механически. Практика реальных аварий демонстрирует, что даже при относительно комфортных погодных условиях и толщине пленки в несколько десятков миллиметров и более стандартный сборщик нефти обычно собирает до 50–60 % воды вместо нефти, в том числе в виде эмульсии (вода в нефти), которая требует дополнительной сепарации от нефти. Такая сепарация при сборке нефти и вода очищается до уровня предельно допустимой концентрации только на дорогих, крупнотоннажных судах-сборщиках. Невозможно собрать таким образом более 60 % нефти. Но применение таких судов ограничено на волне более 0,5–1 м и на малых глубинах такая техника мало эффективна или вообще не применима.

Морские аварийные силы и средства приморских развитых стран базируются в морских портах и не в состоянии обеспечить оперативную ЛАРН на расстоянии 100–150 км от них. В случае волнения на море спасательные суда не смогут на максимальной скорости идти к месту аварии, следовательно, время реагирования на чрезвычайную ситуацию затянется на 8–10 ч и более. За такой срок под воздействием ветра нефтяное пятно существенно увеличится в размерах. В результате масштаб аварии может возрасти и привести к серьезным экологическим бедствиям.

3 – физико-химическая, состоит в использовании диспергентов и дисперсантов. При достаточной толщине пленки сорбирующие вещества оперативно впитывают нефть и удерживают ее внутри. Диспергенты – химические активные вещества, вступающие в реакцию с компонентами нефти, превращая ее в химически инертный остаток с удельным весом больше воды, поэтому тонущий и опускающийся на дно. Реально на гранулу диспергента налипает больше нефти, чем масса, с которой она может реагировать. Поэтому нефть только частично нейтрализуется, гранула с налипшей нефтью не тонет, а плавает на воде или на небольшой глубине. Гранулы соединятся, образуя химически активные, экологически вредные плавающие пятна на воде и плавающие конгломераты под водой, что стало большой проблемой в Мексиканском заливе. Поэтому диспергенты возможно и рекомендуется применять только в исключительных случаях, поскольку они несут угрозу для окружающей среды, хотя и меньше, чем разлив нефтепродуктов. Поэтому ликвидация разлива разделяется минимум на две стадии: 1 – локализация и ликвидация разлива нефти с помощью распыления гранул диспергентов на слой или пленку разлива нефти; 2 – локализация и ликвидация на поверхности воды пятен смеси гранул диспергентов с налипшей на них нефтью или плавающих на глубине 0,5–4 м конгломератов гранул, облепленных полностью не нейтрализованной нефтью. Вред от таких пятен и конгломератов комплексный: от токсичных диспергентов

и от не нейтрализованной части нефти, налипшей на эти конгломераты. Например, при ликвидации наибольшего в истории разлива нефти в Мексиканском заливе в 2008 г. американцы отдали предпочтение диспергентам, в результате кроме разлива нефти им пришлось ликвидировать также сильно токсичные плавающие и полузатонувшие «островки», образовавшиеся из гранул диспергентов с налипшей на них нефтью [6].

Естественный способ утилизации разливов нефти – биodeградация – биологический распад – наиболее естественный и безопасный способ утилизации нефти и нефтепродуктов, когда разливы относятся далеко в море и постепенно оседают на дно, при этом процесс биораспада может продолжаться до нескольких месяцев и даже лет. Для ускорения биораспада над нефтяными пленками распыляют дисперсанты – химически активные вещества, значительно изменяющие химические свойства нефтяной пленки для ее быстрого разложения, диспергации и осаждения на дно, загрязнение которого считается более предпочтительным, чем береговой зоны. Это мнение основано на том, что последствия загрязнения дна менее видны, чем берега. Однако нет результатов исследований, доказывающих меньший вред от загрязнения дна, чем от загрязнения нефтью побережья, особенно в отдаленной перспективе. Механизм биodeградации лег в основу метода восстановления окружающей среды – «биоремедиации» путем искусственного ускорения естественного распада нефтяной пленки. Скорость этого распада весьма мала, длительность процесса измеряется месяцами, зависит от химических свойств нефти и от биологической активности донных фауны и флоры [12].

4 – биологическую технологию для зачистки, как правило, применяют после того, как использованы вышеупомянутые технологии. Биологическая – наиболее передовая и эффективная технология – способна очистить воду и побережье практически полностью. Для ее реализации используются биосорбенты. При достаточной температуре воды и насыщенности кислородом бактерии быстро поедают остатки нефтепродуктов. Если температура воды низкая, менее +5 °С, способ биологического устранения разливов нефти может затянуться вплоть до десятков лет.

Нефть при попадании в воду поступательно разливается пятном. По мере увеличения площади пятна от разлитой 1 т нефти толщина пленки уменьшается с 10 мм до 1 мм. А максимальная зона покрытия – 12 км. Разлитие нефти в водоемах наносит урон не только обитателям водной среды, но и негативно сказывается на состоянии и обитателях дна и прибрежной зоны. Для сбора нефтяных и масляных продуктов с поверхности воды применяются специальные сорбенты, обладающие способностью к поглощению разлитых материалов. Назначение нефтяных сорбентов: предотвращение последствий разливов нефти на водной поверхности, уменьшение негативных последствий для окружающей среды (рис. 2).



**Рис. 2. Гранулы биологических сорбентов для ликвидации пленки разлива нефти и нефтепродуктов**

Основные характеристики сорбентов для сбора нефти на водной поверхности: плавучесть – для улучшения плавучести сорбенты выпускаются в виде изделий с армирующим покрытием: гранулы, бобы, маты и т.д.; нефтепоглощение – основной показатель

эффективности нефтяного сорбента; водопоглощение – если материал обладает высоким уровнем впитываемости воды, то его покрывают специальным составом – гидрофобизатором. Кроме вышеназванных характеристик при выборе сорбента также учитываются стоимость самого материала и его утилизации, а также удобство транспортировки.

Известны три вида сорбентов для сбора нефтепродуктов на водной поверхности:

1. Синтетические: полипропилен, поролон, синтепон, каучуковая крошка и т.д. Самый популярный вид сорбента, благодаря низкой стоимости, производится из отходов промышленного производства. Отличается объемностью, легким весом, плавучестью после поглощения нефти, высокой скоростью сорбции. Такой сорбент может быть использован повторно после очистки.

2. Органические: торф, опилки, бурый уголь, шерсть, сечка пшеницы, шелуха гречихи. Самый популярный биологический сорбент – это торф. Другие материалы-отходы деревообрабатывающей и аграрной промышленности используются редко. Сорбент применяется при толщине пленки более 0,1 мм. Основное преимущество – 100 % отсутствие вреда для окружающей среды. Но, так как скорость адсорбции низкая, то применяется в качестве дополнительного материала для сбора.

3. Минеральные: графит, базальтовое волокно, стекловолокно, вспененный никель. Используются для сбора разливов редко по причине трудной транспортировки, большого веса и дорогой утилизации [9, 11, 12].

Организации, осуществляющие разведку месторождений, добычу нефти, а также переработку, транспортировку и хранение данных полезных ископаемых, обязаны создавать собственные формирования (подразделения) для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на суше и на воде, проводить аттестацию указанных формирований в соответствии с законодательством Российской Федерации, оснащать их специальными техническими средствами или заключать договоры с профессиональными АСФ (службами), выполняющими работы по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, имеющими соответствующие лицензии и (или) аттестованными в установленном порядке [5, 10].

На пожаровзрывоопасных морских нефтедобывающих платформах, нефтеперерабатывающих и химических заводах, резервуарных и газгольдерных парках разрабатывается план ЛАРН и нефтепродуктов, который нужно согласовать в установленном порядке, в соответствии с предъявляемыми требованиями к разработке и согласованию планов по осуществлению данных мероприятий на территории Российской Федерации. В плане предусматриваются численность АСФ, технические средства, предназначенные для локализации и последующей ликвидации разливов нефти и/или нефтепродуктов [4].

После получения сообщения о разливе нефтепродуктов, при необходимости, руководитель аттестованных нештатных АСФ проводит сбор и выезд патрульной (разведывательной) группы для контрольного осмотра технологического оборудования объекта нефтепродуктообеспечения и прилегающих участков с целью определения точного места и масштабов аварии. Патрульная группа, направленная для контрольного визуального осмотра места разлива и прилегающих участков территории (акватории) для определения точного места аварии, ее масштабов, должна иметь необходимое оборудование, инструмент, инвентарь.

Рассмотрим ряд примеров проведения операций по локализации и ликвидации крупных аварийных разливов нефти в морях. При аварии танкера в декабре 2007 г. у берегов Индонезии вытекло около 1 000 т нефтепродуктов, площадь разлива более 3,5 га. Для локализации и сбора нефтяной пленки на поверхности моря начиная с первых суток ежедневно работали более 9 000 моряков и солдат, около сотни кораблей и тысячи добровольцев – окрестных рыбаков, для которых этот разлив означает потерю работы и источника существования на ряд ближайших лет. В результате этого массового, хорошо организованного труда, с привлечением всевозможных сил и средств, в течение 12 дней аварийная операция по ликвидации нефтяного разлива успешно завершилась – была полностью собрана нефтяная пленка на воде, не допущена до берега и до рыбных промыслов.



В январе 2008 г. 300 т нефти разлилось в районе г. Гданьска в Балтийском море. С первого дня в море, в районе нефтяного разлива, напряженно работали десятки польских и германских судов, а также тысячи моряков и солдат круглосуточно трудились в море и на берегу с основной целью – не допустить разлив нефти до берега или, по крайней мере, обеспечить ее локализацию в момент выброса на берег, не допустив осаждения нефти на песчаные пляжи, а особенно на каменистые участки балтийского побережья. Именно каменистые участки наиболее трудны для сбора нефти. Хорошо организованные усилия тысяч солдат, матросов, сотен технически оснащенных спасателей не пропали даром: нефтяная пленка ликвидирована за восемь дней, не допущены выбросы нефти на побережье Польши, Германии и России [4].

При ликвидации разлива нефти у берегов Норвегии в феврале 2007 г., в гораздо более тяжелых условиях Северного Ледовитого океана также оперативно были привлечены максимально возможные аварийно-спасательные и армейские силы и техника на кораблях и вертолетах, множество добровольцев, достаточное финансирование. В результате в течение 11 дней напряженной и самоотверженной работы удалось локализовать аварию в море, не допустив ее до берегов. Особенно трудна операция утилизации разлива на берегу собранных конгломератов, состоящих из практически очень трудно делимой смеси нефти, водорослей, мусора с поверхности моря: стоит не более 40 евро/кв.м. собранной нефтяной пленки, в то время как сбор нефти с 1 кв<sup>2</sup> пляжа стоит более 100 евро, а с камней – намного больше, вплоть до 1 000 евро и выше, как показал вышеописанный опыт Испании [2, 4].

В 2002 г. был крупный разлив нефти у берегов Аляски – более 1 000 т из аварийного танкера. Сбор нефти с поверхности холодной, арктической воды длился более двух месяцев и потребовал напряженной работы множества нефтесборочных и вспомогательных судов и тысяч людей. Основной, успешно достигнутой целью этой аварийной операции было не допустить нефтяные пленки до берега, так как убрать нефтяную пленку с поверхности воды многократно проще и дешевле от 10 до 100 раз, в зависимости от вида и конфигурации побережья, например, практически невозможно полностью очистить от нефтяного разлива каменистые, тем более скалистые участки побережья. Это хорошо подтверждает опыт одной из наиболее трудных, длительных, дорогостоящих операций по ликвидации последствий разлива нефти, около 1 000 т, из аварийного танкера «Престиж» у берегов Испании более пяти лет назад. Вследствие ряда причин, в частности отсутствия и своевременного прибытия специальных, достаточно мощных кораблей – сборщиков разливов нефти, недостаточно быстрой и эффективной организации аварийных работ, мобилизации больших сил и средств, отсутствия опыта и квалифицированных специалистов, аварийным испанским службам не удалось своевременно локализовать разлив нефти на море, и основную часть нефти морские волны выбросили на берег. Операция по уборке нефти с берега продолжалась около четырех лет, ее стоимость составила более 1,6 млрд евро. При этом наибольшую трудность представляла очистка каменистых участков побережья, особенно скалистых участков берега. На этих участках в течение ряда лет, даже после многократных, дорогостоящих очисток, продолжалось выделение из глубоких расщелин пленок нефтепродуктов, загрязняющих рядом расположенные пляжи и делающих их непригодными для отдыха [9].

Регулярно происходят крупные аварии нефтетанкеров у побережья Аляски и Канады. Операции по ликвидации этих разливов, организуемые, как правило, совместно аварийными службами США и Канады отличаются массовым, но в то же время дозируемым по необходимости, исходя из имеющегося большого опыта, применением наиболее дорогой, мощной и совершенной морской и авиационной техники по локализации и сбору разливов нефти и нефтепродуктов с поверхности морских и океанских акваторий. Однако даже эта наиболее дорогая техника при ее высококвалифицированном применении не может гарантировать своевременную локализацию и ликвидацию больших нефтяных разливов, особенно в районах сильных морских и океанских течений в арктических районах,

а, следовательно, не гарантируется ликвидация возможности выбросов нефти на берег и минимизация экологических ущербов на суше и на море [1, 3].

Особую озабоченность американцев, канадцев, индонезийцев, поляков, норвежцев и специалистов других стран, имевших в последнее десятилетие опыт успешного проведения операций по локализации и ликвидации разливов нефти, вызывает проблема ускорения сбора нефти с поверхности моря с целью не допустить опускания нефти на дно моря, так как их специалисты обоснованно считают, что это большой источник загрязнения даже в случае фиксирования нефти на дне, а тем более при поднятии конгломератов нефти на поверхность в случае изменения температуры и плотности воды при потеплении или воздействии сильного течения. При этом американские, канадские, польские, норвежские специалисты обоснованно считают, что нефтяные «шары» (конгломераты) не будут опускаться на большую глубину, а длительное время будут плавать близко к водной поверхности, опускаясь и поднимаясь в зависимости от изменения плотности, температуры и солености воды, а также динамической силы течений [5].

До последнего времени Азовское и Черное море сильно перегружены транспортировкой нефти в танкерах и подводных трубопроводах. Наиболее интенсивен поток нефтепродуктов от портов Кавказа – Батуми до Одессы, Ильичевска, Румынии и Болгарии. Этот поток танкеров проходит в опасной близости от берегов Крыма. Авария с любым из них грозит экологической катастрофой для полуострова Крым, акватории Черного и Азовского морей. 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе близ косы Тузла потерпел крушение российский танкер «Волгонефть-139». Судно перевозило более 4 000 т нефтепродуктов в двух танках, один из которых был полностью разломан, и не менее 2 000 т нефти вылилось в воду. Даже без учета нескольких сотен тонн серы, оказавшейся в море с других потонувших судов, разлив 2 000 т нефти или нефтепродуктов – очень большая экологическая катастрофа для ограниченных бассейнов Черного и Азовского морей в 2008–2010 гг. По оценке специалистов-экологов [2, 4], более 1 000 т мазута осело на дно моря, при этом не менее 500 т нефтепродуктов в виде шаров, сфер плавало в холодной воде на глубине 3–6 м вдоль Крымского побережья.

На Черном море в период СССР был успешный опыт неоднократной, оперативной локализации и сбора разливов нефти с целью не допустить эти крупномасштабные нефтяные пленки к побережью. В августе 1986 г. с феодосийского судоремонтного завода произошел прорыв резервуара с нефтяными отходами, и в море вылилось более 100 т нефти. От Феодосии нефть в море не ушла, а в соответствии с традиционными для этого времени года морскими течениями пошла вдоль берега. В операции по вылавливанию нефти из моря были задействованы все имеющиеся на то время суда-нефтесборщики из портов Черного и Азовского морей. Нефть тогда остановили на подходе к пос. Форос. Более трех недель два мощных нефтесборщика и десятки вспомогательных судов работали круглосуточно с полным напряжением сил и практически большую часть нефти собрали в море, не допустив ее выброса на берег.

В настоящее время видимо есть только один более дешевый и реальный путь защиты Балтийского, Каспийского, Азовского и Черноморского побережий Российской Федерации от аварийных разливов нефти, возникновение которых уже сегодня имеет высокую степень вероятности катастроф для существующей загрузки данных акваторий транспортным потоком нефти – танкерами и подводными трубопроводами. Этот путь защиты акваторий неизбежно предполагает дальнейшее усовершенствование новых технологий.

Выводы:

– современные технологии локализации и ликвидации разливов нефти низкоэффективны, требуют дорогой техники и многочисленного, квалифицированного персонала;

– самое тяжелое положение в арктических морях, где значительная часть разлива плавает под водой, а для ликвидации пятен и пленок разлива необходима быстрая работа



нескольких дорогих нефтесборщиков, то есть по побережью арктических морей необходимо разместить в портах десятки судов-нефтесборщиков;

– наиболее целесообразно с технической и экономической точек зрения рассмотреть путь совершенствования биологической технологии, применения биосорбентов и техники их распыления по разливам нефти.

### **Литература**

1. Коротенко К., Мамедов Р. Моделирование процесса распространения пятен нефти в прибрежной зоне Каспийского моря // *Океанология*. 2001. 41. С. 42–52.
2. Cough P.S., Zwarts F.J. Modeling heterogeneous two-phase reacting flow // *AIAA. Journal*. 1989. Vol. 17. № 1. P. 17–25.
3. Ergin S. Fluid flow through packed columns // *Chemical engineering progress*. 1952. V. 48. № 2. P. 89–94.
4. IPIECA. A Guide to Contingency Planning for Oil Spills on Water. Report Ser. Vol. 2: London IPIECA. 2000. 30 p.
5. Korotenko K.A., Mamedov R.M., Moores C.N.K. Prediction of the Transport and Dispersal of Oil in the South Caspian Sea Resulting from Blowouts // *Environmental Fluid Mechanism*. 2002. 1. P. 383–414.
6. Maderich V., Brovchenko I. Oil Dispersion by breaking waves and currents // *Sea Technology*. 2005. 46. № 4. P. 17–22.
7. Thorpe S. Langmuir Circulation and the Dispersion of the Oil Spills in Shallow Seas // *Spill Science and Technology Bulletin*. 2000. 6. P. 213–223.
8. Tan S.K., Yao A.F. Recognition and measurement of dispersed oil droplets in water column // *Journal of Hydraulic Research*. 2001. 39. № 1. P. 99–103.
9. Witmen K.G. Not Quite Simper Paratus // *The Bulletin U.S. Coast Guard Academy Alumni Association*. 1999. May/June.
10. Щербак М.В., Захматов В.Д. Новые технологии локализации разливов нефти в море // *Пожаровзрывобезопасность*. 2010. Т. 19. № 6. С. 56–63.
11. Щербак Н.В. Новая техника для реализации современных, информационных технологий при ликвидации последствий экологических катастроф // *Пожаровзрывобезопасность*. 2010. Т. 19. № 9. С. 42–46.
12. Torud, pommid ja labidad – plahvatuslik tuletorjetechnologia // *Inseneria*. Tallinn, Estonia. 2014. P. 14–20.

## **ОБЗОР МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ВООРУЖЕНИИ МЧС РОССИИ**

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

**В.Р. Новиков;**

**М.С. Бесков.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены примеры маломерных судов, стоящих на вооружении подразделений МЧС России, выявлены их достоинства и недостатки, предложены варианты усовершенствования материально-технической базы.

*Ключевые слова:* маломерные суда, обеспечение безопасности, совершенствование материально-технической базы

## OVERVIEW OF SMALL VESSELS IN SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA

V.V. Say; V.R. Novikov; M.S. Beskov.

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

The article describes the examples of small vessels lying in the arms of divisions of EMERCOM of Russia, identified their strengths and weaknesses, and the options of improvement of material-technical base.

*Keywords:* small size vessels, security, improvement of material and technical base

По официальным данным гибель в акваториях является третьей по частоте причиной смертности [1]. Ежегодно на территории Российской Федерации происходит более 5 000 происшествий на водных объектах, в том числе с гибелью людей, статистика таких происшествий представлена на рис. 1.

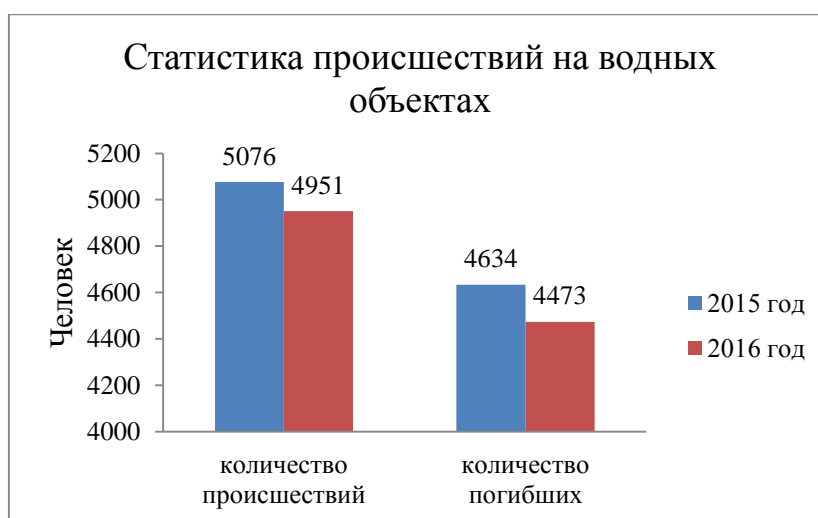


Рис. 1. Статистика происшествий на водных объектах в Российской Федерации за 2015–2016 гг.

Несмотря на снижение количества случаев с гибелью людей, проблема по оказанию своевременной помощи на водных объектах имеет огромное значение.

Одной из основных задач Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) является обеспечение безопасности людей на водных объектах, кроме этого подразделениями МЧС России проводятся водолазные и поисково-спасательные работы в акваториях [2].

На быстрое оказание помощи на водных объектах влияет множество факторов, вот некоторые из них:

- позднее обнаружение пострадавших;
- позднее сообщение о происшествии;
- недостаточный уровень подготовки спасателей;
- метеорологические условия;
- техническое состояние спасательных средств и транспорта.

В настоящее время подразделениями МЧС России широко применяются различные суда, в частности Государственной инспекцией по маломерным судам и подразделениями поисково-спасательных служб применяются маломерные суда, тактико-технические характеристики (ТТХ) которых приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1. Типаж маломерных судов на вооружении МЧС России

№ п/п	Тип судна	Наименование судна	Материал судна	Тактико-технические характеристики				
				Гарантийный срок эксплуатации, год	Габаритные размеры, м	Грузоподъемность, кг	Вместимость, чел.	Мощность мотора, л.с.
1	Катер	Кальмар 65Т	Стеклопластик	2	7,7х2,8	1 200	8	2х115 л.с., скорость 70 км/ч
2	Катер	Касатка	Алюминий	3	6,3х2,4	850	6	1х125–200 л.с., скорость 75 км/ч
3	Катер	Мастер 410	Легкий коррозионно-стойкий алюминиево-магниевый сплав АМг5М	1	4,1х1,64	375	5	1х30 л.с., скорость 50 км/ч
4	Катер на воздушной подушке	Марс-700	Стеклопластик, алюминий	2	7,63х3,2	700	9	1х110 л.с., скорость 65 км/ч
5	Катер	Мангуст	Алюминиево-магниевый сплав	15	19,45х4,4	28 000	20	2х1 500 л.с., скорость 92 км/ч
6	Катер	Стингер 510	Стеклопластик	2	5,7х1,95	500	5	1х115 л.с., скорость 70 л.с

Как видно, применяемые суда имеют ряд недостатков, таких как:

- ограниченный срок эксплуатации;
- сложное техническое обслуживание, не только двигателей, но и надстройки;
- ряд судов выполнен из хрупких материалов (стеклопластик), что ограничивает их применение в прибрежных зонах, имеющих скалистый рельеф. На рис. 2, 3 представлены образцы маломерных судов МЧС России.



Рис. 2. Маломерное судно «Мангуст»



Рис. 3. Маломерное судно «Кальмар 65Т»

В настоящее время на вооружении различных зарубежных служб на протяжении нескольких лет активно применяются маломерные суда из полиэтилена низкого давления, их ТТХ приведены в табл. 2 [4–6] (рис. 4, 5).

Таблица 2. Типаж маломерных судов из полиэтилена низкого давления, применяемых в зарубежных странах

№ п/п	Тип судна	Наименование судна	Тактико-технические характеристики				Область применения
			Габаритные размеры, м	Грузоподъемность, кг	Вместимость, чел.	Мощность мотора, л.с.	
1	Лодка	Кит XSY-018 (Турция)	18,5x5	17 400	–	2x600 л.с., скорость 46–83 км/ч	Спасательные службы
2	Лодка	Дельфин SSY-010 (Турция)	9,95x3,35	5 400	12	1x370 л.с., скорость 46–83 км/ч	
3	Лодка	Акула PSY-013 (Турция)	13,4x3,8	9 000	12	2x370 л.с., скорость 46–83 км/ч	
4	Лодка	Арктика 23 (Норвегия)	7,0x2,5	1 785	8	1x180–250 л.с., скорость 46–83 км/ч	Патрульный катер
5	Катер	Лойд Р-23 (Англия)	14,0x4,2	10 000	14	2x370 л.с., скорость 46–83 км/ч	
6	Лодка	Арктика 28 SAR (Норвегия)	8,9x2,6	2 500	18	2x175–200 л.с., скорость 46–83 км/ч	Спасательные службы



Рис. 4. Маломерное судно спасательно-водолазной службы Норвегии «Арктика 28 SAR»



Рис. 5. Маломерное судно спасательной службы Турции «Акула PSY-013»

На территории Российской Федерации имеется несколько производителей маломерных судов из полиэтилена низкого давления, один из которых Arctic-Boat, ТТХ этих судов представлены в табл. 3 [7] (рис. 6).

Таблица 3. Типаж маломерных судов из полиэтилена низкого давления, сделанных в Российской Федерации

№ п/п	Тип судна	Наименование судна	Тактико-технические характеристики			
			Габаритные размеры, м	Грузоподъемность, кг	Вместимость, чел.	Мощность мотора, л.с.
1	Лодка (Arctic-Boat)	Лодка «Арктика» 5,1 м	5,1x2,2	1 000	6	Подвесной мотор 70–90 л.с.
2	Лодка (Arctic-Boat)	Лодка «Арктика» 6,8 м	6,8x2,5	1 100	10	Подвесной мотор 100–250 л.с.
3	Лодка (Arctic-Boat)	Лодка «Арктика» 7,8 м	7,8x2,7	1 600	14	Подвесной мотор 115–300 л.с. (с мотором 225 л.с. Скорость была 80 км/ч)
4	Лодка (Arctic-Boat)	Лодка «Арктика» 8,5 м	8,45x2,7	1 700	16	Подвесной мотор 115–350 л.с.
5	Лодка (Arctic-Boat)	Лодка «Арктика» 9,5–10,5 м	10,5x3,5	1 700	18	Подвесной мотор 115–350 л.с.



Достоинства этих лодок следующие:

- благодаря своим физическим свойствам, полиэтилен низкого давления обладает высокой плавучестью;
- не подвержены коррозии;
- не подвержены росту морских отложений;
- химически-маслостойкие;
- не подвержены деформации от физических воздействий при столкновениях с острой породой;
- практически неограниченный срок эксплуатации.



Рис. 6. Маломерное судно «Лодка «Арктика» 8,7»

Представленные в табл. 2, 3, маломерные суда имеют общие достоинства, однако отечественные производители имеют преимущество, благодаря расположению производства на территории Российской Федерации, и меньшей цене.

Применение лодок из полиэтилена низкого давления российского производства позволит снизить затраты на обслуживание маломерных судов, стоящих на вооружении МЧС России, и, возможно, повысит показатели реагирования на происшествия в акваториях. На данный момент такие суда применяются подразделениями Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации в условиях Крайнего Севера.

#### Литература

1. Анализ деятельности по обеспечению безопасности людей на водных объектах за 2016 год. М., 2017.
2. Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Указ Президента Рос. Федерации от 11 июля 2004 г. № 868. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
3. Силы и средства ГИМС. URL: <http://www.mchs.gov.ru/document/32944645> (дата обращения: 12.03.2019).
4. AKVAGroup. URL: <http://www.akvagroup.com/news/lifeboat-rescue-service-using-polarcirkel-boats/> (дата обращения: 12.03.2019).
5. SEAHORSE. URL: <http://www.seahorseworkboats.com/> (дата обращения: 12.03.2019).
6. Nektonbot. URL: <http://en.nektonbot.com/> (дата обращения: 12.03.2019).
7. ARCTIC-BOAT. URL: <http://www.лодкиарктика.рф/> (дата обращения: 12.03.2019.)

# КЛАССИФИКАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ

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

Рассмотрены особенности использования метода опорных векторов для решения задач многомерной классификации. Алгоритм классификации методом опорных векторов реализован в виде программы для ЭВМ.

*Ключевые слова:* искусственная нейронная сеть, система классификации, машина опорных векторов

## THE SPECIAL FEATURE OF EMPLOYMENT THE SUPPORT VECTOR MACHINE FOR CLASSIFICATION

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

This article presents the special feature of employment the support vector machine for classification. Present the result of description the system of multidimensional classification.

*Keywords:* synthetic neural networks, system of classification, support vector machine

Для решения задач, связанных с анализом данных при наличии случайных и непредсказуемых воздействий с целью оценок возможных рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, за последние годы разработан мощный арсенал методов прикладной статистики, реализованных для ЭВМ. В статистических исследованиях группировка первичных данных является основным способом решения задачи классификации. Для решения задач многомерной классификации используются такие традиционные методы, как методы кластерного анализа (при отсутствии обучающих данных) и методы дискриминантного анализа (при наличии обучающих данных).

Методы машинного обучения, основанные на минимизации ошибок обучения, получили название методов структурной минимизации риска [1, 2]. Позднее такие методы стали использоваться для анализа работы нейронных сетей.

В 1990 г. В.Н. Вапником была создана теория метода опорных векторов (МОВ) (support vector machine – SVM). Основная идея этого метода классификации данных заключается в переводе векторов исходных данных в пространство более высокой размерности и поиск в этом пространстве разделяющей гиперплоскости с максимальным зазором. МОВ при наличии обучающих данных можно использовать для решения задач классификации и нелинейной регрессии [3], причем МОВ может обеспечить классификацию сложных и неочевидных данных.

МОВ реализует бинарную классификацию путем использования метода машинного обучения в целях разделения множества входных данных на два кластера. Метод машинного обучения предполагает использование обучающей выборки, состоящей из входных и выходных данных, которая необходима для построения модели МОВ.

Алгоритм обучения МОВ находит среди элементов учебного множества точки (опорные векторы), лежащие на границе двух подмножеств (кластеров), и строит между этими точками разделяющую поверхность.

Модель МОВ строится в несколько этапов [3]:

– обучающие данные отображаются в многомерное пространство;

- с помощью регрессии находится гиперплоскость (поверхность в  $n$ -мерном пространстве);
- с помощью нелинейного ядра исходные данные отображаются в пространство большей размерности;
- с помощью найденной гиперплоскости исходные данные разделяются на два кластера данных.

Опорные векторы представляют собой подмножество обучающих данных, отбираемых алгоритмом. Алгоритм классификации в компактной форме имеет следующий вид:

$$\alpha(X) = \text{sign} [\sum_{i=1}^n \lambda_i * D_i * X_i * X_j - B],$$

где суммирование идет только по опорным векторам, для которых значения множителей Лагранжа  $\lambda_i \neq 0$ ;  $(X_i, D_i)$  – входное обучающее множество;  $X$  – входной вектор данных,  $D$  – желаемый отклик ( $\pm 1$ );  $B$  – пороговое значение.

Уравнение гиперплоскости, выполняющей классификацию данных на два кластера, имеет вид:

$$W^T X + B = 0,$$

где  $W$  – настраиваемый вектор весов нейронной сети.

На рис. 1 представлена гиперплоскость в двумерном пространстве данных.

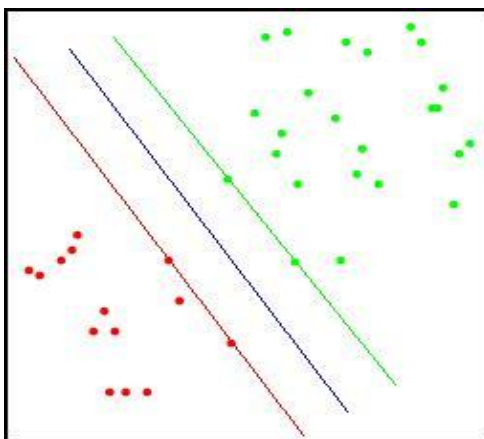


Рис. 1. Гиперплоскость в двумерном пространстве данных

Если в исходном пространстве множество входных данных является линейно-неразделимым на кластеры, то путем замены каждого скалярного произведения  $X_i * X_j$  на некоторую функцию (ядро) можно перевести решение задачи классификации в пространство большей размерности. В пространстве большей размерности множество входных данных будет линейно-разделимым.

Для построения оптимальной гиперплоскости в пространстве признаков можно использовать понятие ядра скалярного произведения:  $K(X_i, X_j)$ . В МОВ наиболее часто используются следующие типы ядер скалярного произведения:

- линейное ядро:  $K(X_i, X_j) = X_i^T * X_j$ ;
- полиномиальное ядро:  $K(X_i, X_j) = (X_i^T X_j + 1)^p$ , где  $p$  – параметр;
- экспоненциальное ядро:  $K(X_i, X_j) = \exp[(X_i^T X_j) / \sigma^2]$ , где  $\sigma$  – параметр;
- ядро на основе функции Гаусса:

$$K(X_i, X_j) = \exp[-(1/2\sigma^2) \|X_i - X_j\|^2],$$

где  $\sigma$  – параметр;



– ядро на основе сигмоидальной функции:

$$K(X_i, X_j) = \tanh[\beta_0 X_i^T X_j + \beta_1],$$

где  $\beta_0$  и  $\beta_1$  параметры.

На рис. 2 представлен набор входных данных в пространствах различной размерности.

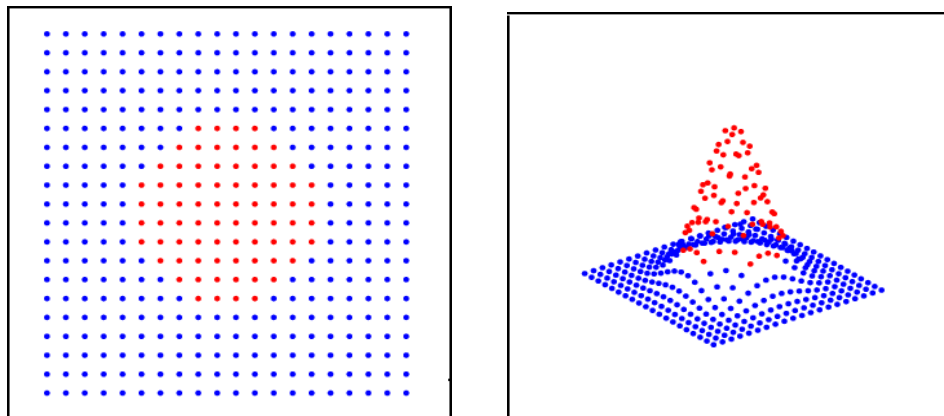


Рис. 2. Линейно-неразделимый в двумерном пространстве и линейно-разделимый в трехмерном пространстве набор данных

Схема алгоритма классификации МОВ [3]:

1. Выбрать тип ядра скалярного произведения  $K(X_i, X_j)$ .
2. Выбрать параметр штрафа  $C$ .
3. Задать параметры ядра (например, для ядра на основе функции Гаусса параметр  $\sigma$  задается на основе величины расстояния между ближайшими точками, относящимися к двум различным кластерам данных).
4. Решить задачу оптимизации, в результате которой получить опорные векторы  $X$ .
5. Построить разделяющую функцию  $g(x) = \sum \lambda_i * K(X_i, X_j) + B$ .
6. Проверить качество классификации и при необходимости, уточнив значение штрафа  $C$ , повторить расчет с шага 2.

МОВ в качестве метода обучения использует метод последовательной оптимизации (минимизации) значений  $\lambda_i$ . Здесь величины  $\lambda_i$  могут интерпретироваться как весовые коэффициенты, характеризующие степень важности ядра  $K(X_i, X_j)$ . Схема алгоритма обучения (sequential minimal optimization – SMO) следующая [2]:

1. Задать начальные значения  $0 < \lambda_i < C$ .
2. Выбрать по определенным правилам первое значение  $\lambda_1$ .
3. Выбрать по определенным правилам второе значение  $\lambda_2$ .
4. Оптимизировать значения  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  и вычислить новое значение  $W_0$ .

Если параметры системы, описывающей задачу классификации, изменились, то повторить с шага 2.

### Компьютерная модель системы классификации

Постановка задачи и формальное описание системы классификации с использованием метода опорных векторов представлены в работе [4]. Рассмотренный выше алгоритм МОВ был реализован в виде программы для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 3.

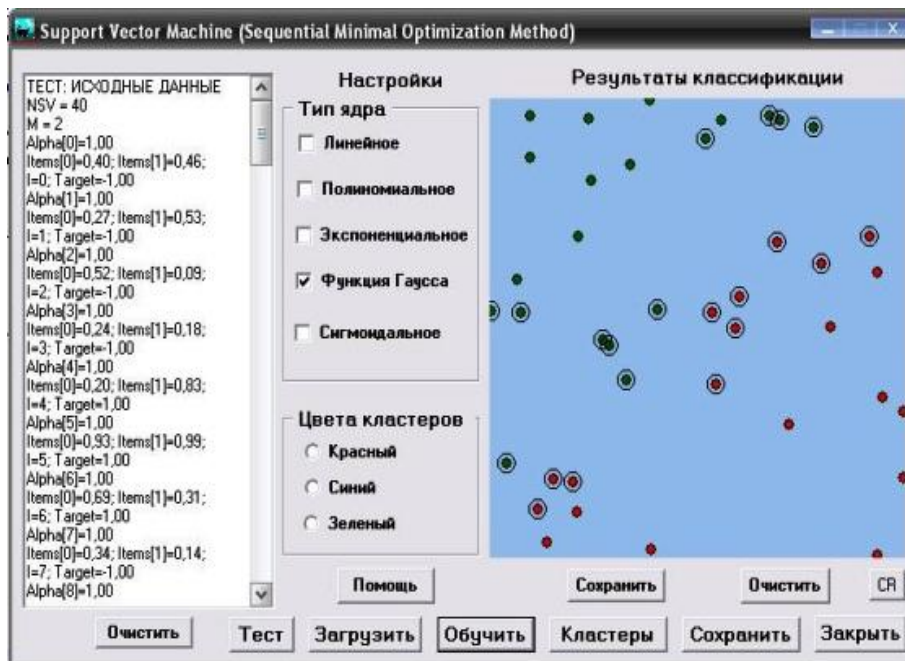


Рис. 3. Интерфейс программы классификации методом МОВ

Для графического представления многомерных данных был использован следующий подход. Данные были представлены в виде кружков диаметром 5 пикселей, причем для каждого признака использовался свой цвет. Значения одного («базового») признака откладывались по оси абсцисс, а значения остальных признаков откладывались по оси ординат. Все значения были нормированы применительно к интервалу  $[0, 1]$ . В программе ввод исходных данных классификации может производиться различными способами:

- ввод тестовых данных (случайные значения координат – кнопка «Тест»);
- ввод данных с жесткого диска (кнопка «Загрузить»);
- ввод данных (координат) путем щелчков «мыши» по полю графического окна.

Классификация данных на кластеры различной конфигурации представлена на рис. 4.

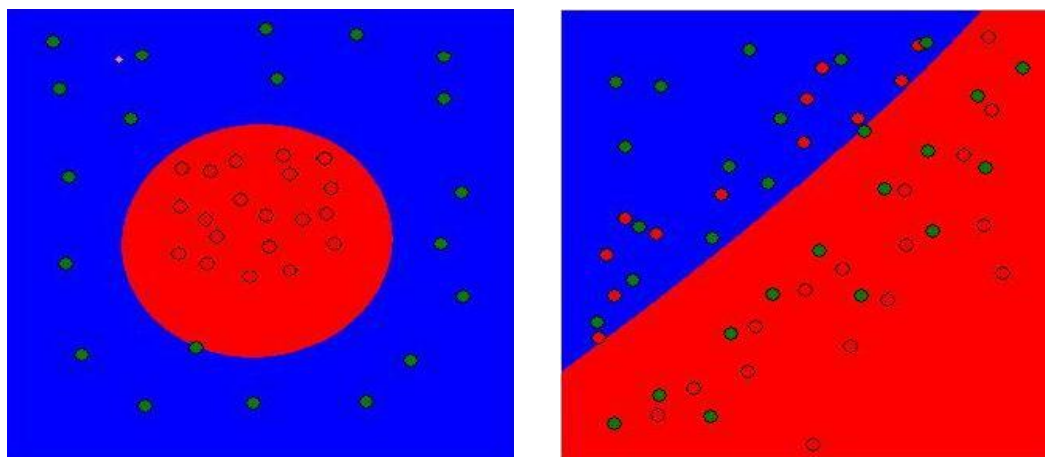


Рис. 4. Классификация данных на кластеры различной конфигурации

Результат классификации набора данных, обладающих двумя признаками, представлен на рис. 5, 6.

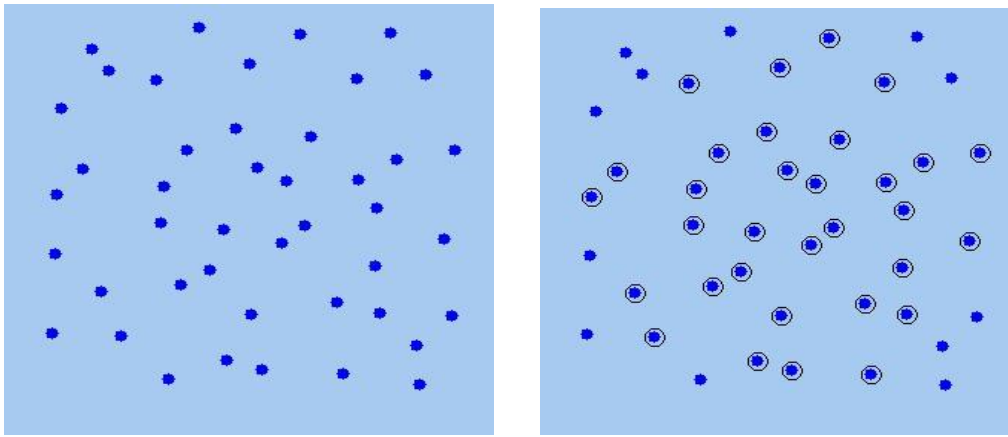


Рис. 5. Слева исходный набор данных, справа кружками выделены опорные векторы (подмножество обучающих данных)

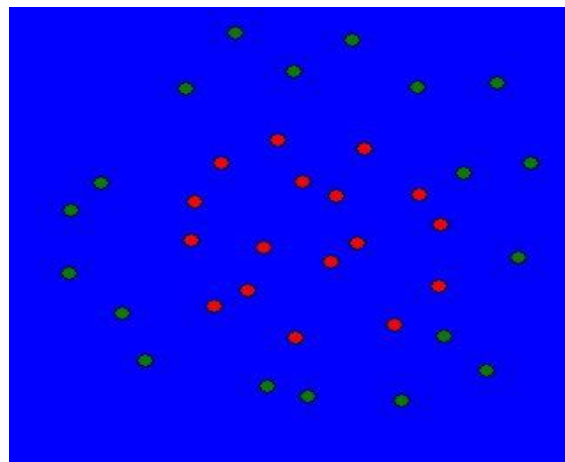


Рис. 6. Результат классификации данных на два кластера, выделенных разным цветом

Разработанная программа бинарной классификации способна производить классификацию данных, имеющих от двух до пяти классификационных признаков. Результат классификации данных с пятью признаками представлен на рис. 7.

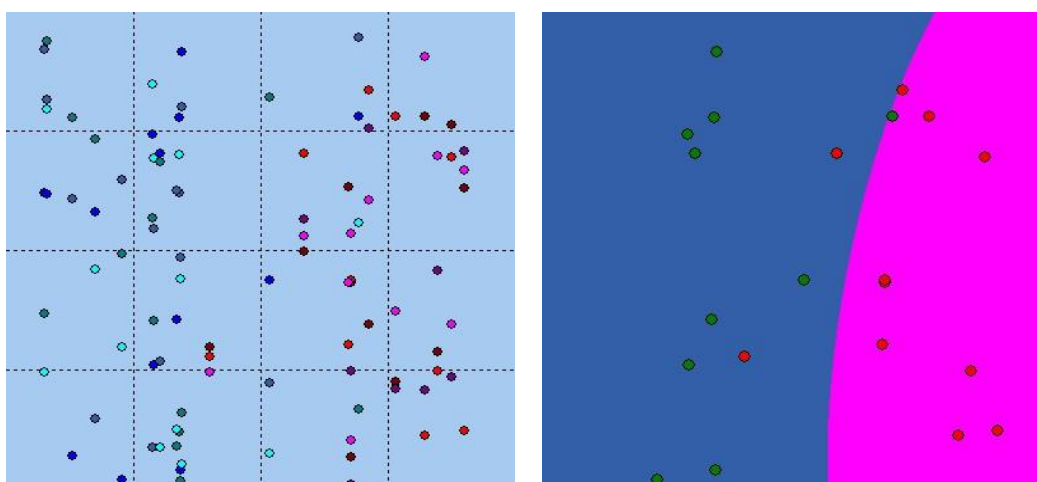


Рис. 7. Слева исходный набор данных, справа результат классификации на два кластера, выделенных синим и красным цветом

Результаты компьютерных экспериментов показали, что разработанная компьютерная модель системы классификации, использующей МОВ, способна обеспечить бинарную классификацию данных, имеющих от двух до пяти признаков, путем их разбиения на два кластера и представлять результаты классификации в наглядном графическом виде.

### **Литература**

1. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). М.: Наука, 1974.
2. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука, 1979.
3. Вьюгин В.В. Элементы математической теории машинного обучения: учеб. пособие. М.: МФТИ, 2010.
4. Лабинский А.Ю. Распознавание компьютерных вредоносных программ с использованием нейронных сетей // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 3 (23). С. 10–16.

## **ОБНАРУЖЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ НА РАННИХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ**

**Ф.А. Дементьев, кандидат технических наук, доцент;**

**Ш.А. Османов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**С.А. Османов.**

**Санкт-Петербургский государственный университет**

Зачастую развитие пожара начинается с появления слабых источников нагрева среды с сопутствующим выделением продуктов первичного пиролиза. Электроиндукционный метод измерения параметров аэродисперсной системы позволяет непрерывно анализировать изменения в широком диапазоне фракций аэрозольных частиц и обладает высокой чувствительностью, что дает возможность принять необходимые меры на самом раннем этапе развития возможных пожароопасных ситуаций. В статье обосновывается необходимость применения электроиндукционного метода контроля параметров аэродисперсной системы среды для решения задач раннего обнаружения пожароопасной ситуации.

*Ключевые слова:* электроиндукционный метод, термическое разложение, аэрозоль, извещатель, прогнозирование безопасности

## **DETECTION OF THE SIGNS OF THERMAL DECOMPOSITION ON THE EARLY STAGES OF THE DEVELOPMENT OF FIRE HAZARDOUS SITUATIONS IN TECHNICAL DEVICES**

F.A. Dementyev; Sh.A. Osmanov.

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

S.A. Osmanov. Saint-Petersburg state university

Often, fire development is linked to the appearance of weak heat sources within the environment followed by the release of products of primary pyrolysis. The electrical induction

method for measuring the parameters of an air-dispersion system allows us to conduct continuous analysis in regards to changes in a wide range of fractions of aerosol particles, it's proven to be highly sensitive, which makes it possible to take the necessary measures at the very early stages of the development of fire-hazardous situations. This article substantiates the application electrical induction monitoring methods for the parameters of the air-dispersion systems for the sake of early detection in regards to a fire-hazardous situation.

*Keywords:* electro-induction method, thermal decomposition, aerosol, detector, security prediction

Раннее обнаружение потенциального очага загорания дает возможность предотвратить пожар и его последствия с минимальными затратами. Это возможно в случае, когда признаки горения обнаруживаются системами сигнализации на стадии начального термического разложения горючих материалов (тления). Задача обнаружения перегрева изоляционных материалов, возникающего вследствие перегрузки оборудования, при температурах менее 200 °С, то есть задолго до температуры их самовоспламенения, может быть решена с помощью электроиндукционных пожарных извещателей. Селективная чувствительность этих извещателей к высокодисперсным частицам позволяет на десятки минут сократить время обнаружения медленно развивающегося загорания. Это дает возможность принять необходимые меры на самом раннем этапе развития возможных аварий.

Следует особо отметить, что высокая чувствительность электроиндукционного извещателя ставит его на новый уровень средств пожарной безопасности. Этот прибор ориентирован в первую очередь на работу в системах предупреждения аварий энергетического оборудования, так как на момент срабатывания прибора потенциальный очаг загорания может еще не развиваться до возникновения открытого пламени. Основная цель применения этих приборов – дополнить набор существующих средств пожарной безопасности высокочувствительными извещателями раннего обнаружения пожароопасной ситуации. Однако широкий динамический диапазон по величине контролируемого параметра аэродисперсной системы позволяет иметь дополнительные пороги и зафиксировать обильное выделение дыма при начавшемся пожаре.

Не каждый пожар будет развиваться медленно, однако на практике вызвать быстрое развитие пожара может лишь непосредственное самовоспламенение горючих материалов, что бывает достаточно редко в силу естественных мер предосторожности, принимаемых при работе с такими материалами. Электроиндукционные пожарные извещатели целесообразно использовать во всех случаях, когда должна быть обеспечена пожарная безопасность на самом высоком уровне, когда возникновение пожара недопустимо.

Раннее обнаружение потенциального очага возгорания дает возможность предотвратить возникновение пожароопасной ситуации, что позволяет системам пожарной сигнализации обеспечить качественно новый уровень безопасности.

Часто развитие пожара начинается с появления слабых «паразитных» источников, обнаружение которых затруднительно из-за их скрытости. Поэтому для раннего обнаружения потенциального загорания применяют методы, использующие анализ косвенных физических параметров среды. Так, аэрозольные и газообразные продукты, появляющиеся уже при низкотемпературном термическом разложении различных горючих материалов, в том числе и полимеров, достаточно быстро распространяются воздушными потоками и могут быть зарегистрированы извещателями, установленными в различных точках охраняемого объекта [1].

Аэродисперсная система никогда не бывает устойчивой, поскольку в ней протекают процессы переноса воздушных масс, дисперсионные и конденсационные процессы, возникают вихревые потоки, происходит коагуляция частиц, седиментация под действием силы тяжести, испарение и пр. Вышеизложенное приводит к тому, что аэрозольные измерения носят статистический характер.

Дымовые извещатели наиболее адекватны в рамках требований задачи раннего обнаружения, поскольку выход аэрозоля на ранней стадии термического разложения материалов (до воспламенения) в два–пять раз превышает по массе выход газообразных продуктов, а химический состав аэрозольных (дымовых) частиц не влияет на работу извещателей [1, 2].

Газовые пожарные извещатели тоже могут оказаться весьма эффективными для раннего обнаружения пожароопасной ситуации. У них только один существенный недостаток – они в состоянии зарегистрировать в воздушной среде один или нескольких конкретных газов, появляющихся при термическом разложении материалов. Однако никто не может гарантировать, что потенциальный очаг загорания, в своей начальной стадии, будет сопровождаться выделением именно тех газов, на которые реагирует конкретный газовый пожарный извещатель.

Оптические дымовые пожарные извещатели получили в настоящее время наиболее широкое распространение [2, 3]. Однако эти извещатели не реагируют на дымовые частицы с размерами менее 0,2 мкм (из-за дифракции). Следует отметить, что в результате этого выпадают из анализа более 95 % аэрозольных частиц, представленных в спектре распределения (табл. 1). Поэтому применение оптических пожарных извещателей для обнаружения потенциальных загораний на ранней стадии развития, а также для идентификации пожароопасной ситуации, не представляется возможным.

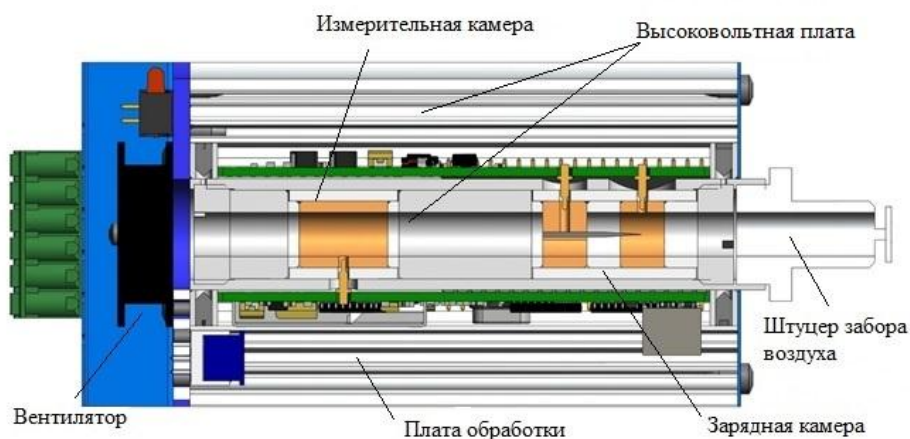
Ионизационные извещатели используют метод измерения электрической проводимости воздуха в открытой ионизационной камере при несамостоятельном газовом разряде, возникающем под действием закрытых источников радиоактивного излучения. Дым, попадая в ионизационную камеру, уменьшает электрическую проводимость газов за счет осаждения части легких газовых ионов на частицы дыма, электрическая подвижность которых значительно меньше, чем у первых [4]. Эти извещатели анализируют широкий спектр частиц дыма, что позволяет использовать их для раннего обнаружения пожароопасной ситуации. Однако у них есть ограничения по чувствительности и возможности регистрации субмикронных частиц дыма, подвижности которых близки к подвижности газовых ионов. Применение закрытых радиоактивных источников существенно снижает потребительские качества ионизационных извещателей, так как требует наличия контроля радиационной безопасности и учета радиоактивных веществ [5].

В отличие от рассмотренных методов, электроиндукционный метод измерения параметров аэродисперсной системы позволяет непрерывно анализировать изменения в широком диапазоне фракций аэрозольных частиц и обладает высокой чувствительностью, что дает возможность принять необходимые меры на самом раннем этапе развития возможных пожароопасных ситуаций.

Электроиндукционный метод обнаружения загораний основан на процедуре, при которой исследуемый аэрозоль прокачивается через измерительную линию, состоящую из зарядной и измерительной камеры. В зарядной камере аэрозольные частицы получают электрический заряд, пропорциональный их размеру. В дальнейшем заряженные частицы, проходя через измерительную камеру, наводят на нее заряд, величина которого зависит от их размера и счетной концентрации. Сигнал с измерительной камеры усиливается и подвергается последующей обработке [6].

Конструкция пожарного извещателя, реализующего электроиндукционный метод обнаружения загораний, приведена на рисунке.

Достоверность контролируемых параметров аэродисперсной системы тем выше, чем шире диапазон размеров анализируемых аэрозольных частиц и больше объем анализируемой пробы. Эти два критерия являются очень важными для аэрозольных (дымовых) пожарных извещателей, они напрямую влияют на помехозащищенность от случайных сигналов, и на время обнаружения пожароопасной (нештатной) ситуации.



**Рис. Конструкция электроиндукционного автоматического пожарного извещателя ИП 216–М5**

Проведенные исследования естественных фоновых изменений спектров распределения аэрозольных частиц по размеру показали, что в воздушной среде постоянно присутствуют мельчайшие аэрозольные частицы, диапазон размеров которых лежит в интервале от 0,01 мкм и менее, до единиц мкм [2, 6]. В одном литре чистой и прозрачной для человеческого глаза атмосферы может находиться около 2 млн аэрозольных частиц (табл. 1).

**Таблица 1. Распределение аэрозольных частиц по восьми фракциям в диапазоне от 0,01 мкм до 1 мкм, содержащихся в одном кубическом дециметре**

Параметры	Номер фракции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Средний диаметр мкм	0,0133	0,0237	0,0422	0,075	0,133	0,237	0,422	0,75
Среднее число частиц в дм <sup>3</sup>	556 000	556 000	450 000	262 000	148 000	60 000	12 000	2 000
Доля в общем объеме	27 %	27 %	22 %	12,8 %	7,2 %	2,9 %	0,58 %	0,1 %

Естественные изменения фоновых фракционных концентраций незначительны (табл. 2, 3).

**Таблица 2. Собственные колебания фоновых фракционных концентраций при отсутствии источников, выделяющих аэрозоль (значения пронормированы по N8 сред.)**

Параметры	Номер фракции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Nimin/N8 ср.	139	168	136	95	59	17	2	0,26
Ni ср. /N8 ср.	278	278	225	131	74	30	6	1
Nimax/N8 ср.	537	377	317	160	103	50	11,2	2,6

Таблица 3. Собственные колебания фоновых фракционных концентраций в относительных значениях при отсутствии источников, выделяющих аэрозоль

Параметры	Номер фракции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ni min/Ni ср.	0,5	0,6	0,6	0,7	0,79	0,57	0,33	0,26
Ni ср. /Ni ср.	1	1	1	1	1	1	1	1
Ni max/Ni ср.	1,93	1,35	1,4	1,21	1,38	1,66	1,86	2,6

При появлении нестандартных (нештатных) ситуаций (дым от сигареты, от перегоревшего двигателя и т.п.) изменения фракционных концентраций начинают проявляться сначала в области высокодисперсных (самых мелких фракций) аэрозолей, а потом плавно сдвигаются к фракциям с размерами частиц 1 мкм. Время, за которое волна изменений пройдет через весь диапазон, может составлять десятки минут.

Электроиндукционный метод обладает повышенной чувствительностью к высокодисперсным частицам и позволяет обнаруживать аэрозольные продукты термического разложения различных материалов при их массовой концентрации менее 0,1 мг/м<sup>3</sup>, что позволяет обеспечить качественно более высокий уровень пожарной безопасности. Это обусловлено тем, что мелкие частицы вносят самый значительный вклад в увеличение объемного суммарного электрического заряда, при нестандартных или штатных ситуациях, за счет своего количества. Также в увеличение заряда вносят свою долю и те частицы, размеры которых близки к размерам отдельных молекул, зарядка их носит случайный характер, но их доля все равно значительна.

Исходя из вышеописанного можно сделать вывод, что для раннего обнаружения штатной или пожароопасной ситуации необходимо следить за высокодисперсной (менее 0,1 мкм) частью спектра распределения частиц, что позволит на десятки минут и более сократить время обнаружения потенциального очага возникновения пожара дымовыми пожарными извещателями. Электроиндукционный метод контроля параметров аэродисперсной системы следует рассматривать как эффективное дополнение к существующим методам и технологиям обнаружения пожаров, применяемых в системах пожарной сигнализации.

### Литература

1. Шаровар Ф.И. Пожаропредупредительная автоматика. М: Специнформатика-СИ, 2013.
2. Арутюнян Д.М. Новые технологии гарантированного предотвращения пожаров / под общ. ред. д-ра техн. наук Ф.И. Шаровара. М: Специнформатика-СИ, 2014.
3. Методы и технологии обнаружения пожара: монография / В.В. Кутузов [и др.] / под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: Астерион, С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015.
4. Вогман Л.П., Корольченко И.А., Хрюкин А.В. Определение условий самовозгорания отложений паров горючих жидкостей в воздуховодах вентиляционной системы // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 8.
5. Космический тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта / Д.Ю. Минкин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 12. С. 45–51.
6. Lyon R.E., Fulmer M., Walters R., Crowley S. Effect of airflow and measurement method on the heat release rate of aircraft cabin materials in the Ohio State University apparatus Technical Report DOTFAATC-TN1534. Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center Airport and Aircraft Safety, 2016. 20 p.



# **О ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ НА УДАЛЕННЫЕ АВТОНОМНЫЕ ОБЪЕКТЫ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ И НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ**

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

**М.А. Лосев.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**В.В. Потапенко, кандидат технических наук, доцент.**

**Военная академия материально-технического обеспечения**

**им. генерала армии А.В. Хрулёва Министерства обороны**

**Российской Федерации**

Рассмотрена проблема экстренной доставки остро необходимых грузов на объекты в Арктической зоне и на Крайнем Севере в случае возникновения там пожаров и чрезвычайных ситуаций, что позволит обеспечить жизнедеятельность этих объектов. Дана сравнительная оценка различных видов транспорта для доставки грузов. Показано, что только баллистическая транспортная система позволяет экстренно доставить необходимый груз на большие расстояния независимо от метеоусловий.

*Ключевые слова:* Арктическая зона, Крайний Север, объекты инфраструктуры, добывающие платформы, пожар, чрезвычайные ситуации, транспортные системы

## **ON THE POSSIBILITY OF EMERGENCY DELIVERY OF CARGOES TO REMOTE AUTONOMOUS OBJECTS IN THE ARCTIC ZONE AND IN THE FAR NORTH**

A.A. Tarantsev; M.A. Losev.

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

V.V. Potapenko.

Military Academy of logistics support them army general A.V. Khrulev of the Ministry of defence of the Russian Federation

The problem of emergency delivery of badly needed goods to objects in the Arctic Zone and the Far North in case of fires and emergencies there is considered, which will ensure the viability of these objects. A comparative assessment of various types of transport for the delivery of goods. It is shown that only the ballistic transport system allows to urgently deliver the necessary cargo over long distances regardless of weather conditions

*Keywords:* Arctic zone, Far North, infrastructure, mining platforms, fire, emergency, transport systems

Арктическая зона Российской Федерации (АЗ РФ) и районы Крайнего Севера занимают значительную часть территории России (рис. 1-а). Они обладают огромными запасами природных богатств, в связи с чем их освоение является важной государственной задачей [1–3]. Кроме того, по нашей Арктической зоне проходит Северный Морской путь (рис. 1-б), имеющий важное экономическое и стратегическое значение. Освоение АЗ РФ и Крайнего Севера предполагает строительство автономных объектов (рис. 1-в) различного функционального

назначения (объекты инфраструктуры, метеорологические и исследовательские станции, специальные объекты и др.), морских добывающих платформ (рис. 1-г) и т.п.

Особенность таких объектов в их высокой автономности и удаленности от баз снабжения, ограниченной транспортной доступности, крайне жестких климатических условий – экстремально низкие температуры (до  $-60^{\circ}\text{C}$ ), ветра, полярная ночь. Эти условия предполагают модульность строительства, наличие автономной энергетической установки, повышенную энергонасыщенность объемов жилых и служебных модулей, повышенные требования к персоналу как по здоровью, так и по владению несколькими специальностями [4].

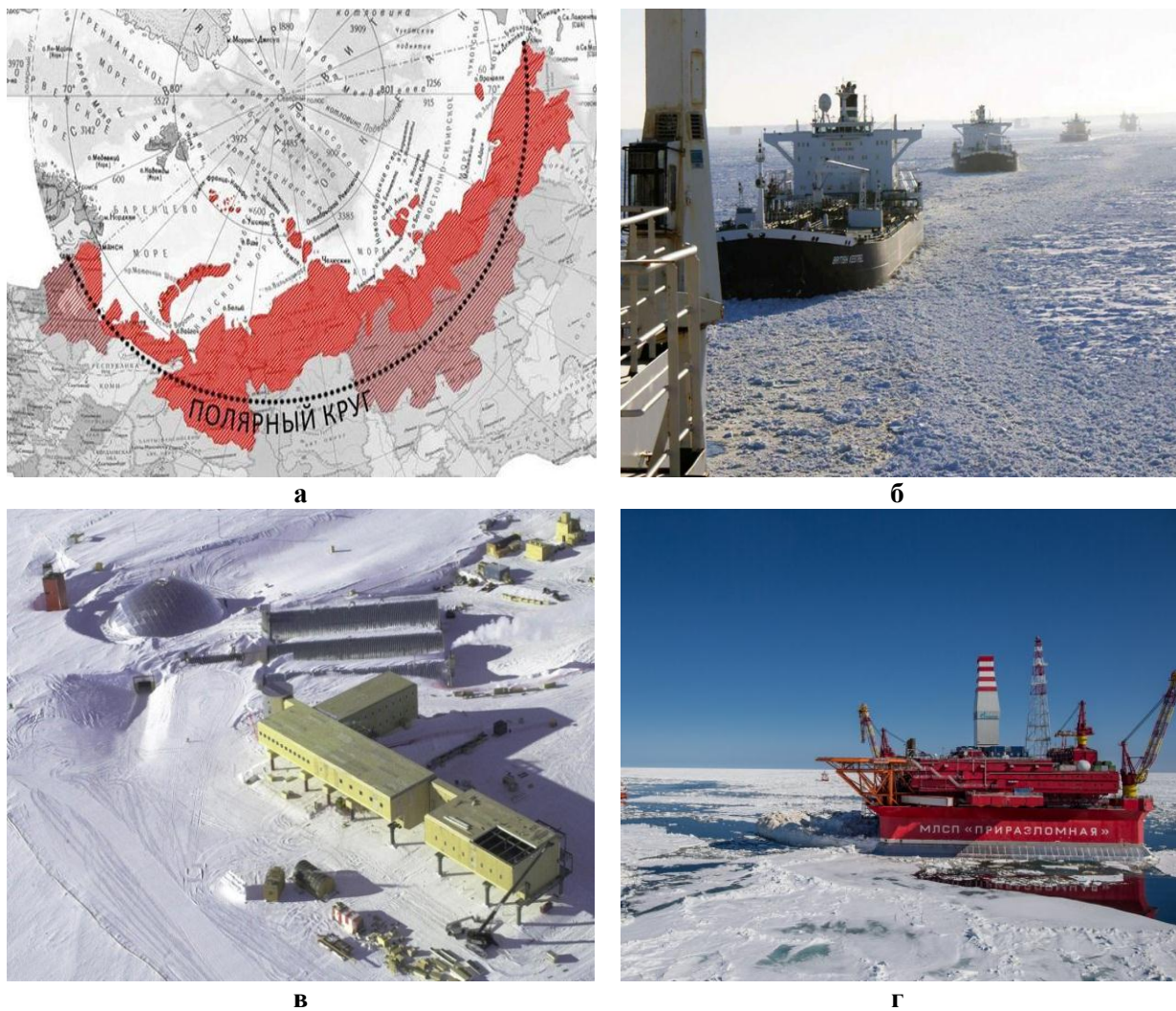


Рис. 1. а) Границы АЗ РФ согласно [1]; б) Северный морской путь; в) объекты инфраструктуры в АЗ; г) добывающая станция в АЗ

Высокая энергонасыщенность, наличие горючих жидкостей и газов, установок под напряжением и другое обуславливают повышенный риск пожаров и взрывов (рис. 2). Жесткие климатические условия (низкая температура препятствует применению воды) наряду с ограниченностью сил и средств и отсутствием помощи извне представляют угрозу как персоналу объекта, так и его существованию в целом. Кроме того, отказ важного оборудования, в частности энергоустановки, может привести к самым отрицательным последствиям. Кроме того, есть риск заболевания или травмирования персонала.



Рис. 2. Пожары в арктических широтах: а) на добывающей платформе; б) на нефтебазе; в) на полярной станции; г) на ледоколе

Это приводит к необходимости экстренной доставки различных грузов на удаленные объекты в АЗ РФ и на Крайнем Севере. В табл. 1 приведены сравнительные характеристики известных видов транспорта, которые потенциально могут применяться для доставки грузов на удаленные объекты.

Таблица 1. Сравнительные характеристики известных видов транспорта для АЗ и Крайнего Севера

Вид транспорта	Достоинства	Недостатки	Примечание
Железнодорожный	Большой опыт эксплуатации, надежность, большая масса перевозимых грузов	Сложность прокладки и эксплуатации железнодорожных путей и инфраструктуры на вечной мерзлоте	—
Водный (ледоколы)	Большая грузоподъемность, возможность оказания разносторонней помощи	Относительно малая скорость, зависимость от ледовой обстановки, потребность в причалах для разгрузки, потребность в дополнительных транспортных средствах для доставки грузов на сухопутные объекты	Возможность действий совместно с вертолетами
Самолеты	Большая скорость и грузоподъемность	Зависимость от метеоусловий, потребность в аэродромах и обслуживании	—

Вид транспорта	Достоинства	Недостатки	Примечание
Вертолеты	Нет потребности в аэродромах, возможность зависания	Зависимость от метеоусловий, ограниченные радиус действия и грузоподъемность	Возможность действий с кораблей
Вездеходы, аэросани	Мобильность, простота эксплуатации	Ограниченный радиус действия, небольшая грузоподъемность, зависимость от рельефа местности	–
Экранопланы, экранолеты	Большой радиус действия и грузоподъемность, относительно высокая скорость	Малый опыт применения в условиях экстремально низких температур	–
Дирижабли	Большой радиус действия, нет потребности в аэродромах, возможность зависания над объектом	Небольшая скорость, зависимость от метеоусловий, риск обледенения	–

Следует отметить, что доставка по железной дороге в АЗ вряд ли возможна, поскольку прокладывать рельсовый путь по вечной мерзлоте, а тем более по льду, крайне сложно – есть печальный опыт строительства трансполярной магистрали в 1947–1953 гг.

Более перспективными для этого являются ледоколы (Россия здесь имеет значительные преимущества перед другими странами) или корабли для плавания в северных широтах (табл. 2, рис. 3), но оперативность доставки грузов они не обеспечивают.

Таблица 2. Российские ледоколы

№ п/п	Название	Водоизмещение, т	Скорость, узл	Ледопробитность	Дальность	Энергоустановка	Автономность	Грузоподъемность
1	«Арктика»	23 000	20,8	2,25 м	–	ЯЭУ	–	250 чел.
2	«Гаймыр»	61 880	18	1,95 м	–		–	89 чел.
3	Лихтеровоз «Севморпуть»	61 880	21	–	–		–	2 100 т
4	ЛК-60	33 540	–	3 м	–		–	75 чел.
5	ЛК-60Я	32 400	22,3	2,9 м	–		270 сут	92 чел.
6	ЛК-110Я	55 600	24	3,5 м	–		–	127 чел.
7	«Вайгач»	21 000	18,5	1,77 м	–		–	89 чел.
8	«Россия»	23 000	25	2 м	–		7 месяцев	–
9	«Муромец»	–	15	1 м	–	ДЭУ	по топливу – 30 сут, по провизии – 60 сут	32 чел., 500 т
10	«Владивосток»	14 322	17	1,5 м	–		40 сут	57 чел.
11	«Илья Муромец»	6 000	15	1 м	12 000 миль		60 сут	82 чел., 500 т
12	«Юрий Топчев»	9 672	15	1,7 м	–		–	–
13	«Варандей»	10 874	15	1,7 м	–		–	–
14	Контейнеровоз «НорНикель»	24 000	18	–	–		–	39 чел.
15	«Капитан Измайлов»	2 048	14	–	–		–	24 чел.





а



б

Рис. 3. Ледоколы: а) «Ермак» проекта адмирала С.О. Макарова; б) атомный ледокол «Ямал»

Задачу оперативной доставки может решать полярная авиация (табл. 3, 4, рис. 4), но при условии летной погоды, наличия подготовленных аэродромов для самолетов и близкого базирования вертолетов. Однако это дорогой вид транспорта, который еще и связан с риском для летчиков и пассажиров.



а



б

Рис. 4. Арктическая авиация: а) самолет; б) вертолет

Таблица 3. Самолеты

№ п/п	Название (ТИП)/	Страна	Дальность, км	Скорость, км/ч	Грузоподъемность
1	Ту-154	СССР	3 000	950	161 чел., 18 т
2	Ан-24	Российская Федерация	2 500	500	57 чел., 7,7 т
3	Ан-2		990	190	14 чел., 5 т
4	Ан-140		2 320	540	54 чел., 16 т
5	Ан-178		3 200	800	15 т
6	Бе-32К		2 050	360	18 чел., 2 т
7	Ил-62		10 000	850	189 чел.
8	Ил-76МД-90А		9 700	800	60 т
9	Ил-96М/Т		12 800	900	439 чел., 58 т
10	МС-21-400		5 500	850	232 чел., 35 м <sup>3</sup>
11	Ту-204СМ		6 100	850	29,3 т
12	BOEING 737 MAX-8	США	3 620	790	194 чел., 44 м <sup>3</sup>
13	BOEING 767-200ER		12 200	870	257 чел.
14	BOMBARDIER CS300	США-Франция	2 950 миль	820	145 чел., 30 м <sup>3</sup>
15	AIRBUS A321	Канада	5 600	—	—
16	MTA	Украина	2 000	800	20 т

Таблица 4. Вертолеты

№ п/п	Название (ТИП) /	Страна	Дальность, км	Скорость, км/ч	Грузоподъемность
1	Ми-2	Российская Федерация	325	210	9 чел., 1 400 кг
2	Ка-266		600	210	9 чел., 620 кг
3	Орион-20		1 500	250	32 чел., 3 т
4	Ми-26		1 800 (730 без доп. баков)	295	20 т
5	Ми-46		1 300	300	12 т
6	Ка-52		520	310	10,5 т
7	BELL AH-1Z VIPER	США	680	300	8,3 т
8	EUROCOPTER TIGER	Германия	740	290	6,6 т
9	PZL W-3A Sokol	Польша	798	260	14 чел., 4 100 кг
10	МСБ-2	Украина	750	210	9 чел., 2 100 кг
11	Л-410УВ11-Э	Чехия	485	400	21 чел., 1,62 т

Наземный же вид транспорта – вездеходы, шнекоходы, аэросани (табл. 5, рис. 5) имеет большие ограничения по скорости и дальности. А отказ двигателя или другие поломки могут поставить эти транспортные средства и их экипажи на грань гибели и потребуют экстренной помощи для них самих. Доставка грузов на оленьих или собачьих упряжках не рассматривается.



а



б



в

Рис. 5. Вездеходы: а) ГАЗ-47; б) комбинированный шнекоход; в) аэросани

Таблица 5. Вездеходы

№ п/п	Название (ТИП)	Страна	Дальность, км	Скорость, км/ч	Грузоподъемность	Топливо	Расход на 100 км, л
1	Кречет Z 320-91	Российская Федерация	–	–	3 чел.	дизель	–
2	TERRANIKA		–	90	6 чел., 500 кг	дизель	–
3	Камаз		–	92	20 т	дизель (400 л)	–
4	КрАЗ		–	93	20 т	дизель (350 л)	–
5	Урал		–	100	25 т	дизель (350 л)	–
6	Вектор		–	60	500 кг	дизель (55 л)	20
7	Трекол-лесник М-Север		–	50	5 чел., 500 кг	дизель, бензин (40 л)	–
8	ДТ-30ПМ «Витязь»		700	45	5 чел., 30 т	дизель	–
9	Шаман		–	70	9 чел., 2 т	дизель	–
10	МТЛБ		–	60	–	–	–
11	TATRA T815	Чехия	–	85	23 т	дизель (400 л)	–
12	HINO SDP	Япония	–	80	24,5 т	дизель (350 л)	–

Очень перспективным представляется относительно новый вид транспорта – экранопланы и экранолеты (табл. 6, рис. 6). Но парк этих машин крайне мал, а опыт их использования в полярных широтах пока отсутствует.

Таблица 6. Экранопланы

№ п/п	Название (ТИП)	Страна	Дальность, км; мореходность	Скорость, км/ч	Грузоподъемность	Топливо
1	А-90 «Орленок»	СССР	1 500, 5 баллов	400	экипаж 9 чел., до 200 чел. или до 28 т груза	–
2	Проект 903 «Лунь»		2 000, 5 баллов	500	экипаж 10 чел.	–
3	КМ		1500	500	–	–
4	Иволга ЭК-12П	Российская Федерация	1 200, 3 балла	220	1 200 кг, экипаж – 2 чел., пассажиры 12 чел.	бензин (250 л)
5	С-90		3 100	400	9 500, 31 пассажир	3 000 л
6	Бе-2500		16 000	450	1 000 кг	–
7	Акваглайд-5		450	170	5 чел.	–
8	Буревестник-24		2 000	200	3 500 кг, экипаж 2 чел., пассажиры 24 чел.	бензин
9	Pelican	США	10 000	724	1 200 кг	–



а



б

Рис. 6. а) экраноплан и б) экранолет с носителем



Нельзя забывать и о дирижаблях (табл. 7, рис. 7), которые сейчас переживают ренессанс в связи с новыми технологиями. Однако их полеты в северных широтах связаны с риском аварий (обледенение, ветровые нагрузки, ошибки пилотирования), о чем свидетельствует статистика – «Италия», 1926 г.; «Челюскинец», 1935 г.; «Осоавиахим», 1938 г. и др. К тому же их скорость соизмерима со скоростью автомобиля.

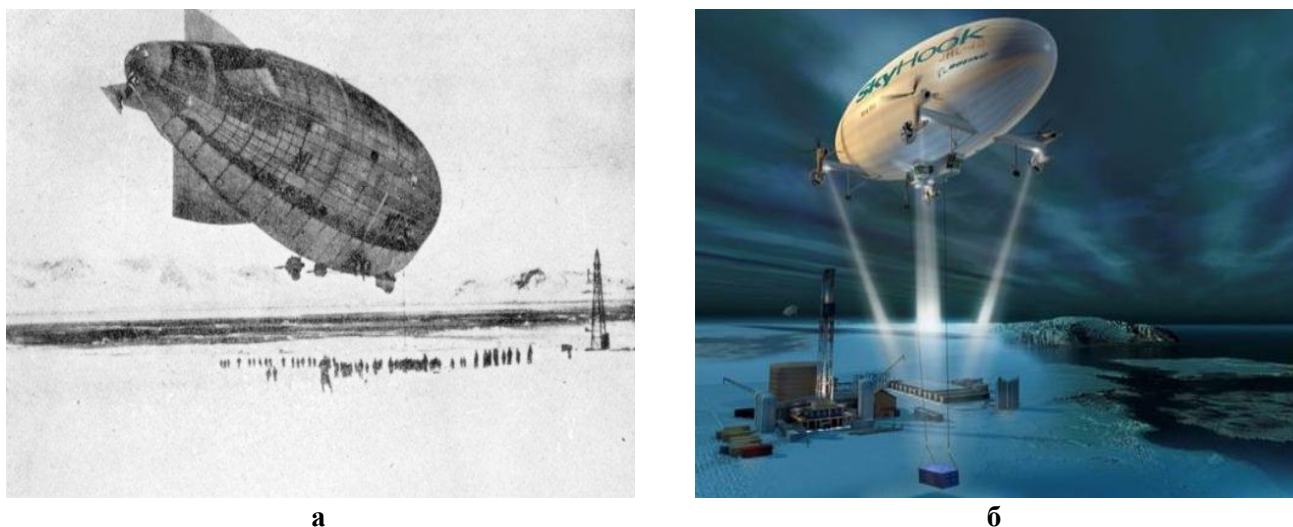


Рис. 7. Дирижабли в северных широтах: а) начало XX века; б) современный проект

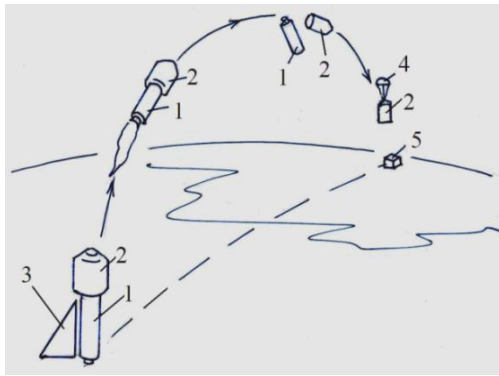
Таблица 7. Дирижабли

№ п/п	Название (ТИП)	Страна	Дальность, км	Высота, км	Крейсерск. скорость, км/ч	Грузоподъемность	Мощность двигателя, кВт /тип	Длительность полета
1	Skyship-600	Англия	650	–	64	120+12 чел.	2x199/ ДГ	–
2	Airlander 10		–	6,1	148	10	242/ ДГ	5 сут
3	WDL-1 Muskietier	Германия	6 450	–	90	101 т	2x156/ ДГ	–
4	№ 4 Italia	Италия	18 500	–	90	–	104,9/ ДГ	–
5	СССР-В1бис	СССР	400	–	90	1,3 т	2x110/ ДГ	–
6	Star	США	3 920	–	40	230 кг	57/ ДГ	–
7	Aeroscraft ML866	Российская Федерация	5 000	3,6	–	66 т	–	–
8	Au-12м		350	1,5	90	1 пассажир+ 130 кг	–	6 ч
9	Au-30		1 600	2,5	80	1,4 т	2x170 /ДГ	24 ч
10	Атлант		5 000	–	–	170	–	–

Все это порождает проблему экстренной доставки грузов на объекты в АЗ и на Крайний Север.

Она может быть решена с использованием баллистической транспортной системы (рис. 8 а) [5, 6]. Суть ее в том, что в качестве разгонного блока могла использоваться первая ступень снимаемой с дежурства баллистической ракеты (рис. 8 б). Проведенные баллистические оценки [7–9] полностью подтвердили эффективность данной системы (табл. 8).





а



б

Рис. 8. Баллистическая транспортная система: а) для экстренной доставки грузового контейнера 2 к объекту назначения 5 (3 – стартовая позиция, 4 – посадочная система); б) мирное применение снимаемой с дежурства первой ступени 1 баллистической ракеты

Таблица 8. Баллистические транспортные системы

Разгонный блок – аналог 1-й ступени Polaris-A1				Разгонный блок – аналог 1-й ступени Minuteman-I			
Грузовой блок, т	Дальность, км	Время полета, с (мин)	Скорость, км/ч	Грузовой блок, т	Дальность, км	Время полета, с (мин)	Скорость, км/ч
0,5	575	496 (8,27)	4 173	1	1 455	729 (12,15)	7 185
1	468	431 (7,18)	3 909	5	500	443 (7,38)	4 063
5	111	202 (3,37)	1 978	10	250	305 (5,08)	2 951
10	48	157 (2,62)	1 101	20	86	204 (3,40)	1 517

Примечания: 1. Под скоростью понимается отношение дальности к общему времени полета. 2. В вес грузового блока входят веса: его конструкции, доставляемого груза и посадочной системы

На рис. 9 в координатах «скорость-дальность» приведены сравнительные характеристики различных видов транспорта для доставки грузов на объекты в АЗ и на Крайнем Севере, убедительно свидетельствующие о преимуществах баллистических транспортных систем.

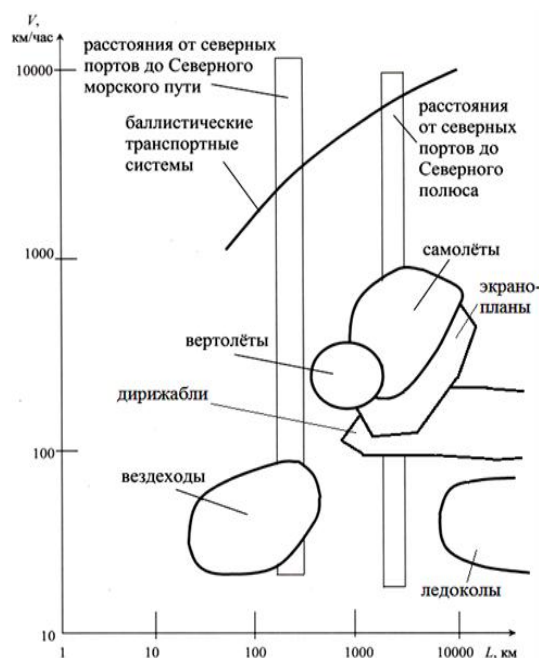


Рис. 9. Условная диаграмма «скорость – дальность действия» для различных видов транспорта для доставки грузов на объекты в АЗ и на Крайнем Севере

Таким образом, баллистическая транспортная система – самый быстрый и эффективный способ доставки грузов на объекты в АЗ и на Крайнем Севере в случае возникновения там пожаров и чрезвычайных ситуаций, необходимых для обеспечения жизнедеятельности данных объектов. Кроме того, поскольку баллистическая транспортная система не является пилотируемой, то отсутствует и риск для пилотов (водителей, экипажа) в случае аварии.

### **Литература**

1. Основы государственной политики Рос. Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утв. Президентом Рос. Федерации 18 сент. 2008 г. № Пр-1069). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 2 мая 2014 г. № 296. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. О государственной комиссии по вопросам развития Арктики: Указ Президента Рос. Федерации от 3 февр. 2015 г. № 50. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Холостов А.Л., Ищенко А.Д., Потапенко В.В., Таранцев А.А. О задачах анализа и синтеза систем обслуживания заявок нескольких типов // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 3. Т. 26. С. 31–38.
5. Устройство для локализации последствий аварии: пат. Рос. Федерация № 2007204, МКИ<sup>5</sup> А62С31/00, F42В15/00. 1990 г., автор Таранцев А.А.
6. Посадочная система: пат. Рос. Федерация № 2001002, МКИ<sup>5</sup> В64G1/00, 1990 г., авторы Таранцев А.А., Таранцев А.А.
7. Лосев М.А., Таранцев А.А., Таранцев А.А. Моделирование движения разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов // Проблемы безопасности и ЧС. 2017. № 2. С. 55–62.
8. Лосев М.А., Шевченко А.В., Полежаева Е.А. Особенности моделирования движения разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3 (43). С. 107–115.
9. Комашинский В.И., Лосев М.А., Таранцев А.А. Моделирование системы экстренной доставки грузов для объектов Северного морского пути // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 1 (39). Т. 1. С. 215–223.

## **ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ И ПЛОЩАДОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА**

**А.П. Бызов, кандидат технических наук, доцент;**

**А.В. Андреев, кандидат военных наук, доцент;**

**О.Е. Ковязина.**

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

**М.Т. Пелех, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Исследуются линейные и площадочные объекты нефтегазового комплекса на предмет оценки индивидуального риска для персонала, операторов, обходчиков трубопровода и иных работников, которые в течение своего рабочего дня пребывают в зонах повышенного потенциального риска линейных и площадочных объектов. Для этого проведен краткий анализ методического аппарата оценки риска для указанных объектов, приведено уточнение подхода к оценке индивидуального риска с учетом различных условий пребывания

персонала, обслуживающего линейные и площадочные объекты нефтегазодобывающего комплекса.

*Ключевые слова:* оценка риска аварий, потенциальный риск, индивидуальный риск, безопасность, нефтегазовый комплекс

## TECHNOGENIC RISK ASSESSMENT FOR LINEAR AND SITE FACILITIES OF THE OIL AND GAS COMPLEX

A.P. Byzov; A.V. Andreev; O.E. Kovyazina.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university.

M.T. Pelekh. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article investigates the linear and site objects of the oil and gas complex in order to assess the individual risk for personnel, operators, pipelines linemen and other workers who during their working day are in areas of increased potential risk of linear and site objects. For this purpose, a summary analysis of the methodological apparatus of risk assessment for these objects is carried out, the approach to the assessment of individual risk is specified, taking into account the different conditions of the personnel serving the linear and site facilities of the oil and gas complex.

*Keyword:* accident risk assessment, potential risk, individual risk, safety, oil and gas complex

Нефтегазовый комплекс России является одной из основных отраслей экономики страны, так как добываемое сырье представляет важнейший источник энергии. Доля поступлений в федеральный бюджет от функционирования нефтегазового комплекса России в 2018 г. составила 45,6 % от общего объема доходов бюджета Российской Федерации [1]. Согласно сборнику «Россия в цифрах. 2015», выпущенному Федеральной службой государственной статистики, Российская Федерация занимает второе место по добыче нефти и газа [2].

Нефтегазовый комплекс включает в себя ряд процессов: непосредственно саму добычу нефти и газа, их транспортировку, переработку, а также распределение продуктов их переработки. Объекты нефтегазодобывающего комплекса включают в себя площадочные опасные производственные объекты (ОПО): различные насосные станции, установки предварительного сброса воды, установки подготовки нефти и многое др. Помимо площадочных существуют еще и линейные объекты, например, нефтепроводы, газопроводы, по которым идет транспортировка углеводородов.

Необходимость обеспечения безопасности на подобных объектах обусловлена тем, что, не смотря на существенное обновление основных фондов, многие объекты нефтегазодобывающей промышленностью имеют значительные сроки эксплуатации, что приводит к росту риска возникновения аварийных ситуаций, что, в свою очередь, может привести к человеческим жертвам. С учетом внедрения риск-ориентированного подхода к обеспечению промышленной безопасности вопрос объективной оценки различных показателей риска, в первую очередь индивидуального риска, является актуальным.

### **Существующий методический аппарат оценки техногенного риска на объектах нефтегазового комплекса**

Оценка риска в общем случае является процессом определения комбинации вероятности возникновения факторов риска, то есть определенных событий или ситуаций, способных негативно повлиять на развитие проекта и достижение запланированных результатов, а также последствий опасных процессов.

Существующий методический аппарат оценки техногенного риска на объектах нефтегазового комплекса опирается на Приказ Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [3]. Кроме того, используются Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 августа 2015 г. № 317 «Об утверждении руководства по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи» [4].

В пожарной безопасности широко используется методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденная Приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [5].

Основные составляющие элементы для осуществления оценки риска представляют собой последствия аварии (зоны действия поражающих факторов аварии) и частота возникновения аварии (частота реализации инициирующего события).

В настоящее время имеется возможность спрогнозировать зоны действия поражающих факторов аварии различными способами. При этом, как правило, в качестве основного рассматривается самый неблагоприятный случай появления и развития аварии. Однако современные методики содержат относительно трудоемкие расчеты для установления частоты инициирующего события с применением деревьев событий, приводящего к аварии, то есть для определения вероятности ее реализации. Кроме указанных расчетов еще одним способом установления частоты реализации инициирующего события служат статистические данные об аналогичных авариях. Минус этого приема состоит в неточности и неполноценности сведений, так как используются усредненные значения, из-за чего не учитывается специфика ОПО. Следовательно, можно сделать вывод о возможном несоответствии принимаемых мер по снижению риска, а также по смягчению последствий.

Методологический аппарат оценки техногенного риска сложен в применении, ведь для каждого объекта существуют свои установленные документы. Выбор руководств зависит от многих факторов – от вида промышленности, от обрабатываемого сырья, от вида объекта и прочих, которые может выделить эксперт, выполняющий оценку. Это создает проблемы при оценке риска, например, комбинированных объектов (содержат площадочную и линейную часть). После проведения анализа различных методик оценки риска было выявлено, что документов, учитывающих подобные распространенные случаи, нет. Так, например, было установлено, что основным документом, которым можно руководствоваться для оценки и анализа риска, являются Методические основы [3]. Однако он не учитывает особенности объектов различных опасных производственных объектов, производств и сырья. Для этого используются другие руководства по безопасности, утвержденные Приказом Ростехнадзора. Следовательно, набор вовлекаемых в процесс документов будет разнообразен и неоднозначен.

Особенностью функционирования объектов нефтегазодобывающего комплекса является наличие линейных и площадочных объектов на ограниченной территории, обслуживанием которых занимаются один и тот же персонал, находясь при этом в течение рабочей смены в условиях повышенного потенциального риска, изменяющегося при движении вдоль линейного объекта и в пределах площадочного объекта.

В связи с этим возникает необходимость разработки подхода к оценке индивидуального риска, учитывающего совместное действие линейных и площадочных объектов.

Методические основы устанавливают лишь общий порядок проведения анализа опасностей на ОПО:

- планирование и организация работ, сбор сведений;
- идентификация опасностей;
- оценка риска аварий на ОПО и (или) его составных частях;
- установление степени опасности аварий на ОПО и (или) определение наиболее опасных составных частей ОПО;

– разработка мер по уменьшению риска аварий.

Каждый этап подробно описан в IV статье «Этапы проведения анализа риска аварий» [3].

Основными показателями риска для линейных и площадочных объектов являются коллективный, социальный, потенциальный, индивидуальный, а также технический риски. Расчет их значений производится согласно выражениям, приведенным в документе [3].

После проведения анализа математических моделей было выявлено, что расчет коллективного и социального риска одинаков как для площадочных, так и для линейных объектов. Потенциальный, а, следовательно, и индивидуальный риски вычисляются с помощью разных выражений.

Так, потенциальный риск для площадочных объектов и граничащих с ним зон определяется в каждой конкретной точке (x,y) по формуле [3]:

$$R_{nom}(x, y) = \sum_{i=1}^I Q_i \cdot \min \left( 1.1 - \prod_{j=1}^{\Phi_i(x,y)} (1 - v_{уязв}^{ij}(x, y) \cdot P_{гиб}^{ij}(x, y)) \right),$$

где  $I$  – число сценариев развития аварий;  $Q_i$  – частота реализации в течение года  $i$ -го сценария развития аварии, год<sup>-1</sup>;  $\Phi_i(x,y)$  – количество поражающих факторов, которые могут действовать одновременно при реализации  $i$ -го сценария в точке с координатами (x,y);  $P_{гиб}^{ij}(x,y)$  – условная вероятность гибели незащищенного человека на открытом пространстве в точке территории с координатами (x,y) от  $j$ -го поражающего фактора при реализации  $i$ -го сценария аварии;  $v_{уязв}^{ij}(x,y)$  – коэффициент уязвимости человека, находящегося в точке территории с координатами (x,y) от  $j$ -го поражающего фактора, который может реализоваться в ходе  $i$  сценария аварии, и зависит от защитных свойств помещения, укрытия, в котором может находиться человек в момент аварии, и изменяющийся от 0 (человек неуязвим) до 1 (человек не защищен из-за незначительных защитных свойств укрытия) или превышать 1 в случае гибели людей при обрушении зданий.

Величину потенциального риска вдоль оси однониточного трубопровода  $R_{nom}(x_0, r_0)$ , год<sup>-1</sup>, в определенной точке с координатами (x<sub>0</sub>, r<sub>0</sub>), где координата  $x_0$  – координата вдоль оси трубопровода, км,  $r_0$  – координата по оси, перпендикулярной оси трубопровода, расположенной на расстоянии  $r_0$ , км от оси трубопровода, определяют по формуле [4]:

$$R_{nom}(x_0, r_0) = \int_{x_{min}}^{x_{max}} \lambda(x) \sum_{k=1}^{K_0(x)} Q_k \cdot \min \left( \left( 1.1 - \prod_{j=1}^{\Phi_j(x,y)} (1 - v_{уязв}^{kj}(x_0, r_0) \cdot Q_{пор}^{kj}(x, x_0, r_0)) \right) \right) dx,$$

где  $x_0$  – координата вдоль оси трубопровода, км;  $r_0$  – координата по оси, перпендикулярной оси трубопровода, расположенной на расстоянии  $r_0$  от оси трубопровода, км;  $\lambda(x)$  – удельная частота разгерметизации трубопровода в точке с координатой  $x$  вдоль оси, год<sup>-1</sup>·км<sup>-1</sup>;  $K_0(x)$  – число сценариев развития аварии в точке с координатой  $x$  вдоль оси трубопровода;  $Q_k$  – условная вероятность реализации  $k$ -го сценария развития аварии;  $Q_{пор}^{kj}(x, x_0, r_0)$  – условная вероятность поражения человека в точке территории с координатой (x<sub>0</sub>, r<sub>0</sub>) в результате реализации  $j$ -го поражающего фактора в  $k$ -м сценарии развития аварии, произошедшей в точке трубопровода с координатой  $x$ ;  $x_{max}$  и  $x_{min}$  – границы интегрирования вдоль оси трубопровода находятся с условием, что зоны действия поражающих факторов не будут распространяться на точку территории с координатами (x<sub>0</sub>, r<sub>0</sub>), если возможный сценарий аварии не попадает в предел [x<sub>min</sub>, x<sub>max</sub>];  $v_{уязв}^{kj}(x_0, r_0)$  – коэффициент уязвимости человека, находящегося в точке территории с координатами (x<sub>0</sub>, r<sub>0</sub>) от  $j$ -го поражающего фактора, который может реализоваться в ходе  $k$ -го сценария аварии и зависящий от защитных свойств помещения, укрытия, в котором может находиться человек в момент аварии, и изменяющийся от 0 (человек неуязвим) до 1 (человек не защищен из-за незначительных защитных свойств

укрытия);  $\Phi_k(x_0, r_0)$  – количество поражающих факторов, которые могут действовать одновременно при реализации  $k$ -го сценария в точке  $(x_0, r_0)$  и который определяется в соответствии с рекомендациями Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденного Приказом Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144.

Основной задачей обслуживания линейных объектов нефтегазодобывающего комплекса является объезд (обход) линейной части трубопроводов с целью осмотра на предмет наличия повреждений трубопроводов, выхода нефти или контроля несанкционированных врезок с целью хищения. При этом траектория движения вдоль трубопровода при обходе примерно постоянна. Следовательно, для определения индивидуального риска требуется смоделировать функцию зависимости потенциального риска от координаты по траектории движения  $R_{nom}(L_0)$ .

### Общий подход к оценке индивидуального риска

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности [3]. Именно этот тип риска является основным для персонала.

Величина индивидуального риска  $R_m$  (год<sup>-1</sup>) для работника  $m$  объекта при его нахождении на территории объекта определяется по формуле [6]:

$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} \cdot P(i), \quad (1)$$

где  $P(i)$  – величина потенциального риска в  $i$ -й области территории объекта, год<sup>-1</sup> (здесь  $P(i)=R_{nom}$  в точке  $(x,y)$  для площадочного объекта);  $q_{im}$  – вероятность присутствия работника  $m$  в  $i$ -й области территории объекта. Ее определяют доли времени нахождения рассматриваемого человека в определенной области территории;  $I$  – количество участков, на которые условно можно разделить территорию, при том, что на всей площади каждого из этих участков потенциальный риск одинаковый.

Индивидуальный риск работника  $m$  объекта определяется как сумма величин индивидуального риска при нахождении работника на территории и в зданиях объекта. Таким образом, для оценки величины приведенного показателя на комплексных объектах, сочетающих в себе и площадочную, и линейную части, необходимо сложить величины вклада в индивидуальный риск на каждом из объектов.

Определить величину индивидуального риска для работников, занятых на площадочных объектах, не составляет труда. Однако для сотрудников, работающих на линейных объектах, задача усложняется тем фактом, что каждый участок линейного объекта является потенциальным источником опасности, существует риск аварийной утечки нефти из трубопровода. На площадочных объектах источники аварий локализованы. Поэтому индивидуальный риск для линейного объекта будет зависеть от плотности распределения персонала вдоль оси трубопровода, так как при обслуживании рабочая бригада не находится в одной точке. Кроме того, исходя из общей формулы для оценки индивидуального риска (1), можно установить, что для линейных объектов он вычисляется как:

$$R_{инд} = \int_{L_n}^{L_k} R_{nom}(L_0) \cdot \rho_p(L_0) dL_0,$$

где  $L$  – длина трубопровода, км;  $\rho_p$  – плотность распределения вероятности пребывания персонала вдоль трассы нефтепровода, км<sup>-1</sup>.

Исходя из приведенного выше, можно установить, что одну и ту же формулу для расчета потенциального и индивидуального рисков нельзя применить для персонала, занятого и на площадочной, и на линейной части объекта.

Для определения величины индивидуального риска для работников, занятых и на линейной, и на площадочной части объекта, учитывая, что индивидуальный риск определяется как сумма вкладов в индивидуальный риск, получаем формулу:

$$R_{инд.обх} = \sum_{i=1}^I q_{im} \cdot R_{ном}(x, y) + \int_{L_n}^{L_k} R_{ном}(L_0) \cdot p_p(L_0) dL_0$$

Таким образом, индивидуальный риск персонала ОПО зависит от вероятности пребывания работника в определенной точке площадочного объекта и от плотности вероятности пребывания работника вдоль трассы линейного объекта. Для оценки этих показателей анализируется рабочий график, количество часов в смену, число бригад обслуживания и пункты их пребывания. Вероятность пребывания работника в определенной точке при работе по фиксированному графику в общем случае можно определить по формуле:

$$q_n = \frac{n_ч}{24} \cdot \frac{n_д}{7} \cdot \frac{n_г}{12},$$

где  $n_ч$  – количество часов работы в течение суток;  $n_д$  – количество смен работы в течение недели;  $n_г$  – количество рабочих месяцев в течение года.

Величина индивидуального риска для линейного объекта зависит от плотности распределения вероятности пребывания персонала вдоль трассы нефтепровода. Она в общем случае не зависит от места нахождения вдоль трассы. При одинаковой средней скорости движения бригады обходчиков можно предположить, что на всех участках трубопровода персонал проводит одинаковое количество времени, то есть плотность распределения вероятности пребывания персонала вдоль трассы является константой.

$$p_{лин} = p_p = \frac{q_{лин}}{L} = const. \quad (2)$$

Так как рассматриваемый объект включает в себя и площадочную, и линейную части, то, принимая во внимание, что  $q_{нл} = \sum_{i=1}^I q_{im}$ , а также формулу (2), общая вероятность пребывания на объекте равна сумме вероятностей пребывания на каждом из указанных участков:

$$q_n = q_{нл} + q_{лин} = \sum_{i=1}^I q_{im} + \int_{L_n}^{L_k} p_p(L_0) dL_0$$

Проведенный анализ методического аппарата Ростехнадзора по расчету индивидуального риска для персонала, обслуживающего объекты различного типа, позволяет отметить, что существенное влияние на данный показатель оказывает плотность распределения пребывания работников на их рабочих местах, то есть, сколько и где они находятся в течение своей рабочей смены. Предлагаемый подход к оценке индивидуального риска для линейных и площадочных объектов нефтегазодобывающего комплекса позволяет учитывать совместный вклад опасности различных объектов.

## Литература

1. Доля нефтегазовых доходов бюджета России в первом полугодии составила 45,6 % // Рамблер/финансы. URL: <https://finance.rambler.ru/realty/40552551-dolya-neftegazovyh-dohodov-byudzheta-rossii-v-pervom-polugodii-sostavila-45-6/> (дата обращения: 15.03.2019).
2. Россия в цифрах – 2015 г.: доклад Росстата. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b15\\_11/IssWWW.exe/Stg/d02/28-02.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b15_11/IssWWW.exe/Stg/d02/28-02.htm) (дата обращения: 15.03.2019).
3. Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»: Приказ Ростехнадзора от 11 апр. 2016 г. № 144. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Об утверждении руководства по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи»: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 авг. 2015 г. № 317 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 14.12.2018).
5. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

## **СПОСОБ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ПРОЛИТОГО ОПАСНОГО ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ АВАРИИ ПЕРЕВОЗИМОГО РЕЗЕРВУАРА**

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

**А.А. Аксенов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

В статье обосновывается применение способа оперативного определения массы пролитого опасного химического вещества в случае аварии при транспортировке аварийно химически опасных веществ автомобильным транспортом, который может быть выполнен в виде аппаратно-программного комплекса. Предлагается схема работы данного способа с применением блоков измерений, блока вычислений и блока шифровки и передачи данных, установленных на транспортном средстве, перевозящим резервуар с опасным химическим веществом, и центра обработки данных, расположенном стационарно.

*Ключевые слова:* способ, опасное химическое вещество, химически опасный объект, резервуар, авария, управленческое решение, безопасность, масса пролитого вещества, глубина химического заражения

## **METHOD OPERATIONAL DEFINITION OF MASS SPILLED HAZARDOUS CHEMICALS IN THE ACCIDENT TRANSPORTED THE CONTAINER**

O.N. Savchuk; A.A. Aksenov.

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

In the article proves method determination of the mass of the spilled hazardous chemical during transport by road. Method may by hardware and software complex. The scheme of work



consisting of the measuring unit, computing unit, cipher block, transmitting unit and situation center. The blocks are located on the transport. The situation center is located permanently.

*Keywords:* method, hazardous chemicals, chemically hazardous object, tank, accident, management decision, security, weight of spilled material, depth of chemical contamination

По статистике ежегодно транспортируют до 700 тыс. т опасных химических веществ по территории Российской Федерации. Транспорт, перевозящий опасные химические вещества, принято относить к подвижным химически опасным объектам (ХОО). Пути транспортировки опасных химических веществ (ОХВ) в большинстве случаев вынужденно проходят по территории населенных пунктов, что увеличивает риск химической опасности для населения, расположенного вблизи маршрутов перемещения. В связи с ростом террористических актов ущерб от терактов на таких объектах может быть большим, чем при промышленных авариях на химически опасных объектах [1].

При перевозке ОХВ подвижный резервуар может находиться в заранее неизвестном месте, в отличие от стационарных ХОО, поэтому существует проблема получения исходных данных для оперативного прогнозирования зон распространения химического облака при авариях на подвижных ХОО.

В настоящее время в связи с увеличением опасности террористических актов и других аварий на ХОО в целях оперативного прогнозирования последствий аварий возрастает необходимость достоверного определения зоны химического заражения с учетом массы пролитого ОХВ при частичной разгерметизации резервуаров и на этой основе выработке управленческих решений по обеспечению безопасности населения.

В методике прогнозирования последствий при авариях подвижных ХОО [2] количество жидкого ОХВ на участке аварийного торможения  $m_T$  за время разлива до остановки поврежденного транспорта определяется по формуле:

$$m_T = \int_0^{t_{\text{ист.т}}} G(t) dt = \left( G_0 t_{\text{ист.т}} - \frac{\rho_{ж.у} g \mu^2 S_{\text{отв}}^2}{2S_{\text{ем}}} \cdot t_{\text{ист.т}}^2 \right), \quad (1)$$

где  $t_{\text{ист.т}}$  – время истечения ОХВ с момента разгерметизации емкости до остановки поврежденного транспорта, с;  $t_{\text{ист.т}} = t_{\text{р.в}} + L_{\text{т.п}}/V_{\text{торм}}$ ;  $t_{\text{р.в}}$  – время реакции водителя, с;  $L_{\text{т.п}}$  – участок тормозного пути, м;  $V_{\text{торм}}$  – усредненная скорость торможения, м/с;  $V_{\text{торм}} = V_{\text{тр}}/2$ ;  $V_{\text{тр}}$  – начальная скорость аварийного торможения, м/с;  $G_0$  – массовый расход в начальный момент времени, кг/с, определяемый по формуле:

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

$\mu$  – коэффициент истечения, принимаемый равным 0,6–0,8;  $S_{\text{отв}}$  – площадь отверстия, м<sup>2</sup>;  $h_0$  – начальная высота столба жидкости в емкости, м;  $h_{\text{отв}}$  – высота расположения отверстия, м.

Количество разлитого ОХВ  $m_{\text{ост}}$  после остановки поврежденного транспорта определяется по формуле:

$$m_{\text{ост}} = \left( \mu \rho_{ж.у} S_{\text{отв}} \sqrt{2g(h'_0 - h_{\text{отв}})} t_{\text{ост}} - \frac{\rho_{ж.у} g \mu^2 S_{\text{отв}}^2}{2S_{\text{ем}}} t_{\text{ост}}^2 \right), \quad (3)$$

где  $h'_0$  – высота столба жидкости в емкости на время остановки, м;  $S_{\text{ем}}$  – площадь сечения емкости, м<sup>2</sup>;  $t_{\text{ост}}$  – время, исчисляемое от момента начала аварийного торможения до остановки, с.

На основе массы пролитого ОХВ рассчитывается глубина химического заражения по формуле [4]:

$$\Gamma_{расч} = \min(\Gamma_n(\Gamma_{см}); \Gamma_{пер}),$$

где  $\Gamma_n$  – глубина заражения при пороговой степени поражения, м;

$$\Gamma_n = 0,95 \sqrt[1+b+d]{\frac{m}{0,13(2\pi)^2 \cdot a \cdot c \cdot C_n}} K^b K^t,$$

где  $\Gamma_{см}$  – глубина заражения при смертельной степени поражения, м;

$$\Gamma_{см} = 0,95 \sqrt[1+b+d]{\frac{m}{0,13(2\pi)^2 \cdot a \cdot c \cdot C_{см}}} K^b K^t,$$

$m$  – масса аварийно химически опасного вещества (АХОВ), разлитого на участке торможения  $m_t$ , или масса АХОВ, разлитого в районе аварийной остановки  $m_{ост}$ , кг;  $a, b, c, d$  – коэффициенты степенных моделей дисперсии;  $C_n, C_{см}$  – концентрация соответственно порогового и смертельного поражения рассматриваемого типа АХОВ, г/м<sup>3</sup>;  $K^b$  – коэффициент зависимости глубины заражения от скорости ветра;  $K^t$  – коэффициент влияния температуры воздуха на глубину заражения АХОВ;  $\Gamma_{пер}$  – глубина переноса облака химического заражения, м.

Параметр  $\Gamma_{пер}$  определяется по формуле:

$$\Gamma_{пер} = U_n T_{п.д},$$

где  $U_n$  – скорость переноса переднего фронта облака при данных скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч;  $T_{п.д}$  – время поражающего действия, ч.

Определение массы пролитого ОХВ по формулам (1–3) требует нахождения площади отверстия, но получение этой информации в кратчайшие сроки после реализации химически опасной аварии весьма проблематично. Это обусловлено тем, что прибытие оперативной группы Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России, которая может определить эти параметры, к месту аварии может составить не менее 30 мин. За это время пролив ОХВ из аварийного транспорта может полностью произойти в районе остановки и определение зон химического заражения методом прогнозирования в целях обеспечения безопасности населения жилой части города в районе аварии теряет смысл. Очень важно иметь информацию о количестве пролитого ОХВ на участке аварийного торможения для полной прогнозируемой оценки обстановки, складывающейся в результате аварии. Как показали исследования, неучет пролитого ОХВ на участке аварийного торможения ведет к заниженным значениям глубины химического заражения. Поэтому очень важно в целях оперативного прогнозирования последствий таких аварий знание количества пролитого ОХВ не только в районе аварийной остановки.

В связи с этим количество пролитого ОХВ предлагается определять при помощи предлагаемого способа оперативного определения массы пролитого ОХВ при авариях с частичными разрушениями резервуара с ОХВ, перевозимого автомобильным транспортом. Система работает следующим образом, перед отправкой резервуара с ОХВ в ЦУКС заносят исходные данные, в том числе параметры резервуара, тип и плотность ОХВ, начальный уровень жидкости в резервуаре, тем самым проверяется сопряжение оборудования, установленного на подвижном резервуаре с центром обработки данных, расположенном

в ЦУКС. Принципиальная схема способа изображена на рис. 1, где 1 – блок измерения местоположения; 2 – блок измерителей уровня; 3 – блок вычислений, выполненный с возможностью определения массы разлившегося ОХВ на местности; 4 – блок шифрования и передачи информации, выполненный с возможностью преобразовывать и передавать данные; 5 – канал передачи данных; 6 – центр обработки данных, в котором принимаются и обрабатываются сигналы и определяется зона химического заражения [3].



Рис. 1. Принципиальная схема способа оперативного определения массы пролитого ОХВ при частичной разгерметизации (разрушении) перевозимого резервуара с ОХВ

Алгоритм определения количества пролитого ОХВ по измерению уровня жидкого ОХВ в цистерне следующий. После отправки подвижного резервуара с ОХВ при помощи блока измерения местоположения производится непрерывное определение местоположения подвижного резервуара с ОХВ, например, при помощи модуля глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС). При помощи блока измерителей уровня осуществляется непрерывное измерение уровня жидкого опасного вещества, например при помощи совокупности уровнемеров, работающих по известному способу.

При движении в резервуаре происходит волнение жидкости, поэтому целесообразно использование не менее четырех уровнемеров, в зависимости от количества демпферов, установленных внутри резервуара. Информация с уровнемеров передается в блок вычислений, где по формуле (4) рассчитывается уровень ОХВ с учетом волнения ОХВ при движении:

$$H = \frac{\frac{h_{1 \min} + h_{1 \max}}{2} + \frac{h_{2 \min} + h_{2 \max}}{2} + \dots + \frac{h_{n \min} + h_{n \max}}{2}}{n}. \quad (4)$$

Расчет уровня ОХВ при движении подвижного резервуара осуществляется непрерывно путем фиксации максимального и минимального отклонения от начального уровня на интервале времени, равному 4 с [3].

Вычисленный уровень опасного химического вещества  $H$  сравнивается с начальным уровнем ОХВ. В случае если  $H < h_0$  более чем на 5 %, от  $h_0$  происходит информирование об аварии путем передачи электрического сигнала в блок шифровки и передачи данных, который, в свою очередь, оповещает об аварии ЦУКС, параллельно блок вычислений производит вычисление массы пролитого ОХВ по уровню ОХВ в резервуаре в текущий момент времени, плотности жидкости, радиусу резервуара с ОХВ, начальному уровню ОХВ, длине резервуара с ОХВ, по формуле (5) – в случае если  $H > R$ , по формуле (6) – в случае если  $H < R$  и передает данные на сервер, где в режиме реального времени производится расчет зон химического заражения для своевременного выполнения оперативных мероприятий при чрезвычайной ситуации [4].

$$m = \frac{R^2 \cdot L \cdot \rho}{2} \left[ \left( \arcsin \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_0 - R)^2}}{R} \right) - \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_0 - R)^2}}{R} \right) \right) - \left( \arcsin \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (H - R)^2}}{R} \right) - \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (H - R)^2}}{R} \right) \right) \right] ; \quad (5)$$

$$m = \pi \cdot R^2 \cdot L \cdot \rho - \frac{R^2 \cdot L \cdot \rho}{2} \left[ \arcsin \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_0 - R)^2}}{R} \right) - \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (h_0 - R)^2}}{R} \right) \right] - \frac{R^2 \cdot L \cdot \rho}{2} \left[ \pi - \arcsin \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (H - R)^2}}{R} \right) + \left( \frac{2 \cdot \sqrt{R^2 - (H - R)^2}}{R} \right) \right] , \quad (6)$$

где  $m$  – масса пролитого ОХВ;  $R$  – радиус резервуара с ОХВ;  $L$  – длина резервуара с ОХВ;  $\pi$  – число пи;  $\rho$  – плотность ОХВ.

Система имеет возможность измерять и передавать данные с определенной периодичностью, а также рассчитывать глубину химического заражения местности в режиме реального времени и производить другие расчеты.

Пример работы устройства на основе предлагаемого способа изображен на рис. 2, где уровнемер – 2 измеряет уровень жидкости АХОВ в цистерне – 1 и передает данные в виде электрического сигнала по каналу передачи данных – 3 к передатчику – 4, который, в свою очередь, с заданной периодичностью передает данные по каналам передачи данных (предлагается канал сотовой связи в диапазоне GSM 850/900/1800/1900 МГц) при помощи передающей антенны – 8. Принимающая антенна – 5 принимает сигнал и по каналу передачи данных – 6 осуществляет ввод данных на сервер – 7, где происходит определение массы пролитого ОХВ, определяется глубина возможного химического заражения в случае аварии и вычисляются риски химической опасности в результате происшествия. Вычисления на сервере, который располагается в ЦУКС, предлагается осуществлять при помощи программы прогнозирования последствий аварий на транспорте, перевозящем ОХВ [5].

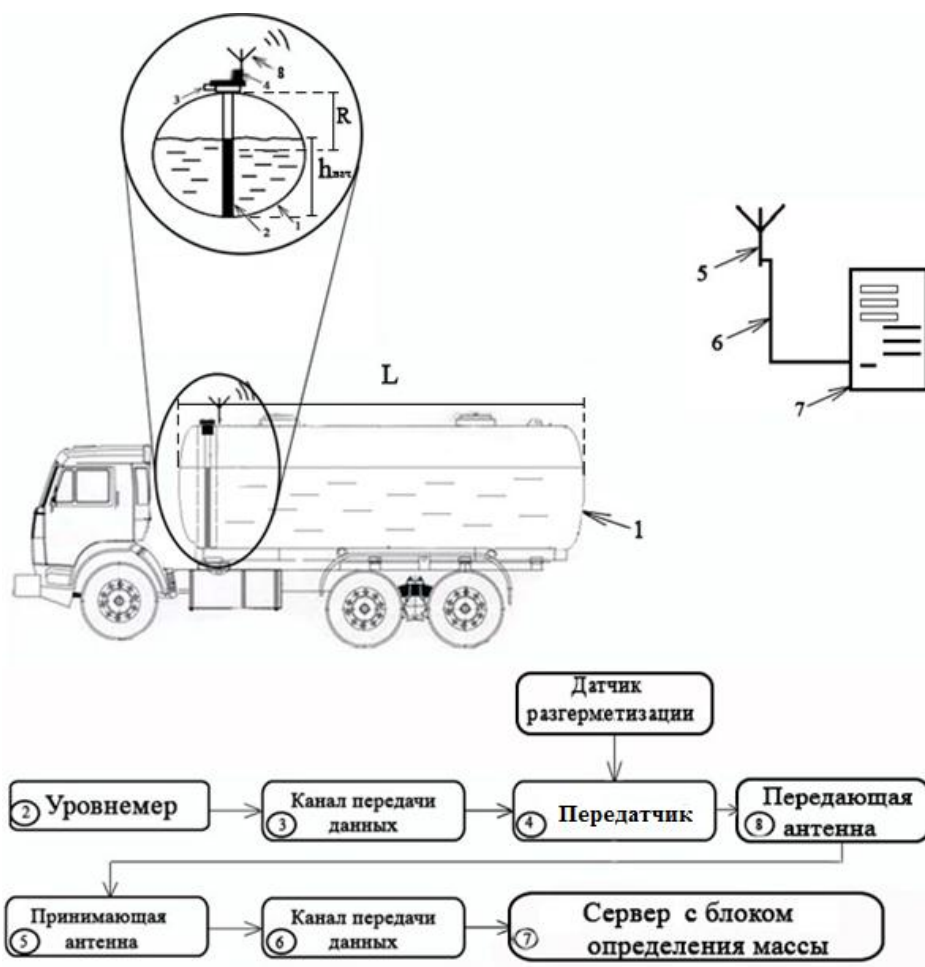


Рис. 2. Схема работы устройства оперативного определения массы пролитого ОХВ при авариях с разрушениями резервуара, перевозимого автомобильным транспортом

Таким образом, путем использования предлагаемого способа сокращается время оперативного расчета глубины химического заражения по методике оценки риска химической опасности при перевозке ОХВ автомобильным транспортом [6]. Предлагаемый способ может быть адаптирован для оперативного прогнозирования при разливе нефтепродуктов и других жидких грузов как автомобильным, так и железнодорожным транспортом.

### Литература

1. Савчук О.Н., Аксенов А.А., Крейтор В.П. Пути совершенствования методики оценки риска химической опасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 10. С. 46.

2. Савчук О.Н. Прогнозирование и ликвидация последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2014. 357 с.

3. Заявка № 2018109003 Российская Федерация. Заявка на получение патента на изобретение. Способ оперативного определения массы пролитого опасного химического вещества при аварии перевозимого резервуара / А.А. Аксенов, О.Н. Савчук; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России (RU). – №2018109003; заявл. 13.03.18.

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

5. 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», 6–8 июня 2017 г. М.: Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2017. С. 72–76.

6. Свид. 2015610163 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа прогнозирования последствий аварий на транспорте, перевозящем АХОВ / А.А. Аксенов, О.Н. Савчук; заяв. и правообл. 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.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

**С.А. Воднев;**

**А.В. Матвеев, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проведен комплексный анализ дорожно-транспортных происшествий и чрезвычайных ситуаций на транспорте в Северо-Западном федеральном округе. Выявлена взаимосвязь между временем реагирования аварийно-спасательных служб и показателями смертности. Получена количественная оценка эффективности реагирования аварийно-спасательных служб на чрезвычайные ситуации на транспорте.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, дорожно-транспортные происшествия, аварийно-спасательная служба, реагирование, эффективность, смертность, пробит-модель

## **THE ESTIMATION OF THE RESPONSE EFFICIENCY THE RESCUE SERVICES ON EMERGENCY SITUATIONS IN TRANSPORT**

S.A. Vodnev; A.V. Matveev.

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

The comprehensive analysis of road accidents and emergencies in transport in the North-West Federal District are provides in the article. The relationship between the response time of emergency services and mortality rates has been identified. A quantitative assessment of the effectiveness of emergency response services in emergency situations on transport was obtained.

*Keywords:* emergency situation, road accidents, rescue service, response, efficiency, death rate, probit-model

В настоящее время существует тенденция устойчивого роста роли транспортной сферы в социально-экономическом развитии государства, регионов. Несмотря на развитие всей транспортной инфраструктуры, совершенствование и развитие парка транспортных средств, реализацию многочисленных мер, направленных на обеспечение транспортной

безопасности, в последние годы в Российской Федерации произошло множество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), часть которых были отнесены к категории чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1], повлекших за собой многочисленные человеческие жертвы (по официальной статистике более 16 тыс. чел. в год), значительный материальный ущерб, а также нанесение вреда окружающей среде (рис. 1).

В условиях возникновения ЧС и других происшествий на транспорте органам управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) всех уровней необходимо адекватно и оперативно реагировать на развивающиеся события и принимать решения применения сил и средств аварийно-спасательных служб (АСС) для немедленного оказания помощи пострадавшим.

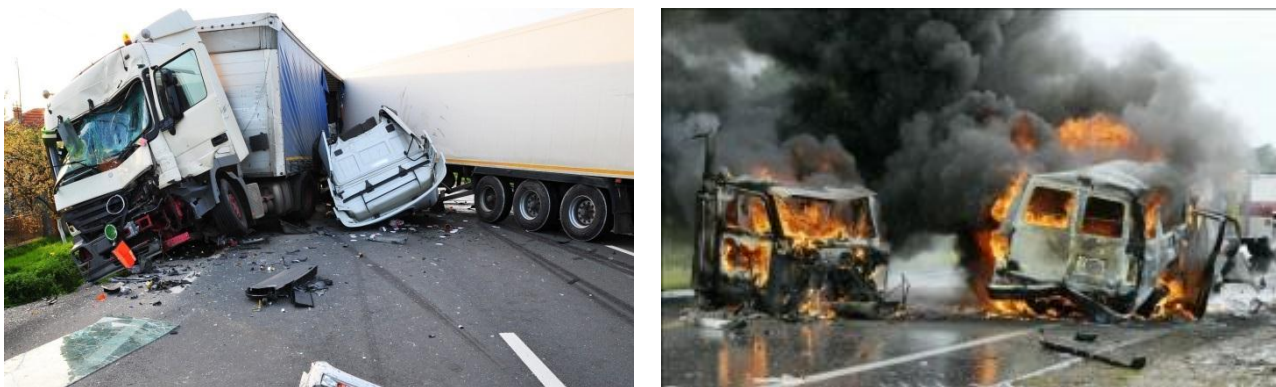


Рис. 1. Чрезвычайные ситуации на транспорте

Помимо вводимых в последнее время нормативных изменений и технических решений, направленных на обеспечение безопасности дорожного движения, одним из перспективных и важных направлений является реализация потенциала АСС МЧС России, быстрое и эффективное реагирование которых на происшествия и ЧС на транспорте способно привести к возможному сокращению числа погибших.

Дело в том, что большинство случаев смертельных исходов при происшествиях и ЧС на транспорте происходит на догоспитальном этапе, где некоторые из них можно было бы предотвратить за счет более эффективной деятельности АСС [2]. Так, например, согласно данным Экономической комиссии Организации Объединенных Наций около 50 % смертей происходит на месте аварии или во время транспортировки в больницу менее чем через 1 ч после аварии [3].

Одной из актуальнейших задач является проблема повышения оперативности реагирования АСС на ДТП и ЧС на транспорте.

В работе [4] автором подчеркивается факт того, что быстрое и точное сообщение об аварии на транспорте экстренным службам значительно сокращает число погибших. В статье [5] автор объясняет зависимость аварий, травм и смертельных случаев при происшествиях и ЧС на транспорте, используя эконометрические модели, которые включают переменные, представляющие развитие транспортной инфраструктуры, число транспортных средств и их виды, а также наличие платных и бесплатных автомагистралей. Используя ежегодные данные, они показывают, что имеется достаточно большая корреляция между социальным ущербом (количество погибших и травмированных) от ЧС и аварий на транспорте и данными переменными, при этом такая же высокая корреляция наблюдается и с показателями оперативности реагирования АСС.

Вопросы оптимизации времени прибытия спасательных служб на примере решения задачи маршрутизации движения пожарных автомобилей рассмотрены отечественными авторами в статье [6].

Данное исследование посвящено оценке эффективности реагирования АСС на ДТП на территории Северо-Западного федерального округа (СЗФО).



Был проведен комплексный анализ происшествий и ЧС на транспорте в СЗФО на автомагистралях и на обычных дорогах за период 2017 г. (охват составил около 84 % всех ЧС и аварий, произошедших за данный отчетный период). Учитывались такие исходные данные по каждой отдельной аварии, как: дата, время, место и данные по оперативной деятельности АСС (время прибытия, используемая техника и технические устройства, вид и продолжительность спасательных работ), данные по участникам аварий и пострадавшим, тяжестим травм (легкие, средние, тяжелые травмы или летальный исход). Не по всем событиям данные были представлены в полном объеме. Например, зачастую отсутствовала информация о дорожных и погодных условиях, возрасте используемых транспортных средств, применяемых мерах безопасности и др. Однако имеющейся информационной базы было достаточно для получения определенных статистических закономерностей взаимовлияния оперативности реагирования АСС на показатели социального ущерба.

В табл. 1 представлены исходные данные по ущербу в ДТП и ЧС в СЗФО за 2017 г., в том числе их распределение по типам дорог.

Таблица 1. Статистические данные о ДТП и ЧС на транспорте в СЗФО за период 2017 г.

Количество ДТП и ЧС на транспорте	14 599
Число автомашин	21 988
Количество пострадавших	11 048
из них:	
погибло	778
с тяжелыми травмами	2 670
с легкими травмами	7 600

Проведенный анализ показал, что основную помощь, которую оказывают спасатели АСС МЧС России при реагировании на ДТП, составляют следующие виды работ: в 59 % случаев – первая медицинская помощь, в 32 % случаев – разблокировка транспортных средств (рис. 2), в 9 % случаев – прочие работы (тушение загоревшихся транспортных средств, транспортировка пострадавших, психологическая помощь и др.).



Рис. 2. Реагирование АСС на ЧС на транспорте

Для определения взаимосвязи времени реагирования АСС МЧС России с показателями смертности в ДТП и ЧС на транспорте необходимо было связать два массива данных, где один из них содержал всю информацию о самих происшествиях (о транспортных средствах, пострадавших, внешних условиях и др.), другой же представлял информацию о времени прибытия и оказания помощи АСС.



В ходе исследования ДТП и ЧС на транспорте в СЗФО на автомагистралях и на обычных дорогах за период 2017 г. (охват составил около 90 % всех происшествий) были получены полные данные по более чем 13 000 происшествий, включающие в себя дату, время и место происшествия, данные по оперативной деятельности АСС (время прибытия, используемая техника и технические устройства, вид и продолжительность спасательных работ), данные по пострадавшим (количество пострадавших и погибших в каждом происшествии по каждой категории участников происшествия: водитель, пассажир, пешеход; степени тяжести каждого пострадавшего: легкие, средние, тяжелые травмы или летальный исход). Распределение количества ДТП по видам дорог и погибшим в них представлено в табл. 2.

Таблица 2. Распределение аварий и смертельных случаев по видам дорог

Вид дорог	Количество ДТП и ЧС на транспорте	Количество погибших
автомагистраль	4 712	292
обычные дороги	8 414	446
другие	1 473	40
всего	14 599	778

Основные описательные статистики распределения времени реагирования АСС для различных типов дорог представлены в табл. 3. Распределение времени реагирования АСС весьма схожи для обоих видов дорог. Основное отличие проявляется в правом хвосте распределений. В 95 % аварий на автомагистралях АСС прибывали на место аварии менее чем за 45 мин. На обычных дорогах этот показатель составляет 52 мин. Среднее время прибытия АСС составляет около 23 мин, при этом различия между обоими типами дорог незначительны.

Таблица 3. Время реагирования АСС МЧС России на ДТП и ЧС на транспорте (в минутах)

Статистические показатели	Автомагистраль	Обычные дороги
Среднее время	22,3	23,4
Стандартное отклонение	16,1	18,5
Минимум	0	0
Максимум	184	223
5% процентиль	9	9
25% процентиль	14	14
50% процентиль	20	22
75% процентиль	27	27
95% процентиль	45	52

В силу того, что одним из критериев отнесения ДТП к ЧС является, в том числе количество погибших и пострадавших, то предлагается ввести в рассмотрение показатель  $R$ , представляющий собой отношение числа погибших к числу пострадавших в ДТП. К погибшим будут относиться те, кто умирает в течение 24 ч после происшествия, а к пострадавшим – те, кому требуется помощь на срок более 24 ч.

На рис. 3, 4 представлена взаимосвязь между коэффициентом  $R$  и временем прибытия АСС на происшествия и ЧС на транспорте на территории СЗФО. На рисунках представлены 5-минутные интервалы времени реагирования АСС на происшествия и ЧС, произошедшие на автомагистралях и обычных дорогах (с указанием их количества) и соответствующим им значением коэффициента  $R$ .

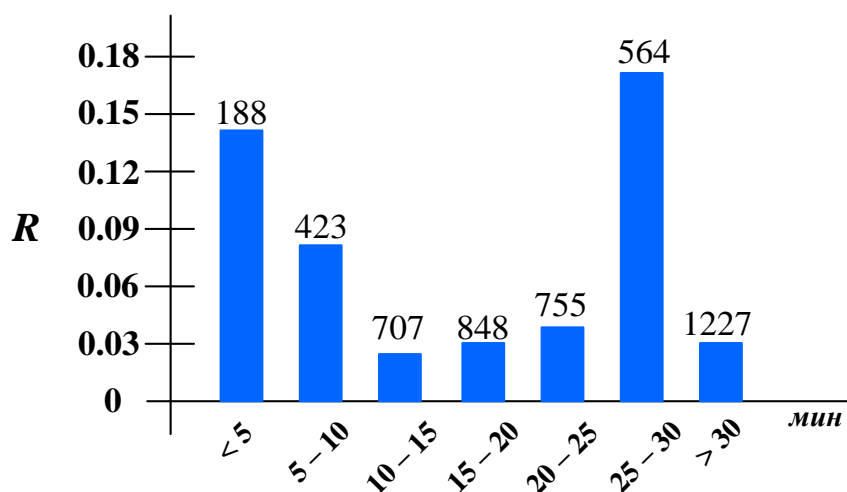


Рис. 3. Зависимость коэффициента  $R$  от времени прибытия АСС МЧС России в СЗФО на автомагистралях

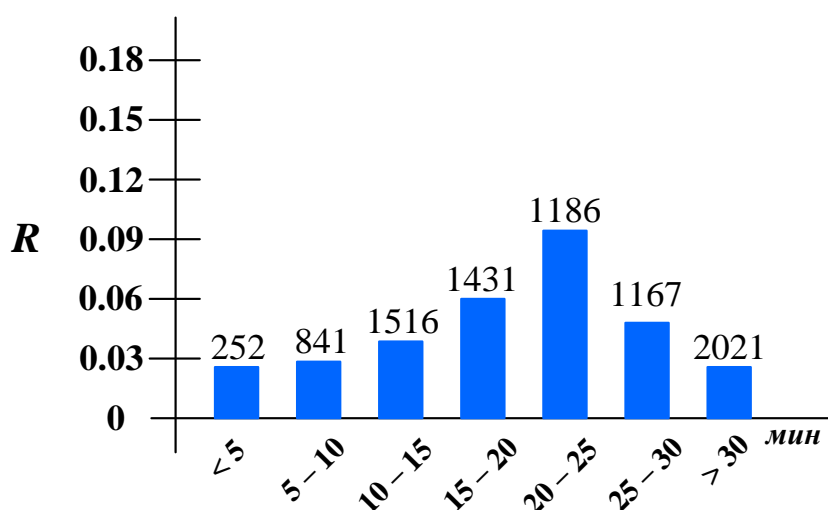


Рис. 4. Зависимость коэффициента  $R$  от времени прибытия АСС МЧС России в СЗФО на обычных дорогах

В происшествиях и ЧС на автомагистралях наблюдается более высокий  $R$  в первые два интервала времени, то есть когда время реагирования АСС меньше 10 мин. Это высокое значение  $R$  объясняется типом аварий, происходящих на автомагистралях, так как они, как правило, более серьезны, чем на обычных дорогах (в первую очередь по причине различного скоростного режима). В этой связи более вероятно, что водители или пассажиры пострадавших транспортных средств погибают почти мгновенно. Для тех аварий, в которых время реагирования подразделений больше чем 10–15 мин, коэффициент  $R$  увеличивается по мере увеличения времени прибытия спасателей к месту оказания помощи. На последнем временном интервале (время прибытия больше 30 мин),  $R$  будет намного ниже, а, следовательно, на данном временном интервале важнее оказание помощи травмированным.

Для происшествий и ЧС на обычных дорогах ситуация совершенно иная. В первые интервалы времени коэффициент  $R$  находится на низком уровне, что можно интерпретировать как меньшую вероятность мгновенной смерти, по сравнению с авариями и ЧС, произошедшими на автомагистралях. Вместе с тем до 25 мин коэффициент  $R$  растет по мере увеличения времени прибытия АСС.

Как на автомагистралях, так и на обычных дорогах, закономерности, представленные на рис. 3, 4, свидетельствуют о том, что первые минуты после аварии имеют решающее значение для спасения жизней. Это первые 25–30, так называемых, «золотых минут». Данные цифры подтверждают явную зависимость количества погибших в ДТП и ЧС на транспорте от оперативности реагирования и готовности АСС, которая определяется, в том числе и уровнем укомплектованности и технического состояния аварийно-спасательных средств [7, 8].

Таким образом, полученные результаты указывают на необходимость на данном временном интервале количественной оценки статистической связи между временем реагирования АСС МЧС России и показателями смертности при ДТП. Для анализа статистической зависимости количества погибших в ДТП и ЧС на транспорте от скорости реагирования АСС далее необходимо построить пробит-модель.

Пусть  $Y$  – бинарная переменная, выражающаяся следующим образом:

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{если человек } i \text{ погибает в ДТП} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

и  $T$  – время реагирования АСС на ДТП и ЧС на транспорте (в минутах). Стандартные пробит-модели для автомагистралей и обычных дорог, на которых происходят ДТП, формируются следующим образом:

$$\Pr(Y_i|T) = F(\alpha_0 + h(T_i)),$$

где  $F$  – функция распределения стандартного нормального распределения. Для обычных дорог вводится линейная функция  $h(T_i) = \alpha_1 T_i$ , а для автомагистралей применяется квадратичная функция  $h(T_i) = \alpha_1 T_i + \alpha_2 T_i^2$ . Различные виды функций  $h$  для каждого типа дорог определяются эмпирическими данными, представленными на рис. 3, 4, отображающих взаимосвязь между временем оперативности реагирования АСС МЧС России и вероятностью смерти пострадавших в ДТП.

Задача состоит в определении параметров  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  для оценки влияния времени реагирования на показатель смертности в ДТП. Рассматривая  $T$  как непрерывную переменную, предельный эффект может быть вычислен для обычных дорог как:

$$\frac{\partial \Pr(Y_i|T_i)}{\partial T} = \alpha_1 f(\alpha_0 + \alpha_1 T_i) \quad (1)$$

и для автомагистралей:

$$\frac{\partial \Pr(Y_i|T_i)}{\partial T} = (\alpha_1 + 2\alpha_2 T_i) f(\alpha_0 + \alpha_1 T_i + \alpha_2 T_i^2), \quad (2)$$

где  $f$  – функция плотности распределения стандартного нормального распределения. При изменении времени реагирования  $T$  (например, уменьшения на  $m$  минут) эффективность может быть вычислена за счет разностей в вероятностях смерти пострадавших в ДТП:

$$\Pr(Y_i|T_i) - \Pr(Y_i|T_i - m) = F(\alpha_0 + h(T_i)) - F(\alpha_0 + h(T_i - m)). \quad (3)$$

Влияние оперативности реагирования в формулах (1–3) не является постоянным во всех наблюдениях. Для каждого наблюдения они могут также зависеть от множества других факторов [9].

Результаты оценки параметров  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  представлены в табл. 4. На основе результатов статистических данных, представленных на рис. 3, 4, были рассмотрены только ДТП и ЧС, в которых время реагирования  $T$  не превышало 30 мин для автомагистралей и 25 мин для обычных дорог.

Таблица 4. Результаты оценки параметров пробит-моделей

Параметры	Автомагистраль	Обычные дороги
$\alpha_1$	-0,168 (0,037)	0,028 (0,015)
$\alpha_2$	0,006 (0,001)	–

Примечание: в скобках указаны стандартные ошибки

Согласно результатам, приведенным в табл. 4, время реагирования  $T$  представляется значимой переменной для объяснения вероятности смертельных исходов при ДТП на обоих типах дорог. Для обычных дорог положительный знак коэффициента показывает, что чем больше время реагирования АСС, тем выше вероятность смерти. Для автомагистралей знак коэффициентов (отрицательный в линейном члене и положительный в квадратичном) показывает, что полученные результаты согласуются с наблюдаемыми закономерностями на рис. 3, 4.

Вычисленные значения коэффициентов в пробит-моделях показывают знак взаимосвязи параметров, но пока не позволяют оценить количественно снижение вероятности летальных исходов при ДТП за счет сокращения времени реагирования АСС. Были проведены расчеты эффективности 10-минутного сокращения времени реагирования с 23 до 13 мин (результаты, представленные в табл. 3 показывают, что среднее время реагирования составляет около 23 мин для обоих типов дорог). Результаты оценки эффективности и доверительные интервалы при уровне значимости 90 % представлены в табл. 5.

Таблица 5. Эффективность влияния времени реагирования АСС на показатели смертности при ДТП и ЧС на транспорте

Показатели	Автомагистраль	Обычные дороги
Оценка вероятности летальных исходов при $T=23$ мин	0,083	0,074
Снижение вероятности летальных исходов при уменьшении $T$ на 10 мин	0,024 (0,004, 0,053)	0,022 (0,0009, 0,059)

Примечание: в скобках указаны доверительные интервалы с уровнем значимости 90 %

Проведенные расчеты показывают, что в ДТП на автомагистралях средняя вероятность смертельных случаев пострадавших при среднем времени реагирования АСС  $T=23$  мин составляет 8,3 %. В случае снижения среднего времени реагирования АСС на 10 мин среднее значение вероятности смертельных случаев уменьшится на 0,027, что представляет собой снижение на 32,5 %.

Для ДТП на обычных дорогах аналогичное 10-минутное сокращение среднего времени реагирования АСС сопровождается снижением средней вероятности летальных исходов пострадавших на 0,022, снижение составит порядка 30 %.

Таким образом, в проведенном исследовании выявлена взаимосвязь между временем реагирования АСС МЧС России и показателями смертности при ДТП и ЧС на транспорте.

Быстрые и точные системы оповещения об авариях, хорошая доступность АСС высокий уровень их укомплектованности и технического состояния аварийно-спасательных средств [10] способствуют снижению временного интервала между моментом ДТП и моментом оказанием помощи пострадавшим.

### **Литература**

1. Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях: Приказ МЧС РФ от 8 июля 2004 г. № 329 (с изм. и доп. от 24 февр. 2009 г.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.02.2019).

2. Гудзь Ю.В., Башинский О.А. Эпидемиологическая оценка травм и повреждений, при которых спасатели и пожарные МЧС России оказывают первую помощь пострадавшим // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2017. № 2. С. 25–33.

3. UNECE Statistics on Road Traffic Accidents. United Nations Economic Commission for Europe, Transport Division – 2004.

4. Al-Ghamdi A. S. Emergency medical service rescue times in Riyadh // Accident Analysis & Prevention. 2002. № 34 (4). С. 499–505.

5. Noland R.V. Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends // Accident Analysis & Prevention. 2003. № 35 (4). pp. 599–611.

6. Малыгин И.Г., Крылатов А.Ю., Широколобова А.П. Маршрутизация движения пожарных автомобилей в условиях загруженной транспортной сети мегаполиса // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3 (43). С. 87–95.

7. Matveev A., Maksimov A., Vodnev S. Methods improving the availability of emergency for emergency response to transport accidents // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. p. 507–513. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.137.

8. Воднев С.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика выбора оптимального варианта программы технического обеспечения аварийно-спасательных служб в интересах повышения их готовности к ликвидации ЧС на транспорте // Техносферная безопасность. 2018. № 3 (20). С. 92–99.

9. Максимов А.В. Анализ оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 1 (13). С. 67–73.

10. Одинцов Л.Г. Техничко-экономические показатели технического уровня машин и оборудования для проведения аварийно-спасательных работ // Технологии гражданской безопасности. 2011. Т. 8. № 2 (28). С. 48–55.



---

---

# ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

---

---

## ПОВЫШЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ЗДАНИЙ ИЗ БЕТОНА ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

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

Рассмотрена технология обоснования и получения гидрофобизирующих композиций для повышения защищенности зданий из бетона от негативного воздействия гидрометеорологических опасных явлений. Рассмотренные предложения актуальны на территориях Сибирского, Дальневосточного и Центрального федеральных округов, где преобладают гидрометеорологические опасные явления.

*Ключевые слова:* гидрофобизация, предприятия оборонно-промышленного комплекса, защищенность от воздействия воды

## IMPROVING THE SECURITY OF BUILDINGS MADE OF CONCRETE ENTERPRISES OF THE MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX FROM THE NEGATIVE IMPACT OF HYDROMETEOROLOGICAL HAZARDS

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

The technology of substantiation and production of hydrophobizing compositions to improve the security of buildings made of concrete from the negative effects of hydrometeorological hazards. The considered proposals are relevant in the territories of the Siberian, far Eastern and Central Federal districts, where hydrometeorological dangerous phenomena prevail.

*Keywords:* hydrophobization, enterprises of the military-industrial complex, protection from the effects of water

Одним из наиболее негативных воздействий гидрометеорологических опасных явлений обладает вода, разрушающе действующая на бетон, который используется в 60 % случаев при строительстве зданий и сооружений. Повышение водопоглощения выше допустимых норм приводит к ухудшению эксплуатационно-технических свойств бетона: к увеличению пористости, понижению морозостойкости, теплопроводности, коррозионной стойкости, к снижению прочности, что может стать причиной разрушений зданий и сооружений.

Вода, находящаяся в порах материала, при замерзании увеличивается в объеме почти на 10 %, в результате стенки некоторых пор разрушаются и при повторном увлажнении вода проникает глубже в материал. Последствия негативного воздействия воды становятся очевидными уже через пять–шесть лет.

Сильно разрушает структуру строительного материала и его попеременное намокание и высыхание. Перемещаясь в порах, вода вызывает неравномерное распределение механических напряжений, что также способствует разрушению.

Следовательно, для улучшения эксплуатационно-технических свойств бетона, прежде всего, следует обеспечить его защищенность от негативного воздействия воды. Это можно сделать: гидроизоляцией, облицовкой и гидрофобизацией, которая является наиболее эффективным, технологически простым и дешевым способом предотвращения поглощения материалом воды, а в качестве исходных компонентов гидрофобизирующих композиций (ГФК) примерно 50 лет используются кремнийорганические соединения [1–4].

При этом, несмотря на большое количество работ в области применения гидрофобизации для обеспечения защищенности зданий, получение ГФК в них основывается на экспериментальном методе, который заключается в проведении опытов в несколько серий и определении плотности и вязкости полученных композиций, краевого угла смачивания и водопоглощения. Метод требует проведения большого количества опытов, не дает возможности получать результаты с наименьшими затратами и с необходимой точностью, а сам процесс экспериментирования зависит от подготовки и интуиции исследователя.

Таким образом, актуальность исследования определялась:

- ухудшением эксплуатационно-технических свойств бетона вследствие повышения водопоглощения выше допустимых норм, что приводит к увеличению пористости, понижению морозостойкости, теплопроводности, коррозионной стойкости, изменению эстетических характеристик, а, в итоге, к снижению прочности, что может стать причиной разрушения зданий и сооружений из бетона;

- разнообразием требований, предъявляемых к составу, способам приготовления и нанесения ГФК, а также отсутствием теоретических положений по обоснованию их состава;

- наличием противоречия между необходимостью повышения защищенности зданий и сооружений из бетона от негативного воздействия воды и отсутствием ГФК, обеспечивающих их защищенность.

Разработанные теоретические положения и практические предложения опираются на положения теории вероятностей и аппарата математической статистики и элементоорганической химии, теоретические основы подготовки и принятия оптимальных решений, теорию планирования эксперимента.

На основе всестороннего анализа: материалов, используемых при строительстве, и их свойств; влияния негативного воздействия гидрометеорологических опасных явлений на защищенность зданий и сооружений; средств и способов обеспечения защищенности зданий и сооружений из бетона от водопоглощения; ГФК и их составов и методов их обоснования разработана методика, отличающаяся от существующих тем, что обоснование ГФК и их свойств осуществляется с применением разработанных математических выражений, полученных на основе математической модели рецептуры ГФК и применения симплекс-решетчатого метода планирования эксперимента.

В результате разработаны ГФК, которые позволяют повысить защищенность зданий и сооружений из бетона от негативного воздействия воды, в 3,5 раза превосходят по своим характеристикам широко используемые отечественные гидрофобизаторы и сопоставимы с импортными аналогами.

Методика обоснования ГФК включает: обоснование требований к ГФК, определение рецептуры ГФК в лабораторных условиях, обоснование состава ГФК.

При обосновании требований проанализированы свойства гидрофобизаторов и учтены требования к компонентному и гидрофобизирующим составам, технологии получения и применения ГФК (рис. 1).

Определение рецептуры предполагало использование экспериментальных методик определения плотности и вязкости ГФК, краевого угла смачивания и водопоглощения.

При обосновании требований к ГФК учитывались доступность исходного сырья, оптимальная концентрация растворов, глубина проникновения, химическая стойкость, термостойкость и др., и установлено, что в качестве исходных компонентов для разработки ГФК наиболее предпочтительны алкилалкоксисиланы, которые способны придавать высокие водоотталкивающие свойства, не требуя использования специального оборудования и определенного температурного режима для их приготовления и применения.

При обосновании рецептуры в лабораторных условиях в качестве компонентов ГФК предложены многократно апробированные в промышленности, оргоалкоксисиланы, выступающие активными гидрофобизирующими агентами: октилтриэтоксисилан (ОТЭС), фенилтриметоксисилан (ФТМС), метилтриметоксисилан (МТМС), винилтриметоксисилан (ВТМС), тетраэтоксисилан (ТЭОС). Для использования гидрофобизаторов на основе оргоалкоксисиланов требуются органические растворители, так как применение водных растворов ограничено необходимостью использования специального диспергирующего оборудования для образования стабильных эмульсий. В качестве растворителя выбран изопропиловый спирт (ИПС), широко используемый в промышленности.



Рис. 1. Методика обоснования ГФК и их свойств

Для изучения влияния состава ГФК на водопоглощение поверхности образцов из цементно-песчаной смеси (ЦПС) определены рациональный расход на 1 м<sup>2</sup> обрабатываемой поверхности и время отверждения ГФК (время, в течение которого происходит химическое связывание поверхности материала и ГФК).

Для этого выбраны расход композиций – 150, 200, 250 г/м<sup>2</sup> и время отверждения композиций – 1, 3, 7 сут и проведены параллельные эксперименты (рис. 2), из которых видно, что рациональный расход композиции – 200 г/м<sup>2</sup> и время отверждения трое суток.



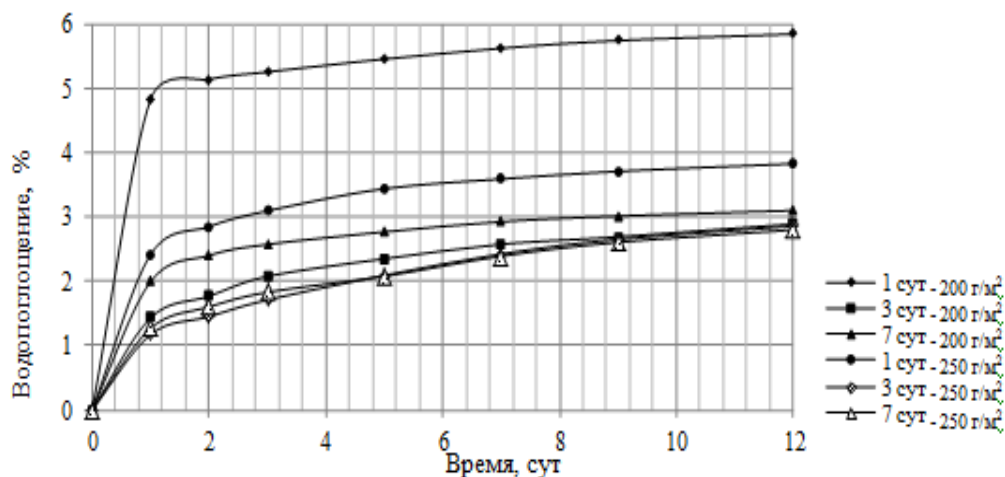


Рис. 2. Водопоглощение образцов из ЦПС в зависимости от расхода и времени отверждения ГФК

Для оценки влияния используемых органоалкоксисиланов на водопоглощение образцов из ЦПС изучены характеристики ГФК (табл. 1) и выявлено, что наибольшее значение краевых углов смачивания наблюдается для композиций, в состав которых входит ОТЭС; композиции, в состав которых входят чистые МТМС, ВТМС, ТЭОС, показывают низкие значения краевых углов смачивания, что говорит об их низкой гидрофобизирующей способности, однако в смеси с ОТЭС и ФТМС значения краевых углов смачивания имеют высокие значения.

Значения плотности и вязкости имеют приблизительно одинаковые значения, что не позволяет сделать выводы об эффективности рассматриваемых рецептур.

Таким образом, на основе оценки значений краевых углов смачивания и водопоглощения образцов из ЦПС установлено, что наиболее эффективны для обеспечения защищенности образцов из ЦПС композиции, в состав которых входит ОТЭС [5].

Таблица 1. Составы исследуемых ГФК

Компонентный состав	Содержание компонентов (в % по массе)	Краевой угол смачивания, град	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Вязкость, сСт	Водопоглощение образцов из ЦПС на 7 сутки, %
ОТЭС	100	102	1,4160	0,875	1,92
ФТМС	100	96	1,4734	1,064	2,78
МТМС	100	86	1,3696	0,955	11,21
ВТМС	100	82	1,3960	0,903	11,64
ТЭОС	100	75	1,3830	0,993	10,64
ОТЭС/ФТМС	67 / 33	98	1,4336	0,961	1,93
ОТЭС/ФТМС	33 / 67	96	1,4514	0,985	2,14
ОТЭС/ФТМС/МТМС	33 / 33 / 34	100	1,4067	0,938	2,12
ОТЭС/ФТМС/ВТМС	33 / 33 / 34	94	1,4089	0,910	2,24
ОТЭС/ФТМС/ТЭОС	33 / 33 / 34	96	1,4215	0,987	2,25

Для получения рациональной рецептуры обоснован состав ГФК с использованием симплекс-решетчатого метода планирования эксперимента типа {5,3}, где  $g=5$  – число компонентов в системе и  $n=3$  – степень полиномиальной модели (рис 3).

Такой выбор сделан по следующим причинам: во-первых, планы низших порядков позволяют учитывать не более двойных взаимодействий при сколь угодно числе компонент в системе; во-вторых, варьирование уровней факторов в планах низших порядков не более трех; в-третьих – выбранный план позволяет провести исследования при варьировании факторов на четырех уровнях (0, 1/3, 2/3, 1) и учитывать двойные и тройные нелинейные взаимодействия между компонентами системы.

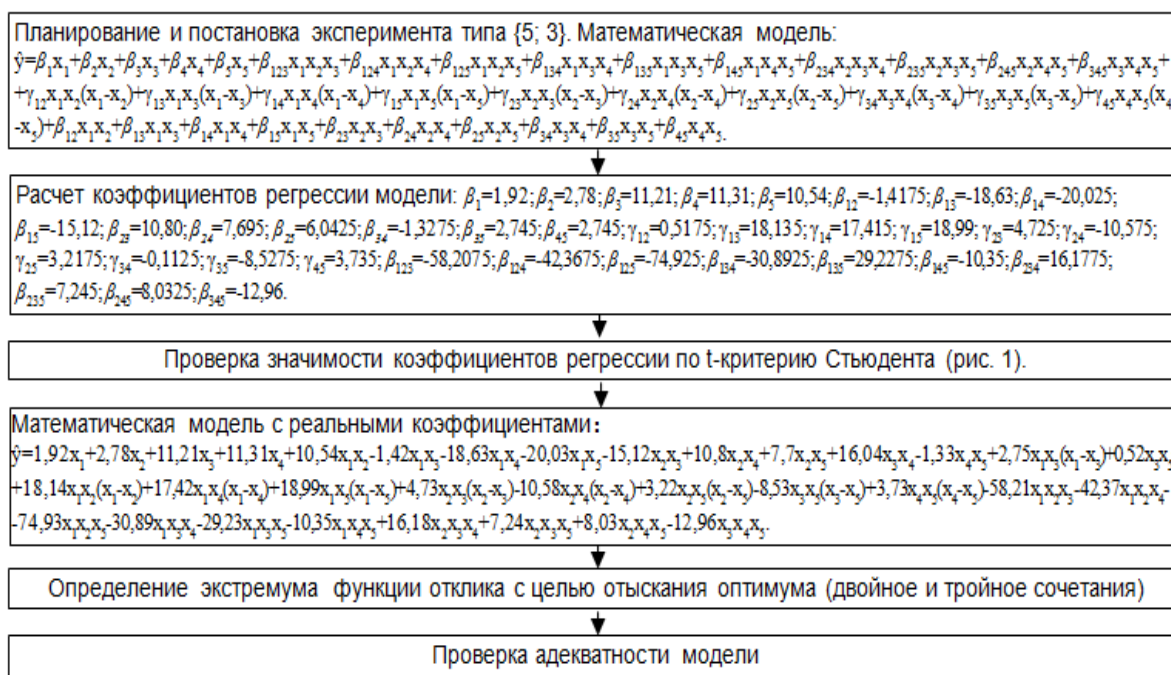


Рис. 3. Методика обоснования состава ГФК

Цель эксперимента заключалась в определении такой рациональной рецептуры, которая позволила бы получить минимальное водопоглощение образцов из ЦПС, обеспечивающее гарантированную защищенность от негативного воздействия воды. Количество опытов в плане типа {5,3} равно 35 ( $N=35$ ).

Для рецептуры ГФК предложены следующие компоненты:  $X_1$  – ОТЭС,  $X_2$  – ФТМС,  $X_3$  – МТМС,  $X_4$  – ВТМС,  $X_5$  – ТЭОС.

Математическая модель плана представляет собой уравнение регрессии с 35 неизвестными коэффициентами.

Согласно матрице планирования эксперимента проведен эксперимент, в результате которого получено среднее водопоглощение образцов из ЦПС, пропитанных в каждой из 35 рецептов гидрофобизатора, рассчитаны реальные коэффициенты регрессии, проведена оценка значимости коэффициентов регрессии.

В результате получена математическая модель с реальными коэффициентами.

Задавая значения независимых переменных при двойном и тройном сочетании, был определен экстремум функции отклика, который равен 1,37 % при тройном взаимодействии компонентов ОТЭС, ФТМС, МТМС в соотношении компонентов: 50 %, 21 %, 29 % (рис. 4).

Следующим этапом являлось подтверждение водопоглощения, полученного теоретически, для чего проводили три опыта по 20 параллельных наблюдений на рациональном составе рецептуры: ОТЭС – 50 %, ФТМС – 21 %, МТМС – 29 %.

В результате получена математическая модель, которая описывает физическую модель и адекватна ей; найдена оптимальная рецептура ГФК (№ 1), которая позволяет получить

минимальное водопоглощение бетона: теоретическое водопоглощение 1,37 %, экспериментальное водопоглощение 1,42 %, относительная ошибка составляет 3,52 %.

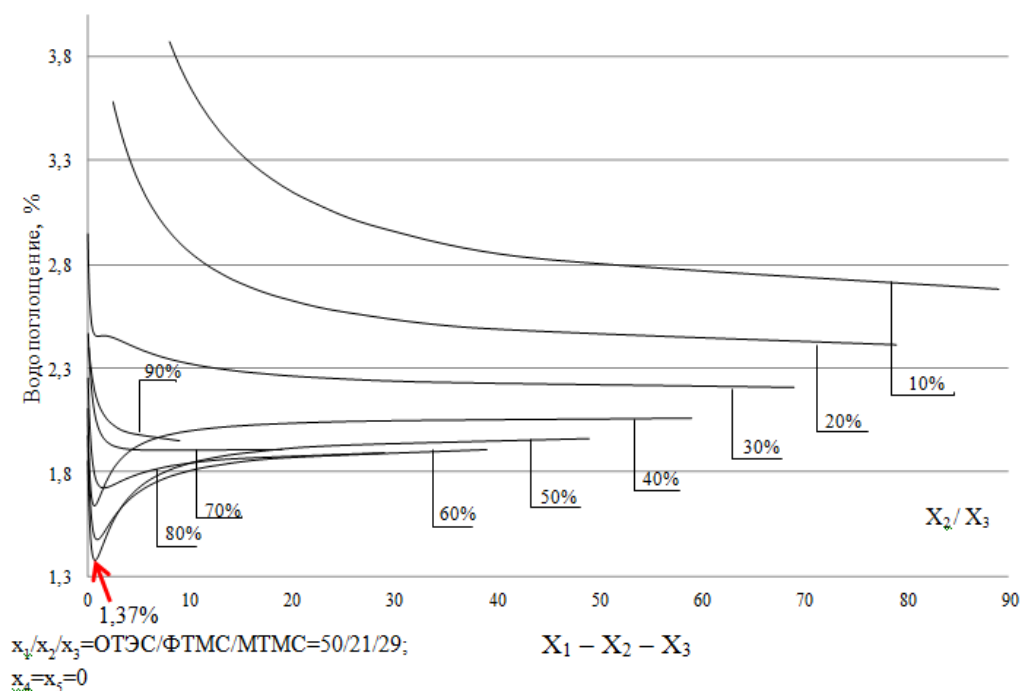


Рис. 4. Экстремум функции отклика при тройном сочетании компонентов

Сравнение ГФК отечественного и импортного производства показало, что водопоглощение образцов из бетона, обработанных полученной рецептурой с применением ИПС, на 28 сут составляет 3,24 %, что в 3,5 раза меньше значения водопоглощения при обработке бетона отечественным гидрофобизатором ГКЖ-94М и сопоставимо со значением водопоглощения при обработке бетона импортным аналогом SILRES 290 (табл. 2).

Таблица 2. Водопоглощение образцов из ЦПС, пропитанных 10 % растворами в ИПС

№	ГФК	Водопоглощение, %					
		1 сут	2 сут	5 сут	7 сут	14 сут	28 сут
1	SILRES BS 290	0,88	1,18	1,69	1,81	2,44	3,18
2	ГКЖ-94М	4,05	7,90	9,62	10,17	11,18	11,64
3	Рецептура № 1	0,68	1,04	1,23	1,42	2,86	3,24

Для повышения защищенности зданий и сооружений из бетона от негативного воздействия воды разработаны предложения, включающие: предложения по получению и применению ГФК на спиртовой основе; предложения по составу рецептуры и применению ГФК на водной основе; оценку организации проведения работ по гидрофобизации существующих зданий и сооружений.

Результаты методики обоснования ГФК позволили формализовать порядок получения и применения ГФК на спиртовой основе (рис. 5). Технология получения и применения ГФК на основе ИПС, не требующая на стадии приготовления и применения использования специального оборудования и определенных температурных условий, в рамках которой уточнено значение максимального водопоглощения (1,37 % на 7 сут), позволяет увеличить параметры воздействия на эксплуатационно-механические свойства бетона (пористость, морозостойкость, теплопроводность, коррозионная стойкость, прочность).

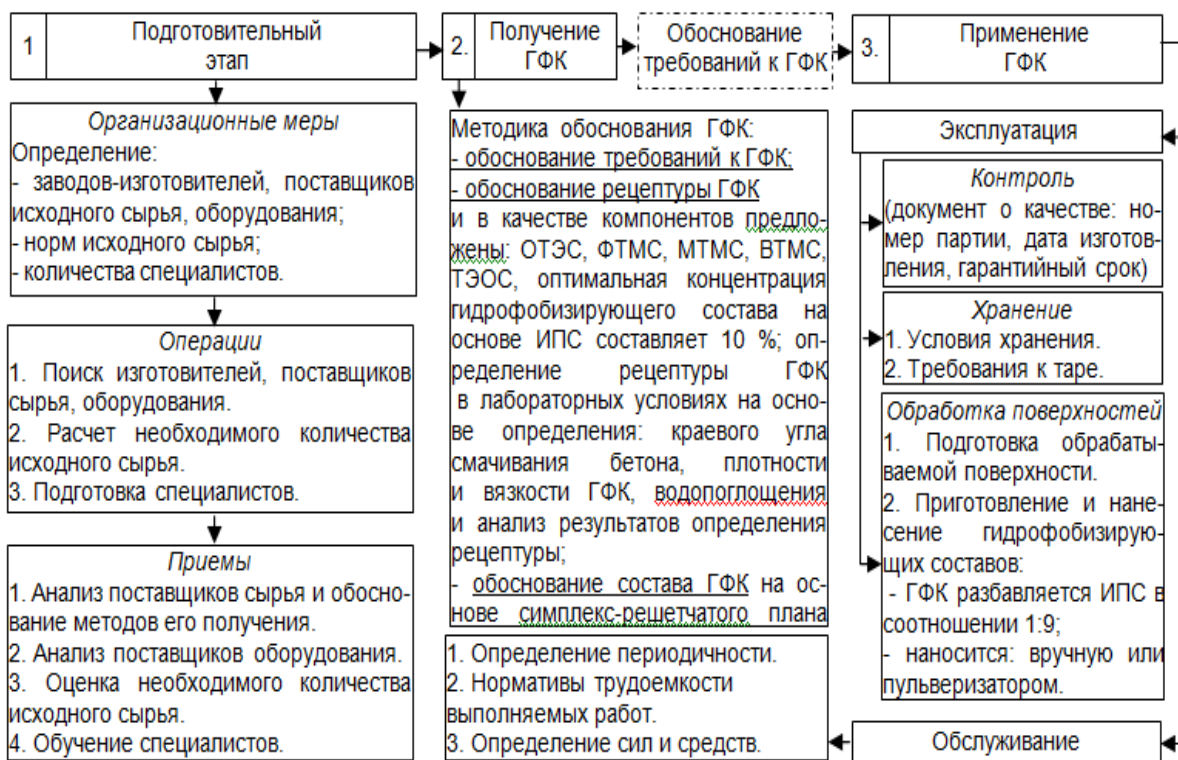


Рис. 5. Раскрытие этапов подготовки, получения и применения ГФК на спиртовой основе

Необходимость получения ГФК на водной основе (рис. 6) вызвана тем, что гидрофобизация бетона осуществляется не только при эксплуатации, но и при получении бетона и возведении зданий и сооружений. Отличие технологии на водной основе состоит непосредственно в стадии получения ГФК, в состав которых введен аминоэтиламинопропилтриметоксисилан, который выполняет роль эмульгатора, в результате чего исключена необходимость использования специального оборудования для их получения.

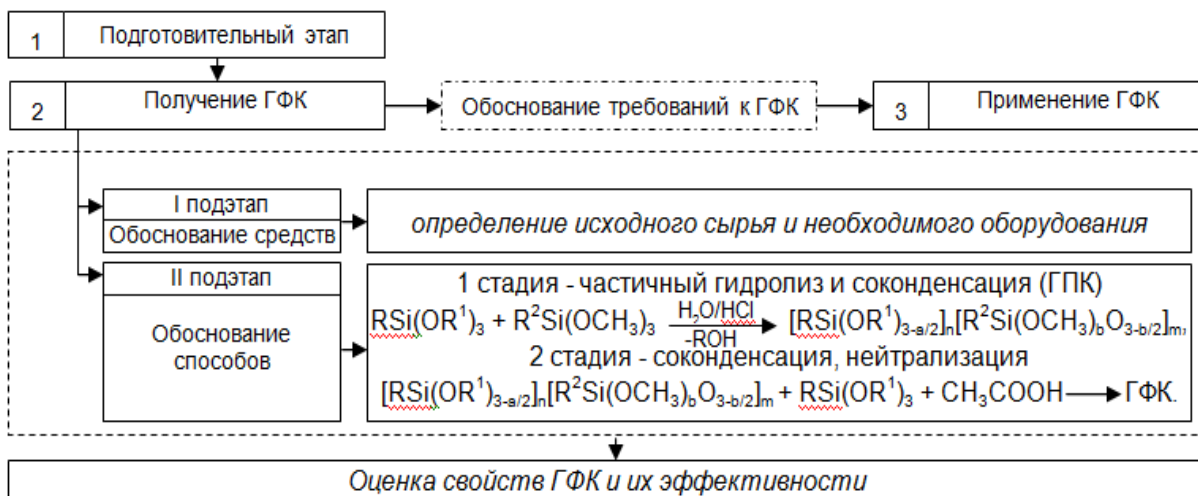


Рис. 6. Порядок получения состава рецептуры ГФК на водной основе

При этом изучено влияние органического и алкокси- заместителя органотриалкоксисилана на гидрофобные свойства обрабатываемой поверхности на основе определения плотности и вязкости ГФК, краевого угла смачивания, размера частиц эмульсий и водопоглощения. Анализ краевых углов смачивания (табл. 3) показал закономерность – образцы, пропитанные составами на основе органотриэтоксисиланов, имеют значения краевых углов смачивания больше, чем на основе органотриметоксисиланов. Определение размера частиц эмульсии осуществлялось с применением анализатора размера частиц. Сравнение 5 % водных эмульсий на основе МТМС и МТЭС (рис. 7) показало, что средний размер частиц для композиции на основе МТМС составляет 40 нм, МТЭС – 115 нм. Состав на основе МТМС обладает лучшей проникающей способностью, а, следовательно, лучшей гидрофобизирующей способностью по сравнению с другими композициями [5].

Таблица 3. Физико-химические характеристики ГФК на водной основе

№	Используемый органотриалкоксисилан	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Вязкость, сСт (20 <sup>0</sup> С)	Краевой угол смачивания, град
1	CH <sub>3</sub> Si(OCH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1,007	7,6	112,1
2	CH <sub>3</sub> Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	0,964	10,3	111,9
3	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Si(OCH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1,020	8,7	98,5
4	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	0,981	19,8	100,0
5	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Si(OCH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1,078	26,7	87,0
6	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> Si(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>	0,948	102,2	104,6

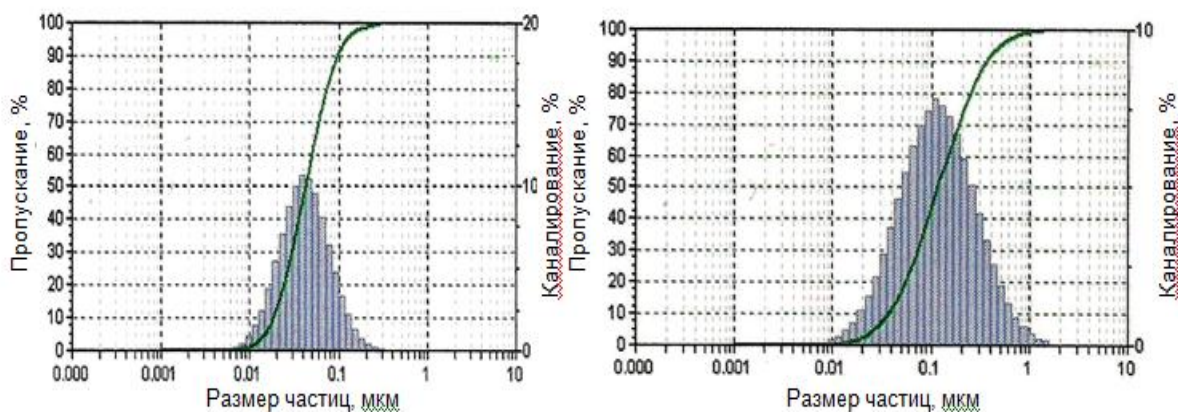


Рис. 7. Размер частиц эмульсий на основе МТМС и МТЭС

В качестве образцов сравнения при определении водопоглощения использованы лучшие образцы серийно выпускаемых отечественных (Пента-811К и ГКЖ-11П – на основе метилсиликонатов калия и натрия) и импортных ГФК (композиция SILRES BS 2101 по составу близка к разработанным композициям). На рис. 8, 9 представлены полученные результаты с использованием 5 и 10 % эмульсий при гидрофобизации образцов из ЦПС. Исследования показывают, что на степень гидрофобности поверхности образцов из ЦПС сильно влияет природа используемых органотриалкоксисиланов, а именно – размер углеводородного радикала и, в меньшей степени, природа алкоксигруппы. Наибольший гидрофобный эффект достигается при использовании композиций на основе ОТЭС (рис. 8, 9, образец № 6). Композиция SILRES BS 2101 также показывает хорошие результаты, близкие с образцом № 6, что закономерно, так как содержит в своем составе ОТЭС.



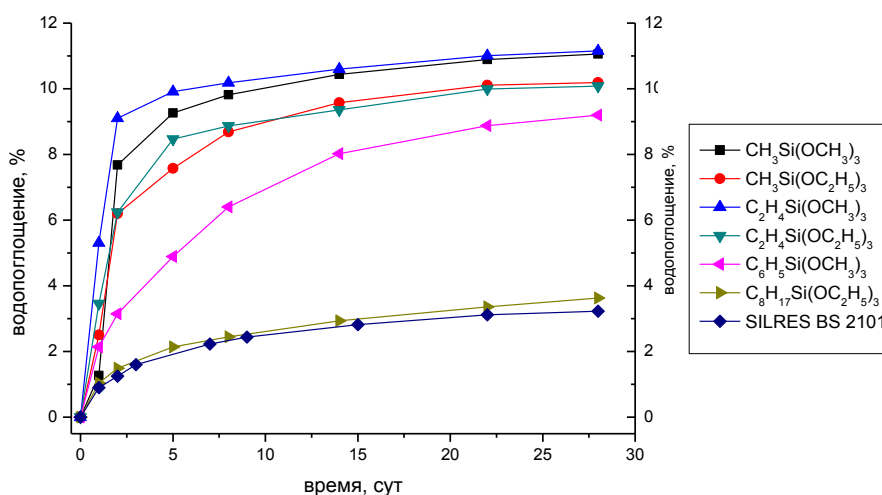


Рис. 8. Водопоглощение образцов из ЦПС, пропитанных 5 % водными эмульсиями

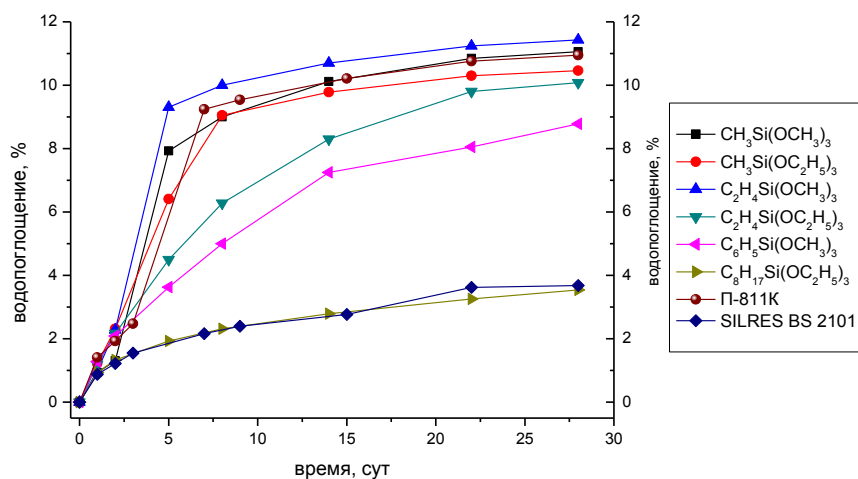


Рис. 9. Водопоглощение образцов из ЦПС, пропитанных 10 % водными эмульсиями

Таким образом, предложен состав рецептуры ГФК на водной основе, способный самоэмульгироваться в воде, повышающий защищенность зданий и сооружений от негативного воздействия воды, при этом при проведении поверхностной гидрофобизации состав на основе ОТЭС на 60 % превосходит по гидрофобизирующей способности отечественные гидрофобизаторы – ГКЖ-11, Пента-811К и сопоставимы по водоотталкивающим свойствам с импортными аналогами, а также доказана возможность их использования для объемной гидрофобизации бетона, что позволяет понизить водопоглощение бетона на стадии его изготовления и исключить необходимость проведения работ по обслуживанию зданий и сооружений из бетона в процессе эксплуатации (табл. 4).

Таблица 4. Водопоглощение образцов из ЦПС при объемной гидрофобизации

№	RSi(OR <sup>1</sup> ) <sub>3</sub>		Водопоглощение, %				
	R	R <sup>1</sup>	1 сут	2 сут	7 сут	15 сут	28 сут
1	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	2,12	2,30	2,98	3,49	4,30
2	CH <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	2,08	2,36	3,00	3,52	4,47
3	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub>	2,37	2,53	3,20	3,79	4,50
4	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	2,28	2,49	3,15	3,84	4,71
5	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub>	1,10	1,22	2,28	2,95	3,99

6	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	1,17	1,44	2,20	2,74	3,43
7	SILRES BS 290		0,97	1,28	1,91	2,36	2,79
8	ПЕНТА-811 (40–45 %)		7,99	8,36	9,59	10,45	11,81
9	ГКЖ-11П (30–35 %)		7,73	7,82	8,36	8,76	9,45
10	Непропитанный образец		12,12	12,41	13,04	13,14	13,21

Проведенные исследования показали:

– на степень гидрофобности образцов из ЦПС влияет природа используемых органотриалкоксисиланов, а, именно, – размер углеводородного радикала и природа алкоксигруппы. Наибольший гидрофобный эффект достигается при использовании композиций на основе ОТЭС и ФТМС (табл. 4 образцы № 5, 6);

– на гидрофобизацию поверхности образцов из ЦПС влияют не только органические радикалы, но и алкокси группы R<sup>1</sup>. Применение метил- и винилтриалкоксисиланов показывает, что этоксисодержащие силаны обладают лучшей гидрофобизирующей способностью, чем органотриметоксисиланы (табл. 4, образцы № 1–4).

В случае объемной гидрофобизации бетона для получения наилучшего гидрофобного эффекта необходимо применять состав на основе ОТЭС. В качестве исходных компонентов для обоснования ГФК на водной основе предложены: ОТЭС, ФТМС, МТМС, ВТМС, аминоэтиламинопропилтриметоксисилан.

Разработанные предложения позволяют: получить рациональные рецептуры ГФК; удешевить стадию их получения за счет исключения необходимости использования специального оборудования для их получения; в три–четыре раза повысить характеристики отечественных ГФК; обеспечить защищенность бетона на стадии его изготовления, используя ГФК на водной основе, обеспечить защищенность зданий из бетона на период их эксплуатации.

Наиболее экономичными (табл. 5) являются гидрофобизаторы ГКЖ-11, П-811К, однако циклические испытания показали, что для этого гидрофобизатора, как и для эмульсии ГКЖ-94М, характерна и самая низкая эффективность гидрофобной защиты, поэтому применять их нецелесообразно. Наибольшая эффективность гидрофобной защиты получена при использовании гидрофобизаторов импортного производства Silres BS 290 и Silres BS 2101 и разработанных рецептур ГФК.

Таблица 5. Сравнительная стоимость обработки 1 м<sup>2</sup> поверхности гидрофобизаторами

ГФК	Расход, г/м <sup>2</sup>	Стоимость, руб./кг	Стоимость 1 м <sup>2</sup> , руб.
ГКЖ-94М	30,3	113	3,43
ГКЖ-11П	43,3	29	1,26
Пента 811К	250,0	135	33,22
Silres BS 290	200,0	397	79,4
Silres BS 2101	200,0	400	84,0
Рецептура № 1	200,0	250	50,0
Рецептуры на водной основе	200,0	320	64,0

Таким образом, в отличие от существующих технологий получения ГФК на спиртовой основе, включен этап теоретического обоснования их рационального состава; введен исходный компонент в виде аминоэтиламинопропилтриметоксисилана с целью получения исходных экспериментальных данных для теоретического обоснования рационального состава ГФК на водной основе, позволяющий исключить для их получения специальное диспергирующее оборудование.

Оценить эффективность применения ГФК можно по формуле:

$$K_{эфф} = C_i / (1 - W_m),$$



где  $C_i$  – стоимость обработки 1 м<sup>2</sup> поверхности  $i$ -й ГФК, руб.;  $W_m$  – водопоглощение, доли.

Стоимость обработки 1 м<sup>2</sup> поверхности рецептурой № 1 обозначена за  $C_{min}$ , тогда стоимость остальных ГФК (табл. 6):

$$C_i = C / C_{min},$$

где  $C$  – стоимость 1 кг товарного продукта гидрофобизатора, руб.

При обработке жилого 10-этажного здания (шесть подъездов) с площадью обрабатываемой поверхности 5 020 м<sup>2</sup> предполагается экономия:

– при применении ГФК на основе изопропилового спирта:

$$\begin{aligned} \text{Эф}_c &= M_{\text{Silres BS 290}} - M_{\text{Рецептура №1}} = 79,4 * 5020 - 50,0 * 5020 = \\ &= 398588 - 251000 = 147588 \text{ руб}; \end{aligned}$$

– при применении ГФК на водной основе:

$$\begin{aligned} \text{Эф}_в &= M_{\text{Silres BS 2101}} - M_{\text{Рецептуры на водной основе}} = 84,0 * 5020 - 64,0 * 5020 = \\ &= 421880 - 321280 = 100600 \text{ руб}. \end{aligned}$$

Таблица 6. Оценка эффективности ГФК

№	ГФК	C, руб./м <sup>2</sup>	C <sub>i</sub>	W <sub>m</sub>		1-W <sub>m</sub> , доли	K <sub>эфф</sub> *
				%	доли		
1	Silres BS 290	79,4	1,59	3,18	0,0318	0,968	1,64
2	Silres BS 2101	84,0	1,68	3,68	0,0368	0,963	1,74
3	Рецептура №1	50,0	1	3,24	0,0324	0,968	1,03
4	Рецептуры на водной основе	64,0	1,28	3,54	0,0354	0,965	1,33

\*Примечание: чем ниже K<sub>эфф</sub>, тем эффективнее ГФК

Стоимость использования разработанных ГФК по сравнению с импортными аналогами меньше на 37 % для состава на спиртовой основе, на 24 % – для состава на водной основе.

### Литература

1. Седнев В.А., Савченко Н.А. Пути повышения эффективности защиты поверхности зданий и сооружений от разрушающего воздействия окружающей среды // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2011. № 4. С. 64–72.
2. Седнев В.А., Савченко Н.А. Кремнийорганические композиции для нанесения защитных гидрофобизирующих покрытий на строительные материалы // Физика и химия обработки материалов. 2011. № 6. С. 76–81.
3. Седнев В.А., Савченко Н.А. Научно-методический подход к обоснованию гидрофобизирующих композиций для защиты поверхностей сооружений из бетона и кирпича от воздействия источников чрезвычайных ситуаций природного характера // «Пожары и чрезвычайные ситуации». 2011. № 4. С. 24–32.
4. Седнев В.А., Савченко Н.А. Пути повышения эффективности защиты поверхности зданий и сооружений от воздействия окружающей среды на основе метода объемной гидрофобизации // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 5. С. 45–46.
5. Седнев В.А., Савченко Н.А. Методы повышения защищенности зданий и сооружений из бетона, кирпича и древесины от негативного воздействия гидрометеорологических опасных явлений: монография. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 98 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ПАРОВ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

**А.В. Калач, доктор химических наук, профессор;**

**С.А. Бокадаров, кандидат технических наук.**

**Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний.**

**Р.Р. Хакимов.**

**Специальное управление ФПС № 70 МЧС России**

Рассматриваются вопросы осаждения паров компонентов ракетного топлива при авариях на объектах заправочных станций и стартовых комплексах. Рассмотрены механизмы поглощения и нейтрализации химически опасных веществ температурно-активированной водой на молекулярном уровне. Детально разобраны преимущества использования температурно-активированной воды с добавлением примеси в виде нейтрализующих веществ и составов для дегазации химически опасных аэрозолей.

*Ключевые слова:* температурно-активированная вода, аварийно химически опасное вещество, компоненты ракетного топлива, несимметричный диметилгидразин, азота тетраоксид

## THE USE OF TEMPERATURE-ACTIVATED WATER FOR VAPOR DEPOSITION OF CHEMICALLY HAZARDOUS SUBSTANCES

A.V. Kalach; S.A. Bokadarov.

Voronezh institute of the Russian federal penitentiary service.

R.R. Khakimov. Deputy head of the «Special management FBS № 70 of EMERCOM of Russia»

The article deals with the issues of vapor deposition of rocket fuel components in accidents at the facilities of filling stations and launch complexes. The mechanisms of absorption and neutralization of chemically hazardous substances by temperature-activated water at the molecular level are considered. The advantages of using temperature-activated water with the addition of an impurity in the form of neutralizing substances and compositions for degassing chemically dangerous aerosols are analyzed in detail.

*Keywords:* temperature-activated water, emergency chemically hazardous substances, components of rocket fuel, unsymmetrical dimethylhydrazine, nitrogen tetroxide

Аварии на химически опасных объектах являются одним из наиболее тяжелых видов технологических катастроф. На некоторых объектах одновременно может находиться от нескольких сот до нескольких тысяч тонн аварийно химически опасных веществ (АХОВ). Суммарный запас на предприятиях достигает 700 тыс. т. Общая площадь территории России, на которой может возникнуть химическое заражение, составляет около 300 тыс. км<sup>2</sup> с населением около 60 млн чел. [1]. К химически опасным объектам относятся такие, как государственная корпорация «Роскосмос», Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры (ЦЭНКИ), в частности комплекс «Байконур» с заправочными станциями и хранилищами компонентов ракетного топлива (КРТ). Аварийные ситуации, связанные с утечкой АХОВ, могут привести к заражению отравляющими веществами атмосферы, литосферы и гидросферы в поражающих живые организмы и растения предельно-допустимых концентрациях (ПДК). Утечка КРТ, таких как «гептил» и «амил», являющихся топливной парой для двигателей ракеты-носителя «Протон», может привести к серьезным последствиям (табл. 1).

Таблица. 1. Характеристика КРТ

Наименование	«Гептил» несимметричный диметилгидразин (НДМГ)	«Амил» азота тетраоксид (АТ)
Химическая формула	$(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$	$\text{N}_2\text{O}_4$
Класс опасности	1-й	1-й
ПДК для воздуха	максимально разовая – 0,001 мг/м <sup>3</sup> , среднесуточная – 0,001 мг/м <sup>3</sup>	максимально разовая – 0,085 мг/м <sup>3</sup> , среднесуточная – 0,04 мг/м <sup>3</sup>
ПДК для водоемов	0,02 мг/л	10 мг/л
Действие на организм человека	общетоксическое и кожно-раздражающее, распределяется равномерно, поражая печень, центральную нервную, сердечно-сосудистую и кроветворную системы	при ингаляционном воздействии нарушается деятельность органов дыхания и сердечно-сосудистой системы
Физико-химические свойства	легколетучая, легковоспламеняющаяся жидкость от бесцветного до слабожелтого цвета с характерным аммиачным запахом, легко поглощающая из воздуха кислород, влагу и углекислоту, температура вспышки 18 °С. Пределы воспламенения НДМГ с азотно-кислородной смесью: нижний – 15 °С, верхний – 58 °С. С воздухом горючее образует взрывоопасные смеси. Температура кипения 63 °С. НДМГ растворим в эфирах, воде, аминах, углеводородах, спиртах	легколетучая жидкость красноватого цвета с температурой кипения 21,3 °С, температурой замерзания -11 °С, плотностью 1,4 г/см <sup>3</sup> , состоит из чистой четырехоксида азота

Высокая опасность острых ингаляционных отравлений НДМГ обусловлена не только биологической активностью этого соединения, но и значительной летучестью. Коэффициент возможности ингаляционного отравления, равный 810, позволяет отнести НДМГ к классу чрезвычайно опасных соединений. Аналогичными свойствами обладает АТ, являясь производным высокотоксичной азотной кислоты (АК).

На основе исследований Всемирной организации здравоохранения срок естественной нейтрализации НДМГ на наших широтах: в водоемах – 2–3 года, в растительности – 15–20 лет, в почве – более 20 лет.

Примерные радиусы зон опасности острого отравления (РЗОО) и смертельного отравления (РЗОСО) при аварийном большом проливе (АБП) представлены в табл. 2 [2; 3].

Таблица 2. Влияние КРТ при АБП на организм человека представлен, м (для скорости ветра 1 м/с и инверсии)

	Количество пролитого КРТ, м <sup>3</sup>					
	0,01	0,1	1	10	100	
Окислители АК и АТ РЗОО, м (конц. 20 мг/м <sup>3</sup> ) РЗОСО, м (конц. 200 мг/м)	40	160	500	1 600	5 000	При изотермии табличные значения уменьшаются в 1,3 раза, при конвекции – в 1,6 раза
Горючее НДМГ РЗОО, м (конц. 20 мг/м <sup>3</sup> ) РЗОСО, м (конц. 420 мг/м <sup>3</sup> )	30	125	400	1 250	4 000	
	8	25	80	250	800	

Расход веществ для нейтрализации НДМГ и АТ представлен в табл. 3 [2].

Таблица 3. Расход веществ для нейтрализации НДМГ и АТ

Компонент ракетного топлива	Нейтрализующее вещество	Расход на 1 т КРТ, т
Окислитель АТ	10%-ный водный раствор аммиака (летом)	7,6
	25%-ный водный раствор аммиака (зимой)	3,1
	Вода (дополнительная подача)	5
Окислитель АК	10%-ный водный раствор аммиака (летом)	5,5
	25%-ный водный раствор аммиака (зимой)	2,3
	Вода (дополнительная подача)	5
При отсутствии растворов аммиака могут быть использованы порошки карбоната кальция или натрия, которыми засыпают место пролива с последующей обработкой его водой (10 кг воды на 1 кг порошка)		
Окислитель АТ	Карбонат кальция	1,3
	Карбонат натрия	1,4
	Вода	13–14
Окислитель АК	Карбонат кальция	1,0
	Карбонат натрия	0,9
	Вода	9–10
Горючее НДМГ	30%-ная водная кашица хлорной извести	30
	20%-ная водная кашица дветретиосновной соли гипохлорита кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$	20
Горючее НДМГ	Керосин	10–25 кг на 1 м <sup>2</sup> поверхности

Рассмотрим существующие способы нейтрализации проливов и выбросов высокотоксичных веществ при работе с изделиями ракетно-космической техники. Нейтрализация НДМГ, имеющего рН 6,95–7,34, осуществляется методом сжигания или химической нейтрализацией веществом, содержащим активный хлор. Проливы НДМГ обезвреживаются 20%-ной водной суспензией (кашицей) хлорной извести или ДТС ГК, а также способом дожигания горючего в горелках при смешивании с керосином или методом подрыва с последующим перекапыванием зараженной почвы и засыпкой ее свежим грунтом.

Для обезвреживания 1 кг НДМГ необходимо 10 кг активного хлора, то есть 20 кг ДТС ГК или 30 кг хлорной извести, растворенных в 100 л воды. Интенсивность подачи кашицы ДТС ГК составляет от 0,8 до 1,5 л/м<sup>2</sup> с подачей нейтрализующего раствора от периферии к центру пролива с наветренной стороны.

Для нейтрализации пролитых окислителей типа АТ, имеющих рН, равный 1,0, используют 10–25%-ный раствор аммиака, имеющего рН, равный 11,5, в зависимости от условий. Используется 10%-ный раствор аммиака летом и 25%-ный раствор аммиака зимой. Раствор разбрызгивают с помощью штатных средств через брандспойты в зону пролива окислителя. Примерные расходные нормы раствора аммиака составляют для 1 кг АТ – 7,6 кг 10%-го  $\text{NH}_4\text{OH}$  и 3,1 кг 25%-го  $\text{NH}_4\text{OH}$  с дополнительной подачей 5 кг воды. В исключительных случаях, при отсутствии растворов аммиака, могут быть использованы порошки карбоната кальция, натрия ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), которыми засыпается место пролива

с последующей обработкой водой. Примерные расходные нормы порошков для 1 кг АТ составляют 1,3 кг  $\text{CaCO}_3$  или 1,4 кг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с 10-кратной обработкой водой (10 кг  $\text{H}_2\text{O}$  на 1 кг  $\text{CaCO}_3$  или  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

Вторым, более совершенным способом нейтрализации НДМГ является воздействие реагентом, нейтрализующим НДМГ. Он отличается тем, что в качестве реагента используют электрохимически активированный водный раствор натрия хлорида ( $\text{NaCl}$ ), имеющий водородный показатель рН от 1,8 до 6,8 с концентрацией активного хлора от 50 до 800 мг/дм<sup>3</sup> [4].

Также можно использовать водные растворы гипохлорита натрия (ГХН) ( $\text{NaOCl}$ ) для дегазации. Принцип дегазирующего действия ГХН заключается в образовании хлорноватистой кислоты ( $\text{HClO}$ ) при растворении в воде, которая оказывает непосредственное окисляющее и дегазирующее действие на молекулы НДМГ. Количество нейтрализующего раствора определяется количеством пролитого топлива и метеорологическими условиями.

Третий, более простой способ нейтрализации НДМГ и АТ – это разбавление указанных веществ большим количеством воды до безопасных концентраций, но для этого необходима подача значительных объемов воды из источников, расположенных вблизи места проведения работ с компонентами топлив. А это, в свою очередь, создает опасность загрязнения грунтовых вод.

Связывание, осаждение и разбавление АХОВ в парогазовом состоянии осуществляется посредством формирования мелкодисперсных водяных завес, препятствующих распространению паров АХОВ, с помощью пожарных машин или мотопомп с давлением в струе не менее 0,8 МПа.

На стартовых комплексах и заправочных станциях в системах заправки изделий ракетно-космической техники существуют агрегаты дожигания паров КРТ. Их используют в процессе заправки для нейтрализации паров КРТ в технологических трубопроводах, системах заправочных станций и агрегатах стартовых комплексов, но они не могут быть использованы при ликвидации аварии или проливов вне специальных сооружений (стационарные системы).

Все используемые в настоящее время способы нейтрализации сводятся в основном к проведению работ с проливами на грунт, при этом не учитываются испарение части КРТ и формирование облака АХОВ, унос и рассеивание облака с АХОВ в направлении ветра (или через системы вентиляции) к населенным пунктам или жилым зонам. Подача распыленной воды в облако с АХОВ пожарными машинами малоэффективна и не способствует очистке воздуха и осаждению газообразных АХОВ.

Для устранения недостатков вышеуказанных способов предлагается способ очистки воздуха нейтрализацией и осаждением облака с АХОВ, содержащего аэрозоль из паров КРТ, с использованием температурно-активированной воды (ТАВ) и применением автомобиля пожарного многоцелевого (АПМ) в качестве генератора для подачи ТАВ [5].

ТАВ – вода, которая изменяет свои свойства при нагреве выше температуры кипения при избыточном давлении [6, 7]. ТАВ приготавливается в специальном резервуаре или теплообменнике с соответствующим оборудованием, в котором вода получает уникальные физические свойства при высоких температурах и давлениях, как гейзеры в природе. Температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении 760 мм. рт. ст. – 100 °С. В случае изменения давления, температура кипения вещества также изменится, то есть если снизить давление в объеме, то температура кипения понизится (рис. 1).

На рис. 1 представлена графическая зависимость параметров воды, линия разделения между двумя фазовыми состояниями воды: газообразным и жидким – линия насыщения. В зоне, расположенной снизу линии на графике, вода находится в жидком состоянии, а в зоне, расположенной выше линии насыщения – в газообразном. При нахождении воды в емкости или теплообменнике для подогрева под давлением 2,5 МПа, то есть в 25 раз выше атмосферного, она закипит при температуре около 225 °С.

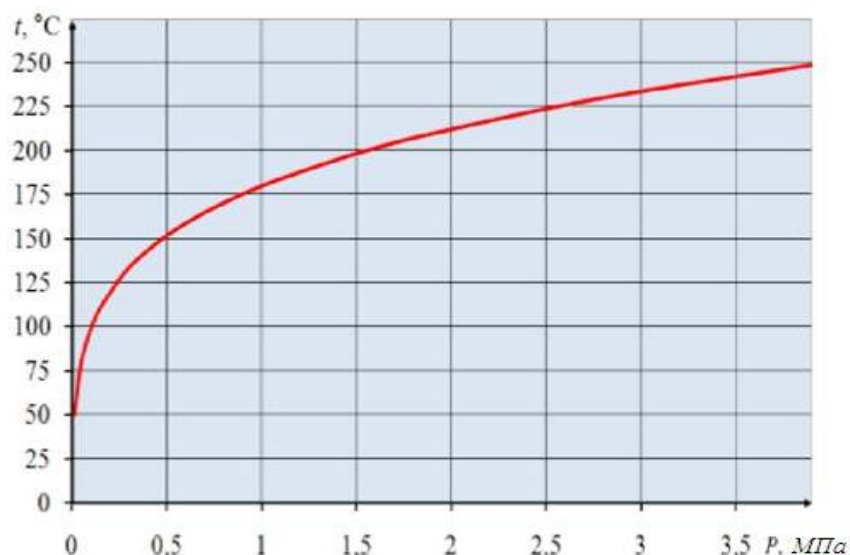


Рис. 1. Зависимость температуры кипения воды от давления [8]

Неожиданное закипание недогретой воды, подаваемой с помощью АПМ, происходит при резком понижении давления в процессе выхода из специального сопла (взрывное вскипание), и это приводит к тому, что вода на малый промежуток времени переходит в метастабильное состояние. В работах [7, 9] такое кипение воды названо взрывным вскипанием. Пребывая в условиях метастабильного состояния, вода обладает повышенной растворяющей способностью различных соединений и продолжительное время удерживает в своем объеме большие количества растворенного вещества, при этом значительно повышается кислотность воды (кислотная растворимость). Исследования подтвердили, что температурная активация воды приводит к уменьшению рН и повышению кислотных свойств получаемой воды. При нагревании воды более 165 °С в замкнутом объеме резервуара или теплообменника и резком уменьшении окружающего давления метастабильное состояние недогретой воды нарушается, кипение происходит мгновенно, вода переходит в пар.

При истечении недогретой воды (температура около 170 °С) из ограниченного под избыточным давлением теплообменника по рукавной линии в свободное пространство, где давление значительно ниже, из ствола со специально спрофилированным насадком на время менее 0,0001 с вода переходит в метастабильное состояние с последующим взрывным кипением – получается ТАВ. В следствие чего, примерно треть объема воды переходит в газообразное состояние, оставшаяся часть дробится на капли размером 0,01–10,0 мкм и представляет собой водяной туман, способный витать в воздухе продолжительное время.

Наиболее эффективно применение ТАВ в замкнутых пространствах (резервуары, помещения и т.п.), где возможно образование большого объема водяного тумана, способствующего осаждению паров АХОВ и дыма, а также вытеснению кислорода воздуха, снижая количество окислителя в зоне горения.

Способность частиц ТАВ длительный период не осаждаться на поверхностях [10] позволяет осуществить наполнение объема или открытого пространства частицами воды не менее чем за 20 мин, а затем эффективно осаждают и нейтрализуют АХОВ или любые другие газы, вступая с ними в реакцию. Кроме того, частицы ТАВ абсолютно безопасны для людей и не наносят ожогов, что экспериментально подтверждено. Размер 70 % капель водяных частиц ТАВ составляет 0,01–10,0 мкм, благодаря чему капли витают и не осаждаются, огибая препятствия.

Данное свойство ТАВ можно использовать для химического связывания и нейтрализации паров АХОВ и КРТ, не давая возможности парогазовому облаку добраться до жилых районов

и воздействовать на организм человека через органы дыхания и кожные покровы, вызывая санитарные и безвозвратные потери [7, 11].

На молекулярном уровне более мелкие капли ТАВ (кластер молекул воды) одной и той же массы по сравнению с даже очень тонко распыленной водой, но уже более крупных капель, имеют площадь контактной поверхности намного больше, поэтому вероятность соприкосновения и столкновения капель ТАВ с молекулами АХОВ значительно выше при диффузиофорезе.

Интенсивность осаждения ультра-дисперсного аэрозоля на поверхности более крупных частиц в результате осуществления процессов термофореза, диффузиофореза, турбофореза оказывает влияние на скорость гравитационного осаждения аэрозоля [8]. В процессе осаждения частицы аэрозоля коагулируют с мелкими частицами, в результате чего увеличивается размер частиц и скорость гравитационного осаждения возрастает.

Для оперативного выведения из взвешенного состояния целесообразно включать в работу весь комплекс взаимосвязанных механизмов, тем самым они будут дополнять друг друга. Ширина диапазона размеров частиц варьируется от ультрадисперсных (0,001 мкм) до грубодисперсных (более 10 мкм). Таким образом, самым доступным способом осаждения аэрозоля является инерционный и гравитационный, то есть турбофорез. Эффективность этого метода заметна лишь для крупных частиц аэрозолей (более 5 мкм), и поэтому необходимо создание условий для быстрой коагуляции частиц АХОВ меньшего размера, что положительно сказывается на увеличении в объемах частиц при столкновении друг с другом.

Сила поверхностного натяжения и гидрофобные характеристики аэрозоля играют ключевую роль при взаимодействии частиц АХОВ и капель воды (коагуляция или слипание). Проблема решается за счет конденсирования и коагуляции кластеров воды, в результате чего формируются капли с частицами АХОВ, являющимися центрами конденсации (термофорез).

В работе [12] был исследован процесс кластерообразования воды и выявлены кластеры плотной и рыхлой структуры. Самые малые кластеры воды состоят из 11 молекул, самые крупные – из 93 500 молекул. Содержание плотных кластеров достигнет своего максимального значения при температуре 277 К. Поскольку размеры кластеров воды значительно меньше размеров частиц АХОВ, можно предположить возможность процесса конденсации, скорость которой будет зависеть от различных факторов, в частности от влажности воздуха, температуры осаждаемой частицы, а также окружающей среды.

Известны способы, в которых в определенных условиях реализуется выведение АХОВ из взвешенного состояния посредством распыления воды. При осаждении АХОВ распыленной водой реализуется лишь инерционный механизм процесса осаждения, определяемый взаимодействием частиц с турбулентными пульсациями несущего потока (турбофорез), а также осаждением капель воды с захваченными частицами АХОВ под действием сил тяжести (гравитационное осаждение). Поскольку размер частиц АХОВ менее 10 мкм и масса их мала, механизмы, описанные ранее, вносят минимальный вклад для нейтрализации. Следовательно, для получения желаемого результата при осаждении АХОВ необходимо наличие громоздкого технологического оборудования и объемного расхода воды. Поэтому использование ТАВ с целью улавливания АХОВ и последующего осаждения частиц увеличенного размера с помощью сил гравитации, турбофореза и термофореза является актуальным и перспективным направлением исследования. Эффективность предлагаемого способа осаждения очевидна в сравнении с осаждением АХОВ тонкораспыленной водой. Перенасыщение пара в ограниченном объеме способствует образованию капель воды с центрами конденсации – частицами АХОВ, в дальнейшем увеличивающихся в размерах за счет коагулирования с другими каплями воды и осаждению их благодаря гравитации. В работе [13] предположили, что увеличение времени экспозиции приведет к интенсификации захвата частиц АХОВ каплями воды, при этом размер капель распыляемой жидкости должен составлять 20–50 мкм.

При увеличении температуры воды снижаются сила поверхностного натяжения, кинетическая вязкость и сила взаимосвязи молекул [14]. Это приведет к повышению эффективности термофореза из-за разности температур молекулы воды и молекулы АХОВ, конденсация на поверхности молекул АХОВ будет проходить интенсивнее, что по цепочке приведет к повышению эффективности турбофореза и диффузиофореза и, как следствие, улучшению очистки воздуха.

В связи с тем, что исследуемые пары АХОВ токсичны (1-й класс опасности), проводить опыты по осаждению их в лабораторных условиях вне специальных промышленных установок нейтрализации не представляется возможным. Поэтому для подтверждения способа осаждения вместо паров АХОВ используем модельное тело – дым гранаты РДГ-2ч, имитирующий испарение АХОВ при аварии. Размеры частиц дыма и кластеров молекул АХОВ находятся в одном диапазоне: 0,001 до 10 мкм. На рис. 2 представлена схема процессов, протекающих в аэрозольной системе «пар–кластер воды–вода–дымовая частица» [8].

При прохождении электромагнитного излучения сквозь слой продуктов горения толщиной 1 м с параметрами воды  $P=2$  МПа,  $T=180$  °С произойдет его ослабление в 17,5 раз. В случае подачи тонкораспыленной воды с параметрами  $P=2$  МПа,  $T=20$  °С ослабление светового потока произойдет в 40 раз, что несомненно подтверждает эффективность этого способа очистки воздуха от частиц АХОВ. Так же экспериментальным путем доказан рост эффективности процесса осаждения мелких частиц АХОВ при наличии паровой фазы.

Также к преимуществам технологии ТАВ при осаждении паров АХОВ относится большая площадь поверхностей соприкосновения ТАВ и создание условий для конденсации молекул ТАВ на поверхности молекул АХОВ как более крупных и холодных, дальнейшего укрупнения капель АХОВ до такого состояния, при котором они не могут свободно витать в воздухе и будут осаждаться, как более тяжелые на грунт или пол. Таким образом, зная наименование КРТ, который необходимо осадить, можно подготавливать воду перед температурной активацией с целью нейтрализации (дегазации) исходного АХОВ в самой капле при ее укрупнении (коагуляции).



Рис. 2. Схема системы «пар–кластер воды–вода–дымовая частица» [8]

При осаждении паров НДМГ в состав воды для приготовления ТАВ необходимо ввести растворы гипохлорита натрия ( $\text{NaOCl}$ ), с тем чтобы на молекулярном уровне при подаче раствора в струе ТАВ в мелких каплях растворенная хлорноватистая кислота ( $\text{HClO}$ ) взаимодействовала и оказывала окисляющее действие на витающие в воздухе молекулы



НДМГ. Вместо гипохлорита натрия возможно применять электрохимически активированный водный раствор натрия хлорида (NaCl) или ДТС ГК.

При осаждении паров АТ в состав воды для приготовления ТАВ необходимо ввести растворы аммиака 10–25 %, с тем чтобы на молекулярном уровне при подаче раствора в струе ТАВ в мелких каплях молекулы аммиака взаимодействовали и оказывали восстановительное действие на витающие в воздухе молекулы АТ.

В результате, зная конкретное наименование АХОВ, возможна их дегазация на молекулярном уровне струями ТАВ с введением нейтрализующих химических растворов, все оседающие капли будут иметь близкий к нейтральному рН показатель, а химический состав будет не активным, так как химическая реакция по нейтрализации пройдет в капельном состоянии при коагуляции частиц АХОВ и ТАВ с нейтрализующим раствором.

Проведение работ на месте аварии по очистке воздуха снаружи и внутри помещений осуществляется посредством направления струи ТАВ в место утечки и испарения АХОВ. Получение ТАВ со смесью из дегазирующих растворов возможно с помощью штатного оборудования АПМ. Очистку от пролива АХОВ на грунт (пол) можно проводить как с использованием ТАВ, так и традиционными способами с использованием водных растворов дегазирующих веществ.

В результате проведенных исследований полученные результаты подтверждают эффективность предлагаемой технологии:

- повышение кислотности способствуют эффективной коагуляции частиц АХОВ за счет температурной активации;
- большая суммарная площадь поверхности за счет получения паро-капельных струй;
- наличие паровой фазы способствует нуклеации, центрами которой являются частицы аэрозоля АХОВ;
- получение ТАВ с примесью растворов нейтрализующих веществ применимо для очистки воздуха и решения поставленной задачи по осаждению и нейтрализации паров конкретного АХОВ.

Таким образом, предлагаемый способ нейтрализации НДМГ и АТ при помощи ТАВ в значительной степени позволит очистить воздух от последствия негативного воздействия КРТ.

### **Литература**

1. Дорфман Н.Н., Перегудов А.Н., Бокадаров С.А. Разработка мероприятий по ликвидации последствий возможной химической аварии на перерабатывающем предприятии // Вестн. Воронеж. ин-та ГПС МЧС России. 2017. № 1 (22). С. 7–16.
2. Кузнецов Н.И. Организация и проведение работ с компонентами ракетного топлива // Справочное пособие МО России. 2006. 144 с.
3. РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. М.: Госгидромет СССР, 1990. 12 с.
4. Способ нейтрализации несимметричного диметилгидразина: пат. 2092205 Рос. Федерация. № 96 96106485; заявл. 04.04.96; опубл. 20.04.02.
5. Калач А.В., Гусаков А.Н., Шарапов С.В. К вопросу о совершенствовании технологии и техники пенного пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 1. С. 75–80.
6. Тетерин И.М. Температурно-активированная вода – новая парадигма развития техники пожаротушения // Средства спасения: журнал-каталог. 2005.
7. Роечко В.В., Кармес А.П. Технология температурно-активированной воды: физическая сущность, история разработки, перспективы развития // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 3.
8. Соковнин А.И. Осаждения дыма на объектах энергетики: дис. ... канд. техн. наук. М.: АГПС МЧС России, 2017.
9. Скрипов В.П. Метастабильная жидкость. М.: Наука, 1972. 312 с.

10. Храмцов С.П. Технические средства подачи температурно-активированной воды теплоэнергетической установкой для тушения пожаров на объектах энергетики: дис. ... канд. техн. наук. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2011. 245 с.

11. Тетерин И.М., Робенко В.В., Пряничников В.А. Инновационные технологии ликвидации последствий аварийного падения ракеты-носителя, использующего токсичные компоненты ракетного топлива: материалы конф. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. 400 с.

12. Зубова К.В. Кластерная структура жидких спиртов, воды и н-гексана // Журн. прикладной спектроскопии. 2005. Т. 72. № 3. С. 305–312.

13. Мыльников И.К. Разработка технических требований к системам подавления дыма в помещениях и на путях эвакуации при пожаре: дис. ... канд. техн. наук. М.: УГПС МВД России, 2000. 137 с.

14. Незгада В.Ю. Использование нагретой воды в кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1980. 64 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГОРАНИЯ ПАРОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ**

**Т.П. Сысоева, кандидат технических наук;**

**А.А. Кухарев;**

**Ю.Н. Елисеев, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлены результаты исследования резкой интенсификации горения с распространением дефлаграционного горения по паровой фазе, исследование возникновения пожара в результате самовозгорания химических реактивов.

*Ключевые слова:* загорание паровоздушной смеси, виды самовозгорания, химические реактивы, вспышка, очаг пожара

## **FEATURES EXPERTISE OF SUNBATHING AIR-STEAM MIXTURE**

T.P. Sysoeva; A.A. Kukharev; Yu.N. Eliseev.

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

The article presents the results of the study of the sharp intensification of combustion with the spread of deflagration combustion in the steam phase as well as of the study of the occurrence of fire as a result of spontaneous combustion of chemical reagents.

*Keywords:* ignition of vapor-air mixtures, spontaneous ignition, chemicals, flare, fire

В практике судебных пожарно-технических экспертов нередки случаи воспламенения газопаровоздушной смеси различной природы происхождения и при множестве сопутствующих этому факторов. Средства массовой информации часто освещают данные факты и, как следствие, такие случаи имеют огромный общественный резонанс.

В данной статье рассмотрен конкретный пример такого процесса, как воспламенение газопаровоздушной смеси в замкнутом пространстве, принесшего ущерб и вред здоровью, а также особенности экспертного исследования подобных происшествий.

В России ежегодно происходят десятки инцидентов, связанных с дефлаграционным горением (объемным взрывом) газоздушных смесей. Дефлаграция это распространение волны горения по газовой (парогазовой) смеси с дозвуковой скоростью.

Такие пожары и взрывы причиняют значительный материальный ущерб и могут приводить к человеческим жертвам. Ввиду тяжких последствий, по таким пожарам возбуждаются уголовные дела, в расследовании которых принимают участие дознаватели государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы МЧС России, а экспертное сопровождение осуществляют, как правило, судебно-экспертные учреждения МЧС России.

Взрывоопасные концентрации могут формироваться на предприятиях, в жилых зданиях в результате утечки или выброса при аварийных ситуациях горючих газов, испарения пролитых горючих жидкостей. В случае значительных разрушений и человеческих жертв или травм по факту таких взрывов и следующих за ними пожаров, как правило, возбуждаются уголовные дела и назначаются пожарно-технические экспертизы. Следствие интересуется вопросом, какие газы (пары) взорвались (это могут быть метан, пропан-бутановая смесь, ацетилен, пары бензина, органических растворителей и др.), как произошло формирование взрывоопасной концентрации. В связи с этим важной задачей является экспертное исследование процесса возникновения и последствий дефлаграционного горения (взрыва) паро-, газо- и пылевоздушных смесей.

Вспышки и взрывы могут предшествовать пожару и происходить в ходе его развития. Как правило, при расследовании пожара приходится устанавливать последовательность протекания этих явлений (взрыв–пожар или пожар–взрыв), причину вспышки (взрыва).

При этом существующая в настоящее время методология установления причин возникновения горения не в полном объеме применима при расследовании пожаров, возникновению которых предшествовал объемный взрыв.

При расследовании инцидентов, связанных с воспламенением газо-паро-пылевоздушных смесей, нет смысла пытаться устанавливать точное место расположения очага пожара, так при таком сценарии горение возникновения во всем объеме практически мгновенно. Эксперту необходимо оценить возможность образования пожаровзрывоопасной концентрации смеси в конкретном объеме, а также установить источник, способный воспламенить эту смесь.

На примере реально произошедшего случая рассмотрим процесс возникновения возгорания, произошедшего во время проведения развлекательной программы с химическими экспериментами и использованием открытого огня. В ходе проведения программы произошла вспышка, в результате которой зрители получили ожоги различной степени тяжести. Расследованию данного инцидента способствовал тот факт, что комната, в которой произошел инцидент, находилась под видеонаблюдением.

Перед экспертами была поставлена задача установления технической причины пожара с помощью представленных на исследование материалов дела и видеозаписей.

Из видеозаписи было видно, что во время проведения химических опытов с применением открытого огня наблюдалась яркая вспышка с последующим горением.

В соответствии с общепринятыми методическими принципами пожарно-технических исследований, установление причины пожара проводилось методом выдвижения и последовательного исключения версий [1–3].

Исследовав материалы, стало известно, что стол, на котором проводилась научно-развлекательная программа, не был электрифицирован. Таким образом, версия возникновения пожара в результате протекания аварийного пожароопасного режима работы электрооборудования была экспертами исключена.

Далее были рассмотрены следующие версии возникновения горения:

– возникновение пожара в результате самовозгорания химических реактивов, находившихся на столе;

– возникновение пожара в результате загорания паровоздушной смеси (паров этилового спирта с воздухом) от источника открытого огня с дальнейшим развитием за пределами очага.

Как известно, в зависимости от первичного импульса, запускающего механизм саморазогрева материала, различают следующие виды самовозгорания: тепловое, химическое, микробиологическое.

Тепловое самовозгорание возникает при нагреве вещества каким-либо внешним теплом до температуры, обеспечивающей его термическое разложение и дальнейший процесс спонтанного самонагрева за счет тепла экзотермических реакций в объеме. При этом большую роль играют реакции окисления продуктов термического разложения.

Химическое самовозгорание возникает при контакте химически активных веществ, реагирующих с выделением большого количества тепла. В этом случае самовозгорание обычно начинается на поверхности материала, а затем распространяется вглубь. При перемешивании химических веществ самовозгорание может начаться в глубине объема. И, скорее всего, там и начнется, так как именно там имеются наилучшие условия для аккумуляции тепла, его накопления и постепенного развития реакции.

Микробиологическое самовозгорание характерно для органических дисперсных и волокнистых материалов, внутри массива которых возможна жизнедеятельность микроорганизмов. Первичное самонагревание массы материала происходит за счет тепла, выделяемого микроорганизмами. Повышение температуры в объеме способствует ускорению экзотермических реакций окисления, и возникает процесс самонагрева материала. На определенном этапе бактерии гибнут, а процесс продолжает развиваться уже по механизму теплового самовозгорания. Особенностью самовозгорания является то, что оно не требует внешнего импульса, инициирующего горение, а возникает за счет реакции гетерогенного окисления в больших объемах вещества при относительно низких температурах окружающей среды. Из-за плохой теплопроводности массы мелкодисперсного продукта происходит накопление тепла в его объеме, возрастает температура, соответственно – скорость химической реакции, и, в конечном счете, материал воспламеняется.

В зарубежной, американской в частности, литературе процесс самовозгорания называют спонтанным горением или «спонтанной химической причиной» [4].

Иногда эксперты путают самовозгорание с самовоспламенением. Например, тепловое самовозгорание с загоранием вещества (материала) при контакте с горячей поверхностью. Рассмотрим принципиальное различие этих двух процессов. При самовозгорании предварительный нагрев является только толчком (исходным импульсом) к разогреву, а основной разогрев, приводящий в результате к возникновению пламенного горения, идет в массе вещества непосредственно за счет его окисления кислородом воздуха и выделения при этом тепла. Нагретая же поверхность, чтобы обеспечить самовоспламенение вещества, должна нагреть его «до конца», то есть до критической температуры (температура самовоспламенения), при которой произойдет резкая интенсификация процессов термического разложения вещества с возникновением пламенного горения. Чтобы осуществить первый процесс, вещество нужно прогреть до значительно меньших температур, чем чтобы осуществить второй. Так, например, у сосновой древесины температура тления, которая инициирует самовозгорание древесных опилок, составляет по справочным данным [5] 295 °С (а у пирофорной древесины может спускаться до 80 °С), в то время как температура самовоспламенения составляет около 400 °С. Соответственно, первый процесс идет достаточно медленно (чтобы «добрать тепло» за счет гетерогенного окисления кислородом воздуха, нужно время), в то время как до самовоспламенения процесс может идти достаточно быстро, был бы источник тепла достаточно мощным.

Различие в механизмах указанных процессов, условиях их протекания и динамике обязательно нужно учитывать при экспертизе пожаров, в том числе, при отработке версий о причине пожара.

В данном случае тепловое самовозгорание исключено по причине отсутствия пористых мелкодисперсных веществ и материалов, в которых может происходить процесс окисления кислородом воздуха непосредственно твердой фазы.

Микробиологическое самовозгорание, характерное для органических дисперсных и волокнистых материалов, внутри которых возможна жизнедеятельность микроорганизмов, также исключается.

В данном случае, учитывая наличие большого количества химических реактивов, была проанализирована версия химического самовозгорания.

Химическое самовозгорание обычно происходит при взаимодействии пары «сильный окислитель – легко окисляемое вещество» [6]. В качестве сильных окислителей могут выступать перманганаты, хроматы, йодаты и другие вещества.

На фрагменте полимерной пленки, находившейся в очаге пожара, были обнаружены наслоения вещества коричневого цвета, содержащие марганец. В материалах дела содержалась информация о том, что в распоряжении организаторов мероприятия имелся перманганат калия – сильный окислитель, продукты разложения которого могут образовывать такие наслоения. При добавлении к перманганату калия жидких или мелкодисперсных органических веществ смеси могут самовоспламеняться или разлагаться, в том числе со взрывом. Перманганаты образуют взрывчатые смеси также с соединениями аммония [6].

Масла и жиры в определенных условиях также могут самовозгораться, особенно при наличии окислителей. Для самовозгорания масел и жиров необходимы определенные условия [6]:

а) развитая поверхность. Масла, жиры, олифы, которые хранятся в таре, не самовозгораются, так как поверхность их соприкосновения с воздухом мала. Склонны к самовозгоранию пропитанные маслами пористые и волокнистые материалы, ткани, ветошь и т.д. Пористая среда должна обеспечивать свободный доступ кислорода и не плавиться при подъеме температуры;

б) наличие возможности для аккумуляции тепла. Такие условия создаются, когда, например, промасленные материалы уложены в кучи, штабеля, пакеты;

в) время, достаточное для осуществления реакции.

Индукционный период (период, предшествующий самовозгоранию) может составлять от нескольких часов до нескольких суток. Все зависит от объема промасленного материала, вида масла или жира, количества, температуры воздуха, условий теплообмена и др. Самовозгорание масла могло бы наступить в период от нескольких часов до нескольких суток после проведения эксперимента, что не соответствует данным, приведенным в материалах уголовного дела.

Таким образом, версию самовозгорания смесей веществ, присутствовавших на столе, учитывая динамику процесса (мгновенной вспышки) и последствия, характерные для вспышки паровоздушных смесей, можно было исключить.

Более реальна вторая версия – вспышка паров разлитого на стол и окружающие предметы этилового спирта при демонстрации опытов.

Как известно, жидкости, наряду с прочими веществами и материалами, подразделяются на негорючие, трудногорючие (способные возгораться в воздухе от источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления) и горючие (способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления) [7].

При экспертном анализе версий о причине пожара речь может идти в основном о горючих жидкостях и в очень редких случаях – о трудногорючих.

Из горючих жидкостей выделяют легковоспламеняющиеся (ЛВЖ). Легковоспламеняющимися называют горючие жидкости с температурой вспышки не более 61 °С в закрытом тигле или 66 °С в открытом тигле [8].

Общеизвестно, что при пламенном горении какой-либо жидкости горит не сама жидкость, а ее пары. Для поддержания пламенного горения концентрация этих паров должна быть равна или выше нижнего концентрационного предела распространения пламени. Поэтому для поддержания пламенного горения горючих жидкостей необходим внешний подвод тепла. Но есть и исключения, вынужденное зажигание ЛВЖ, температура воспламенения которых ниже температуры окружающей среды.

Основными характеристиками пожарной опасности жидкостей являются температуры вспышки и воспламенения, определяемые по стандартным методикам [1–3].

Температура вспышки – это самая низкая температура, при которой у поверхности жидкости за счет испарения существует паровоздушная смесь, способная воспламениться от внесенного источника зажигания. Но после вспышки пламенное горение сохранится лишь в том случае, если интенсивность испарения будет достаточной для поддержания горения, иначе пламя погаснет. Устойчивое горение возникает по достижении температуры воспламенения – самой низкой температуры, при которой после воспламенения паров над зеркалом жидкости устанавливается стационарное горение. Также если паровоздушная смесь оказалась в пределах замкнутого объема (помещение, сосуд), она может оказаться взрывоопасной.

Рассматривая данную версию, которая также была подтверждена показаниями людей, проводивших данный эксперимент, известно, что по заранее подготовленным тарелкам с химической солью был разлит этиловый спирт и подожжен зажигалкой для того, чтобы показать разные цвета пламени. Спустя некоторое время пламя стало затухать, поэтому было принято решение добавить еще спирта, но не так, как требовала инструкция, небольшое количество из «колпачка» – объемом две столовые ложки, а из пятилитровой канистры. В момент подливания в одну из тарелок было допущено проливание его на стол и пол. От горящего спирта в тарелках воспламенились пары пролитого спирта, и вспыхнувшее пламя задело зрителей, которые находились на представлении в зале.

Таким образом, было установлено, что в результате выплескивания большого количества этилового спирта на стол и на пол произошла резкая интенсификация горения с распространением дефлаграционного горения по паровой фазе. Источником зажигания паров дополнительно разлитого спирта послужило в данной ситуации пламя уже горящего в тарелке спирта. В результате непосредственного воздействия пламени и лучистого теплового потока от горящей смеси паров спирта с воздухом пострадали находившиеся в помещении зрители.

То есть технической причиной пожара явилось загорание паровоздушной смеси (разлитого этилового спирта с воздухом) от источника открытого огня с последующим распространением горения по паровой фазе за пределы очаговой зоны.

### **Литература**

1. Методология судебной пожарно-технической экспертизы (основные принципы) / И.Д. Чешко [и др.]. М.: ВНИИПО, 2013. 23 с.
2. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров. М.: Стройиздат, 1966. 347 с.
3. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2002. 303 с.
4. John DeHaan. Kirks Fire Investigation. Fourth Edition, 1997. 496 p.
5. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. Кн. 1. М.: Химия, 1990. 496 с.
6. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х кн. СПб.: ООО «Типография «Береста», 2010. Кн. 1. 708 с.
7. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. М., 1999. 600 с.
8. Горшков В.И., Корольченко И.А. Расчет периода индукции очагового самовозгорания: тезисы XXI Междунар. науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 2009. С. 68–69.

# ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТОКОВОДОВ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА НА ОСНОВЕ ИХ ГЕРМЕТИЗАЦИИ СЛЮДОСИТАЛЛОМ

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

**А.А. Кузьмин, кандидат технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)**

Проанализированы особенности применения различных материалов для герметизации одножильных и многожильных токовводов. Установлено, что при формировании стекляннометаллических спаев целесообразно создавать в стеклянной массе напряжения сжатия. Показано, что слюдоситалл обладает необходимой прочностью и необходимыми диэлектрическими свойствами, а применение при изготовлении литейной технологии может обеспечить более значительную, по сравнению с керамикой, вакуумплотность токовводов. Представлены результаты испытаний образцов припоечного стекла в виде дилатометрических кривых. Предложен состав припоечного стекла с улучшенными адгезионными свойствами и технология спаивания конструктивных элементов токоввода.

*Ключевые слова:* кабель, токопроводящий стержень, припоечное стекло, ситаллы, прочность спая, влажность, герметизация, заливка, ситаллизация, нагрузочная способность

## CURRENT LEADS PERFORMANCE IMPROVING IN FIRE ON THE BASIS OF THEIR SEALING WITH MICODUSITALL

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

A.A. Kuzmin. Saint-Petersburg state technological institute (technical university)

The features of the use of various materials for sealing single-core and multicore current leads are analyzed. It has been established that during the formation of glass-metal junctions it is advisable to create compression stresses in the glass mass. It is shown that micaceous has the necessary strength and necessary dielectric properties, and the use in the manufacture of casting technology can provide a more significant, compared with ceramics, vacuum density of current leads. The results of testing samples of solder glass in the form of dilatometric curves are presented. The composition of the solder glass with improved adhesion properties and the technology of soldering the structural elements of the current lead are proposed.

*Keywords:* cable, conductive rod, solder glass, sitalls, bond strength, humidity, sealing, fill, sitalization, load capacity

Процесс эксплуатации современного технологического оборудования и энергетических установок предполагает использование токовводов различных конструкций. Поддержание работоспособности токовводов в условиях пожара невозможно без обеспечения их прочности, герметичности, термостойкости, химической (коррозионной) стойкости и способности надежного обеспечения передачи требуемой электрической мощности. Возможные принципиальные схемы исполнения токовводов отображены на рис. 1.

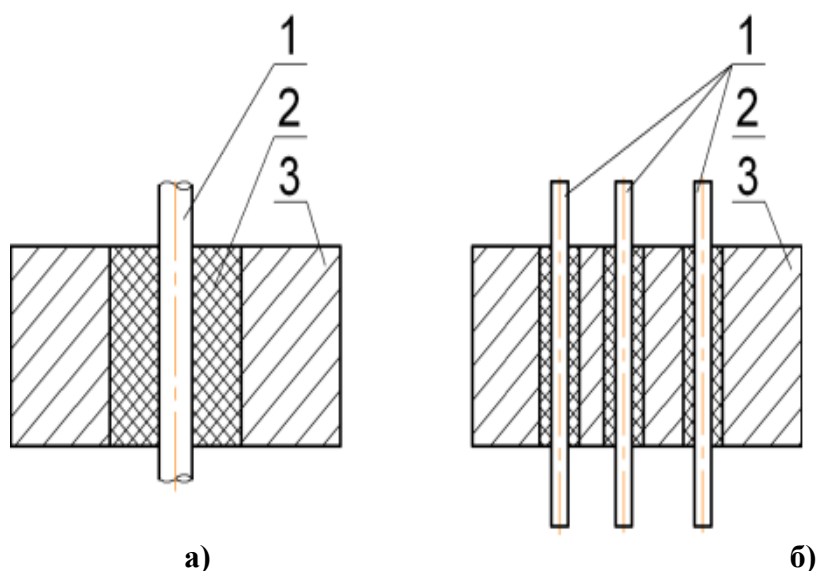


Рис. 1. Схемы токовводов: а) одножильного; б) многожильного (1 – токопроводящий стержень; 2 – электроизоляция; 3 – втулка)

Передача значительных электрических мощностей осуществляется, как правило, при помощи одножильных токовводов, а многожильные являются элементами органов управления. Кроме условий, представленных выше, необходимо обеспечить устойчивость к короткому замыканию, высокую электропроводимость, минимальный уровень искажения электрических сигналов [1], а также сохранение этих свойств в случае повышения температуры и влажности [2]. Учитывая, что к диэлектрикам относятся пластические массы, стекло, керамика, то наиболее критическим моментом при конструировании токовводов является выбор изолятора, поскольку характеристики прочности и термостойкости перечисленных материалов уступают аналогичным характеристикам металлов [3].

Наиболее логичным решением было бы использование пластических масс, так как по сравнению с другими материалами они наиболее технологичны, однако для пластмасс характерна склонность к старению и возможности появления сквозных трещин [4]. В условиях повышенных температур для пластмасс характерна недостаточная прочность и влагостойкость в сравнении со стеклами, металлами и керамическими материалами. Полученные в результате применения новых технологий полимерные материалы в отдельных случаях позволяют произвести замену более дорогих стекол, керамики, фарфора, но при воздействии высоких температур и повышенной влажности, характерных для условий пожара, это не представляется возможным.

Газопроницаемость фарфоровых и керамических изоляторов, обусловленная наличием в них пор, является следствием процесса спекания, которое происходит при их изготовлении. Процесс обработки фарфора и керамики требует исключительно абразивного инструмента и исключает процесс резания, что при производстве небольших серий, учитывая необходимость изготовления новых форм и специальной оснастки, увеличивает себестоимость готовых изделий.

Эти недостатки отсутствуют у стекла, которое можно использовать для спаивания втулки 3 с токопроводящим стержнем 1, когда залитая в пространство между ними стеклянная масса обеспечивает герметизацию и достаточно надежное крепление (рис. 1). Такое конструктивное решение оказывается особенно эффективным в процессе изготовления многожильных токовводов (рис. 1 б), однако при этом, как показано в работе [1], необходимо соблюдение условия:



$$\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3, \quad (1)$$

где  $\alpha_1$  – температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) материала втулки;  $\alpha_2$  – ТКЛР стеклянной массы,  $\alpha_3$  – ТКЛР материала токопроводящего стержня.

Формализованное уравнением (1) условие обуславливается тем, что в ходе охлаждения стеклянного спая вероятно возникновение напряжения растяжения, при этом прочность стекла при сжатии значительно больше, чем при растяжении. Из этого следует, что при формировании стекло-металлических спаев целесообразно создавать в стеклянной массе напряжения сжатия. Поскольку в качестве материала втулки используют нержавеющую сталь, для которой ТКЛР равно  $18 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ , а для стекла значение ТКЛР существенно меньше, то токопроводящие стержни изготавливают из ковара [1], для которого величина ТКЛР находится в диапазоне  $(5 \div 6) \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

Значение ТКЛР для ковара близко по своей величине ТКЛР припоечного стекла, что делает удобным организацию спая, однако удельное электрическое сопротивление ковара, равное  $0,15 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , на порядок больше удельного электрического сопротивления меди, равного  $0,17 \cdot 10^{-7} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Из этого следует, что после наступления перегрузки электрической сети, или тем более короткого замыкания, произойдет перегрев стержня, изготовленного из ковара, нарушение изоляции проводов и расплавление припоя в контактах.

Величина перегрева в случае изготовления токопроводящих стержней из меди будет существенно меньше, а для изготовления втулок можно применять нержавеющую сталь. При этом в качестве материала электроизоляции предлагается применять слюдоситалл на базе фторфлогопита после соответствующей механической обработки на металлорежущих станках [5, 6].

Такой материал обладает необходимой прочностью и необходимыми диэлектрическими свойствами, а применение при изготовлении литейной технологии может обеспечить более значительную, по сравнению с керамикой, вакуумплотность. Применение силикатного состава обеспечивает надежную эксплуатацию электрического токовода в широком температурном диапазоне. В работе [7] показано, что в ходе варьирования режимов термообработки возможно получение материала, свойства которого отражены в табл. 1.

В ходе выполнения опытно-конструкторских работ была произведена реализация схемы, отображенной на рис. 1. Конструкция токовода представлена на рис. 2.

Таблица 1. Свойства электроизоляционного материала токовода на основе слюдоситалла

№ п/п	Наименование параметра, единица измерения	Величина параметра
1	Модуль упругости при растяжении, МПа	$0,4 \cdot 10^5$
2	Разрушающее напряжение при сжатии, МПа	320
3	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	54
4	Термостойкость на удар, $^\circ\text{C}$	750
5	Температурный коэффициент линейного расширения, $1/^\circ\text{C}$	$80 \cdot 10^{-7}$
6	Натекание по гелию, л·мм. рт. ст. /с, не более	$10^{-7}$
7	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	$2 \cdot 10^{13}$

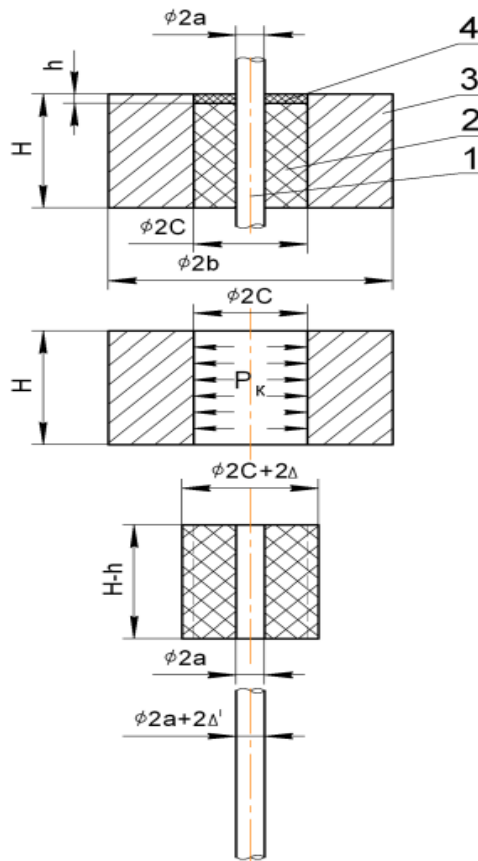


Рис. 2. Токоввод в сборе:

1 – медный токопроводящий стержень; 2 – втулка из слюдоситалла;  
 3 – втулка из стали; 4 – стеклянная заливка;  
 $2a=5$  мм;  $2b=35$  мм;  $2c=18$  мм;  $H=20$  мм;  $h=1$  мм;  $\Delta=40$  мкм;  $2\Delta'=3,5$  мкм

Величина контактного давления  $P_k$  в конструкции токоввода может быть рассчитана по формуле:

$$P_k = \frac{\Delta}{\frac{c}{E_2} \cdot \left( \frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} \right) + \frac{c}{E_3} \cdot \left( \frac{1+k_3^2}{1-k_3^2} + \mu_3 \right)}, \quad (2)$$

где  $E_2=0,4 \cdot 10^5$  МПа – величина модуля упругости ситалла;  $E_3=2,0 \cdot 10^5$  МПа – величина модуля упругости стали;  $\mu_2=\mu_3=0,3$  – значения коэффициентов Пуассона ситалла и стали;  $k_2=d/c=0,28$ ;  $k_3=c/b=0,5$ .

Процесс сборки токоввода такой конструкции предполагает соблюдение определенной последовательности, при которой производится нагрев втулки 3 до температуры 300 °С, что предполагает увеличение радиуса  $c$  на величину  $c \cdot \alpha \cdot \Delta T = 0,049$  мм вследствие его теплового расширения, которое обеспечивает натяг величины  $\Delta=0,040$  мм при учете значения поля допуска  $IT=0,009$  мм применительно к линейным размерам в диапазоне 10÷18 мм по 6-му качеству [8].

Значение натяга в 0,040 мм выбрано на основе того, что величина контактного давления  $P_k$ , вычисленного по формуле (2) для радиуса  $c$ , должно составить примерно 20 МПа, а величина разрушающего напряжения на изгибе превышает значение эквивалентного напряжения по третьей теории прочности  $\sigma_{э\text{кв.}}=2\rho/(1-k_2)=44$  МПа.

Таким образом, одним из условий повышения работоспособности ситалловой втулки является величина натяга, равная  $\Delta=0,040$  мм, при котором обеспечивается заведомо безопасный уровень напряжения в теле стальной втулки. Допускаемым напряжением

ситалла принято значение разрушающего напряжения при изгибе  $\sigma_u$ , что объясняется действием на ситалл только сил сжатия, при этом при наличии каких-либо местных неточностей в процессе изготовления втулки тем не менее будет присутствовать некоторый запас прочности.

Величину натяга  $\Delta$  при этом максимизируют чтобы обеспечить постоянно сжатое состояние ситалла, что синхронизирует процесс теплового расширения ситалла с тепловым расширением стали, чье значение модуля упругости  $E$  значительно превышает аналогичный параметр ситалла. В случае подчинения процесса сжатия ситалла закону температурного расширения стали условие (1) автоматически выполняется, что дает возможность изготовить спай необходимой прочности. Если нагреть собранные по посадке с натягом втулки 2 и 3 (рис. 2) на температуру  $\Delta t$ , величина этого натяга уменьшается на  $c \cdot \Delta \alpha \cdot \Delta t$ , где  $\Delta \alpha$  – разность значений ТКЛР для стали и ситалла.

Уравнение (3) позволяет вычислить максимальное значение перепада температуры  $\Delta t$ , при котором натяг исчезает:

$$\Delta t = \frac{\Delta + IT/2}{c \cdot \Delta \alpha} = 500^\circ C. \quad (3)$$

Поэтому для температурного интервала  $0 \div 500^\circ C$  характерно постоянно сжатое состояние ситалла, которое обеспечивает синхронность процесса его теплового расширения и процесса теплового расширения стали, и именно в этом интервале температур происходит структурирование спаев токовводов. При достижении охлажденного состояния стальная втулка и втулка, изготовленная из ситалла, объединяются в единую прочную конструкцию, которая может использоваться и без проведения специального процесса спаивания.

Следующий этап сборки токоввода предусматривает монтаж медного токопроводящего стержня, в ходе установки которого в ситалловую втулку образуется заготовка токоввода, процесс герметизации которой можно проводить, применяя различные способы и используя разнообразные конструкционные материалы. Величина соответствующего натяга  $\Delta^I$  выбирается, исходя из соблюдения прочности ситаллового кольца 2, подвергающегося действию внутреннего давления  $P_k$ , которое возникает из за этого натяга:

$$\sigma_{\text{экв}}^{111} = \frac{2 \cdot P \cdot k}{1 - k_2} < \sigma_u. \quad (4)$$

Значение внутреннего давления  $P_k$ , которое вычисляется при помощи уравнения (4) не может быть более 16 МПа. При этом удвоенная величина натяга  $2\Delta^I$ , для вычисления которой используется уравнение (2), должна достигать значения 3,5 мкм, и это эквивалентно значению 0,5 поля допуска качества в интервале линейных размеров  $3 \div 6$  мм. При нагреве заготовки на температуру  $100^\circ C$ , ее внутренний диаметр  $2a$  увеличивается на значение  $2a \cdot \alpha_{\text{сит}} \cdot \Delta T = 4$  мкм, что делает возможным монтаж медного токопроводящего стержня.

Выше уже отмечалось, что после монтажа медного токопроводящего стержня образуется заготовка токоввода, которая обладает более высокими прочностными и изолирующими свойствами, а также большей термостойкостью по сравнению с токовводами с пластмассовыми изоляторами. Процесс герметизации такой конструкции может быть произведен и на основе использования таких же полимерных материалов, однако способы повысить эффективность использования таких материалов постоянно совершенствуются.

Например, в работе [9] предлагается применение галогеносодержащих эластомеров, которые повышают адгезию и газонепроницаемость. Компенсацию неточности изготовления поверхностей сопряжения и обеспечение высокой прочности их соединения позволяет использование специальных синтетических клеев [10]. Так, клеи и покрытия, созданные на базе фенолформальдегидных смол, обеспечивают хорошие результаты при склеивании

и защите металлических поверхностей, подвергающихся воздействию высоких температур и повышенной влажности [11].

При не самых высоких требованиях к характеристикам токоввода существует экономическая целесообразность использования конструкции, отображенной на рис. 2. Такое конструктивное решение предполагает пропитку полимерной композицией ситалла и его сопряженных стальных и медных поверхностей с последующим, в случае необходимости, горячим отверждением, что делает схему сборки простой и доступной.

Целесообразность использования стекла возникает в случае повышенных технических требований в части обеспечения термостойкости и влагонепроницаемости к токовводу, что предопределило необходимость отработки технологии его герметизации. Исходный состав стеклянной массы представлен в табл. 2.

Таблица 2. Исходный массовый состав припоечного стекла

Компонент	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Массовая доля, %	28,7	14,3	14,0	2,0	14,5	16,5
Компонент	Li <sub>2</sub> O	BaO	CdO	MgO	ZnO	
Массовая доля, %	2,0	1,0	4,0	2,0	1,0	

При дополнительном вводе в исходный состав припоечного стекла некоторых компонентов можно улучшить его адгезионные свойства. Возможные составы исследуемых припоечных стекол представлены в табл. 3.

Таблица 3. Составы исследуемых припоечных стекол

Компонент	Вариант состава					
	1	2	3	4	5	6
	Массовая доля, %					
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	17,0	27,0	–	37,0	37,0
CoO	–	1,0	1,0	2,0	–	2,0

Процесс варки припоечного стекла продолжительностью один час осуществлялся в кварцевых тиглях размещенных в мазутной печи, температура в которой поддерживалась равной 1 200 °С. По окончании процесса варки производился отжиг шести изготовленных образцов продолжительностью 2 ч при температуре 400 °С. Результаты, полученные в ходе проведения испытаний изготовленных образцов припоечного стекла, представлены на рис. 3.

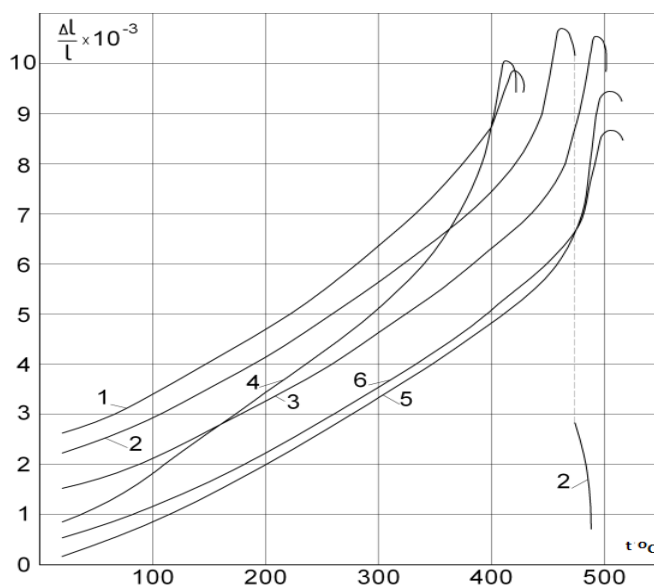


Рис. 3. Дилатометрические кривые

На рис. 3 цифры у кривых соответствуют варианту состава, представленного в табл. 3.

Построение dilatометрических кривых и их последующая обработка позволила определить основные характеристики исследуемых образцов припоечного стекла, которые представлены в табл. 4.

Таблица 4. Свойства исследованных образцов припоечного стекла

Вариант состава	$\alpha_{100-300} \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$t_g, \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{н.д.}, \text{ } ^\circ\text{C}$
1	162	400	435
2	135	425	465
3	125	445	490
4	161	378	425
5	121	450	493
6	117	450	493

где  $\alpha_{100-300}$  – ТКЛР исследованных образцов припоечного стекла в интервале температур  $100 \div 300 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $t_g$  – температура стеклования;  $t_{н.д.}$  – температура начала деформации.

Полученные результаты позволили отработать технологию спаивания конструктивных элементов токоввода:

– производится очистка поверхности токопроводящего стержня, а так же поверхностей втулок 2 и 3 (рис. 2);

– осуществляется заливка шликера в свободное пространство токоввода;

– производится выдержка полученной конструкции в печи при температуре  $780 \text{ } ^\circ\text{C}$  на протяжении 25 мин;

– осуществляется отжиг при температуре  $400 \text{ } ^\circ\text{C}$  на протяжении двух часов;

– происходит медленное естественное охлаждение до температуры воздуха в производственном помещении.

В связи с тем, что для стекла сопротивление растяжению значительно меньше его сопротивления сжатию, оценка работоспособности изделий, которые содержат стекло-металлические спаи производилась на основе результатов испытания таких спаев на растяжение, для чего была изготовлена оснастка, представленная на рис. 4.

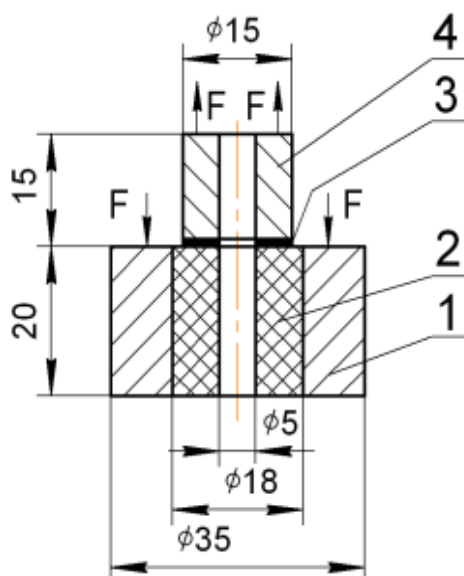


Рис. 4. Приспособление для испытаний стекло-металлического спая на растяжение: 1 – втулка из стали; 2 – специальная втулка из стали;

3 – припоечное стекло; 4 – специальная втулка из стали; F – приложенные к образцу силы

В результате проведения испытаний на отрыв втулки 2 от втулки 4 было установлено, что наибольшую эффективность обеспечивает применение припоечного состава варианта № 3, при котором прочность спая достигает 5,6 МПа. Высокая работоспособность предлагаемой конструкции токоввода в условиях пожара подтверждается полученными результатами на прочность при растяжении, в то время как ситаллы и припоечные стекла подвергаются в рабочем режиме только напряжениям сдвига или сжатия. Оптимальный вариант состава № 3 объясняется согласованностью теплового расширения спая, поскольку процесс теплового расширения сжатого стальной втулкой ситалла усредняется между расширением стали и находящегося в недеформированном состоянии ситалла ( $\text{ТКЛР } \alpha_{100-300} = 125 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

Таким образом, проведение экспериментальных работ позволили разработать технологию сборки токоввода с изолятором из ситалла. Предложены и практически реализованы две технологии процесса герметизации токоввода: пропитка полимерной композицией и герметизация при помощи припоечного стекла специально разработанного состава.

### **Литература**

1. Тепляков М.В., Хазиева М.Д. Гермоввод как элемент корабельной электроэнергетической системы // Новый университет. 2014. № 11. С. 37–42.
2. Тепляков М.В., Селиванов А.В., Хазиева М.Д. О расчете корабельных токовводов на устойчивость при пожаре // Приволжский научный вестник. 2014. № 5. С. 46–57.
3. Лазаревский Н.А., Тепляков М.В. Нормативные требования по величинам протечек для устройств уплотнения и результаты опытов с некоторыми уплотнительными материалами // Судостроение. 2013. № 3. С. 38–39.
4. Тепляков М.В. О применении электроосмоса при изготовлении и ремонте токовводов в судовом электромонтажном производстве // Судостроение. 2013. № 6. С. 80–84.
5. Ушаков Д.Ф. Основы технологии ситаллов: текст лекций. Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1985. 55 с.
6. Стнад З. Стеклокристаллические материалы. М.: Стройиздат, 1988. 256 с.
7. Кузьмин А.А., Яблокова М.А. Влияние режимов термообработки на свойства механически обрабатываемого слюдоситалла // Фундаментальные исследования. 2017. № 1. С. 79–85.
8. Общетехнический справочник / Е.А. Скороходов [и др.]. 4-е изд. испр. М.: Машиностроение, 1990. 496 с.
9. Защитные покрытия на основе синтетических каучуков / К.В. Сухарева [и др.]. // Пластические массы. 2015. № 11-12. С. 57–62.
10. Кравцова Е.А., Феськов С.А. Области применения клеящих веществ // Пластические массы. 2016. № 3-4. С. 51–53.
11. Амирсланова М.Н. Лакокрасочные и клеевые композиции на основе фенольных олигомеров // Пластические массы. 2014. № 11-12. С. 51–53.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ОГНЕТУШАЩЕГО ВЕЩЕСТВА НА НЕФТЕБАЗАХ АВИАПРЕДПРИЯТИЙ**

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

**И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;**

**С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлены обобщенные результаты исследований теплоизоляционных свойств и динамики прогрева гидрогелей для применения в качестве средств тепловой защиты.

Показаны преимущества их использования по сравнению с тушением пожара резервуара обычной водой.

*Ключевые слова:* пожар, нефтебаза, керосин, вода, гидрогель, карбопол, тепловая защита, динамика, переменный частотно-модулированный сигнал, ороситель, резервуар

## THE STUDY THE POSSIBILITY OF USING HYDROGELS AS THE EXTINGUISHING AGENT TANK FARMS AIRLINES

A. V. Ivanov; I. L. Skripnik; S. V. Voronin.

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

The present results of researches of heat-insulating properties and dynamics of heating of hydrogels for application as means of thermal protection. Advantages of their use in comparison with fire extinguishing of the tank by the water.

*Keywords:* fire, oil depot, kerosene, water, hydrogel, carbopol, thermal protection, dynamics, variable frequency-modulated signal, sprinkler, reservoir

Крупные пожары, аварии на авиапредприятиях довольно большая редкость, однако они приводят к большим человеческим потерям и материальному ущербу. При авариях на них выходит из строя система обеспечения аэропорта, что является причиной таких негативных последствий, как задержка рейсов, пожароопасные ситуации, возможный риск персонала предприятия.

Важным показателем, определяющим производственную опасность авиапредприятия, является оборот топлива и других горюче-смазочных материалов (ГСМ). Наиболее пожароопасными участками в системе авиапредприятий являются: резервуарный парк и участок топливозаправки, так как на них сосредоточено максимальное количество взрывопожароопасных веществ и материалов (керосин авиационный ТС-1, авиационные бензины различных марок).

Одним из факторов, осложняющих оперативную обстановку на пожарах авиапредприятий, является быстрое повышение температуры конструкций горящего резервуара, вследствие чего возможны разрушения соседних резервуаров, топливозаправочной техники (эффект домино) и дальнейшее распространение пожара.

Существует большое количество возможных сценариев развития взрывопожароопасных ситуаций в резервуарном парке и на участках топливозаправки. Образование горючей среды при нормальном режиме работы оборудования требует ограничить вероятность присутствия источников зажигания, использовать технические решения по ограничению распространения пожара, применять устройства тепловой защиты оборудования и людей на защищаемом объекте [1].

Система охлаждения крупных резервуаров состоит из колец орошения, через которые вода подается на охлаждение резервуаров с помощью стационарных насосных станций и передвижной пожарной техники. Данные системы противопожарной защиты характеризуются значительным расходом требуемого количества воды как основного охлаждающего вещества.

Вода является универсальным огнетушащим и охлаждающим веществом ввиду доступности, высокой теплоемкости и нейтральности к окружающей среде и объекту защиты. Вместе с тем при охлаждении резервуаров на пожаре существует необходимость обеспечить дополнительной тепловой защитой негорящие резервуары, а также снизить расход воды, особенно при повреждении систем наружного противопожарного водоснабжения [2].

Исходя из анализа требований к оснащению системой противопожарной защиты резервуарных парков и топливозаправочных систем авиапредприятий, составлены требования к установке тепловой защиты на объектах авиапредприятий.

Дренчерная автоматическая установка пожаротушения для локализации и тушения пожара должна обладать следующими свойствами: охлаждающего и теплоизолирующего (создание устойчивой и статичной структуры на поверхности) действия, возможностью подачи огнетушащего вещества от пожарной техники.

Для выполнения данных требований предложено использовать гидрогель на основе карбопола в качестве высокоэффективного охлаждающего, защитного вещества, для тепловой защиты, тушения пожара резервуаров с нефтепродуктами и электрофизический метод управления свойствами вещества в жидкой фазе.

Гидрогели получены на основе взаимодействия модифицированной воды и карбопола «ЕТД–2020». Перед приготовлением гидрогелей вода в течение 0,5 ч обрабатывается переменным частотно-модулированным сигналом (ПЧМС) [3]. Далее проводится смешивание обработанной воды и карбопола «ЕТД–2020» в количестве, приведенном в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные по подготовке образцов гидрогеля

№ образца	Навеска карбопола, г	Количество воды, г	Масс. % в смеси	Наличие воздействия ПЧМС с напряжением		
				0 В	56 В	112 В
1	2	1 000	0,20 %	+		
2	2	1 000	0,20 %		+	
3	2	1 000	0,20 %			+
4	2	400	0,50 %	+		
5	2	400	0,50 %		+	
6	2	400	0,50 %			+
7	4	400	1,00 %	+		
8	4	400	1,00 %		+	
9	4	400	1,00 %			+
10	0	1 000	0	+		
11	0	1 000	0		+	
12	0	1 000	0			+

Оценка теплоизоляционных свойств гидрогеля в результате непосредственного контакта пламени с металлической конструкцией представлена на рис. 1. В данных экспериментах на поверхность наносился защитный слой гидрогеля толщиной 3–4 мм. На обратной стороне металлической конструкции в течение 10 мин (среднее время полного разрушения металлической конструкции) проводилось измерение температуры гидрогеля и незащищенного металла.

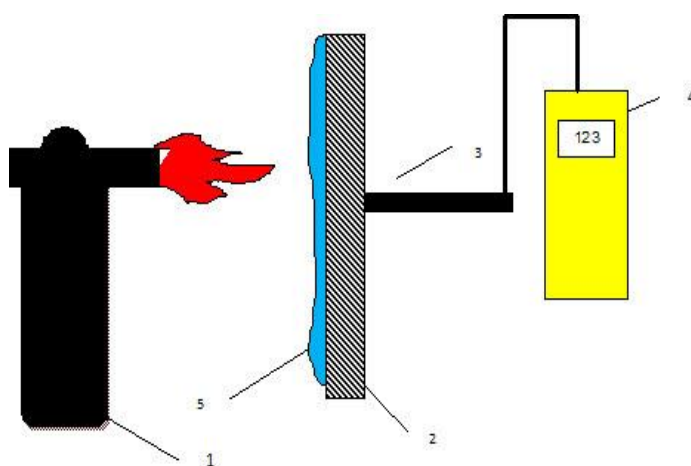


Рис. 1. Схема установки для оценки теплоизоляционных свойств гидрогеля:  
 1 – источник тепла; 2 – металлическая поверхность; 3 – термопара;  
 4 – цифровой мультиметр; 5 – огнезащитный слой (краска/гидрогель)



Результаты исследования теплоизоляционных свойств гидрогелей в качестве средства тепловой защиты приведены на рис. 2–4.

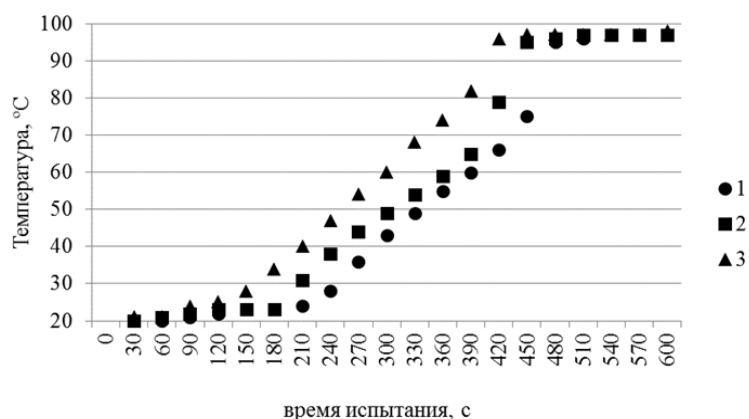


Рис. 2. Динамика прогрева гидрогеля, 0,2 масс. %:  
 1 – карбопол 0,2 масс. % (без поля); 2 – карбопол 0,2 масс. % (56 В);  
 3 – карбопол 0,2 масс. % (112 В)

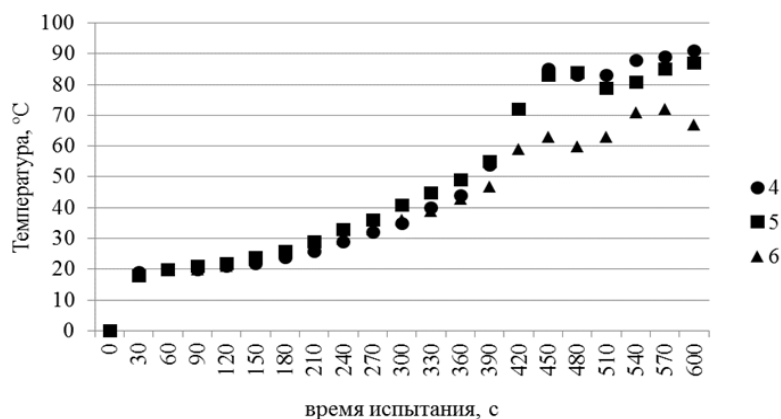


Рис. 3. Динамика прогрева гидрогеля, 0,5 масс. %:  
 4 – карбопол 0,5 масс. % (без поля); 5 – карбопол 0,5 масс. % (56 В);  
 6 – карбопол 0,5 масс. % (112 В)

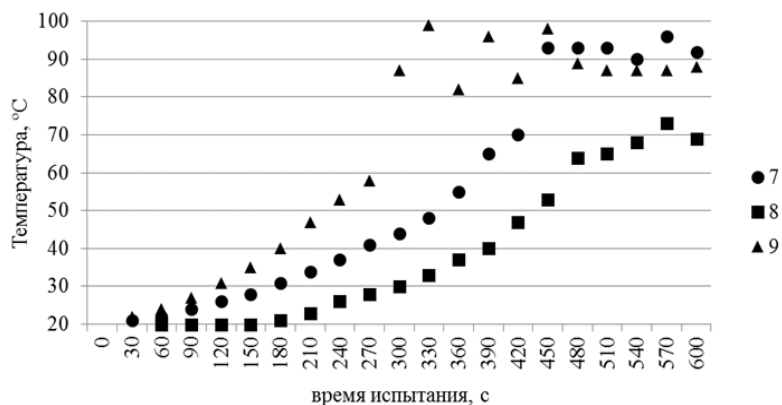


Рис. 4. Динамика прогрева гидрогеля, 1 масс. %:  
 7 – карбопол 1 масс. % (без поля); 8 – карбопол 1 масс. % (56 В);  
 9 – карбопол 1 масс. % (112 В)

Анализ экспериментов показал, что гидрогель прогревается до температуры 70 °С на основе карбопола:

- за 450 с без воздействия ПЧМС (рис. 2);
- за 540 с, обработанного ПЧМС с напряжением 112 В (рис. 3);
- за 570 с, обработанного ПЧМС с напряжением 56 В (рис. 4).

Поэтому можно сделать вывод, что наибольшей эффективностью тепловой защиты обладает гидрогель на основе карбопола 1,0 масс. %, обработанного ПЧМС с напряжением 56 В.

Нагрев в среде гидрогеля 1,0 масс. % до рассматриваемой температуры происходит в среднем в 2,7 раза медленнее, чем обычной воды.

В ходе испытаний по оценке защитных свойств исследуемых веществ показано, что металлические конструкции, покрытые гидрогелем, в результате воздействия на них открытого пламени с температурой 500–900 °С, прогреваются в среднем в 2,9 раз (рис. 5) и в 1,4 раза (рис. 6) медленнее, чем необработанные конструкции.

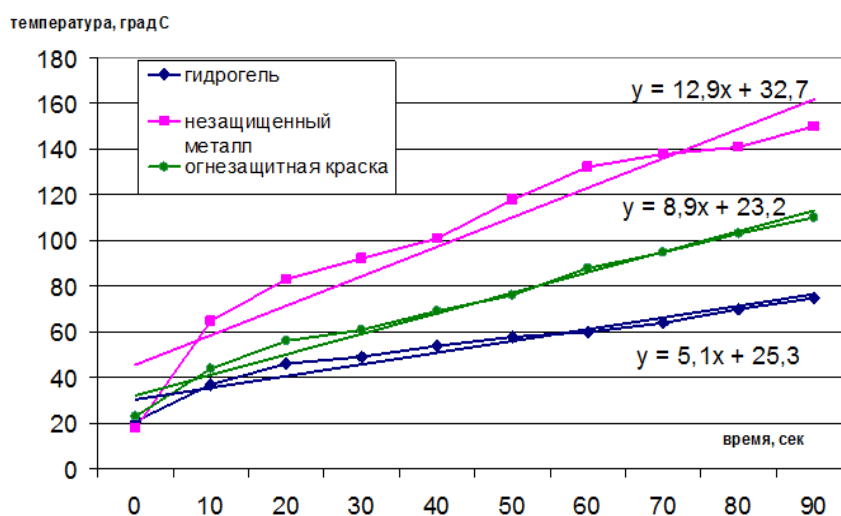


Рис. 5. Динамика прогрева металлической конструкции при температуре пламени 500 °С

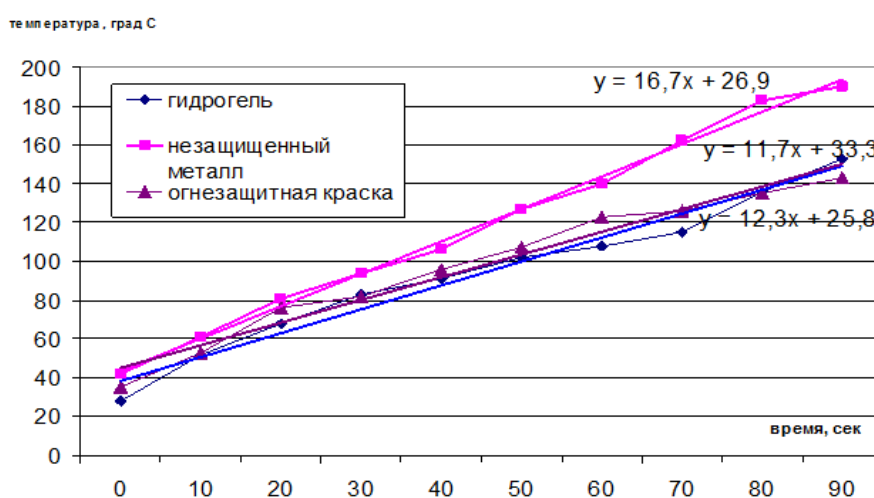


Рис. 6. Динамика прогрева металлической конструкции при температуре пламени 900 °С

Эксперименты по определению динамики разогрева авиационного керосина проводились при воздействии высоких температур с применением в качестве теплоизолирующей среды воды и гидрогеля на установке, представляющей из себя конструкцию «стакан в стакане» (рис. 7).

С помощью теплового электронагревателя (ТЭН) в течение 10 мин проводился подогрев внешней емкости с водой или гидрогелем. Во внутренней емкости наблюдалось изменение температуры керосина, регистрирующееся на цифровом мультиметре с помощью термопары.

Как и в первой серии испытаний, вода и гидрогель подвергались электрофизическому воздействию, в аналогичных условиях.

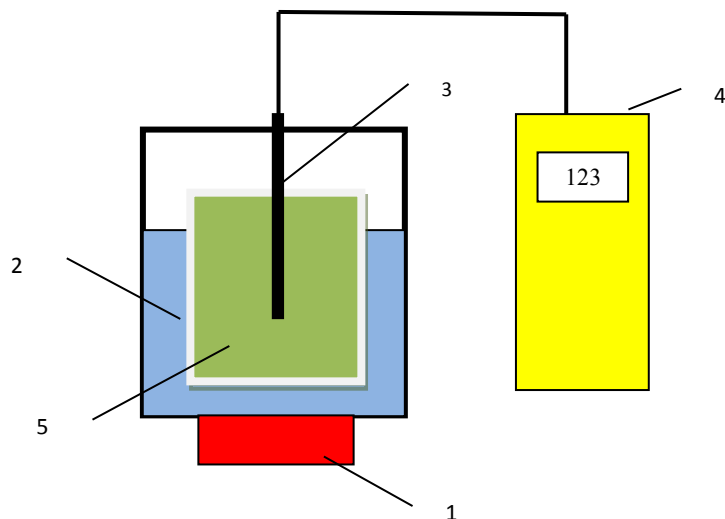


Рис. 7. Схема лабораторной установки по исследованию динамики разогрева авиационного керосина в конструкции «стакан в стакане»:

- 1 – ТЭН; 2 – емкость с водой или гидрогелем; 3 – термопара;  
4 – мультиметр цифровой; 5 – емкость с авиационным керосином

Результаты наблюдений за динамикой разогрева авиационного керосина приведены на рис. 8–11.

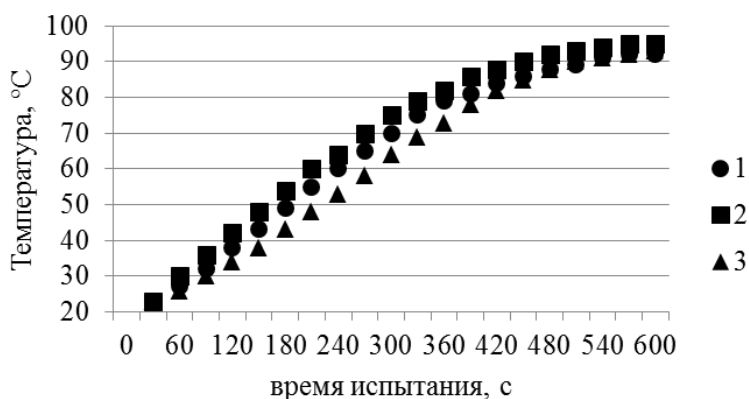


Рис. 8. Динамика прогрева авиационного керосина, в присутствии гидрогеля 0,2 масс. %:

- 1 – карбопол 0,2 масс. % (без поля); 2 – карбопол 0,2 масс. % (56 В);  
3 – карбопол 0,2 масс. % (112 В)

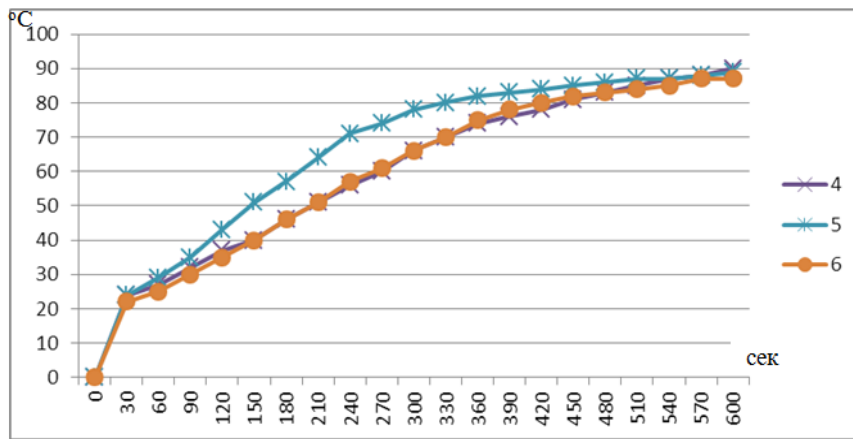


Рис. 9. Динамика прогрева авиационного керосина в присутствии гидрогеля 0,5 масс. %:  
 4 – карбопол 0,5 масс. % (без поля); 5 – карбопол 0,5 масс. % (56 В);  
 6 – карбопол 0,5 масс. % (112 В)

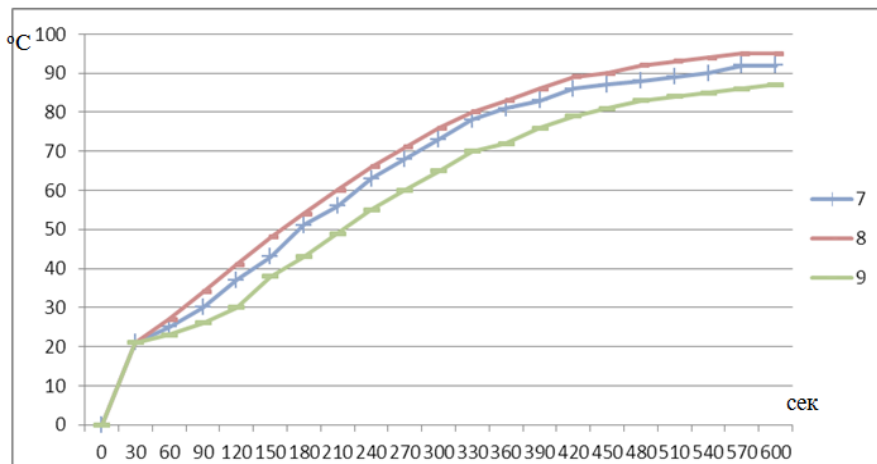


Рис. 10. Динамика прогрева авиационного керосина, в присутствии гидрогеля, 1 масс. %:  
 7 – карбопол 1 масс. % (без поля); 8 – карбопол 1 масс. % (56 В);  
 9 – карбопол 1 масс. % (112 В)

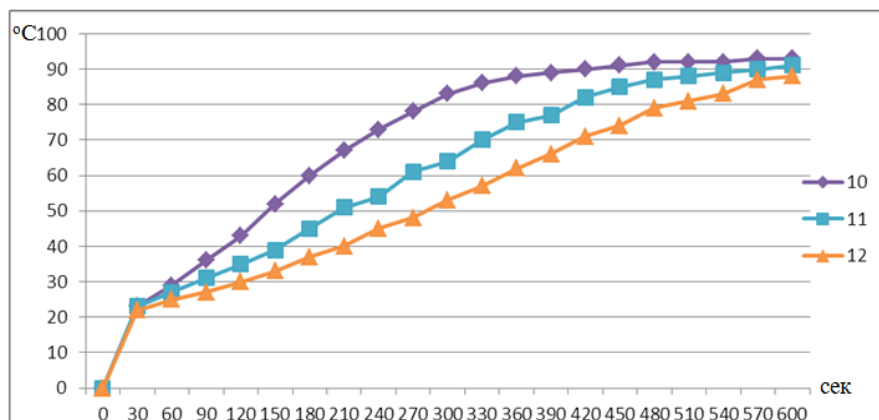


Рис. 11. Динамика прогрева авиационного керосина в присутствии воды:  
 10 – вода (без поля); 11 – вода (56 В); 12 – вода (112 В)

Анализ экспериментов показал, что керосин прогревается до температуры 70 °С, в присутствии:

- гидрогеля 0,2 масс. % за 360 с, обработанного ПЧМС с напряжением 112 В (рис. 8);
- гидрогеля 0,5 масс. % за 330 с, обработанного ПЧМС с напряжением 112 В (рис. 9);
- гидрогеля 1,0 масс. % за 330 с, обработанного ПЧМС с напряжением 112 В (рис. 10);
- воды за 420 с, обработанной ПЧМС с напряжением 112 В (рис. 11).

Поэтому можно сделать вывод, что наибольшей эффективностью тепловой защиты обладает гидрогель 0,2 масс. % и вода, обработанные ПЧМС с напряжением 112 В.

Нагрев керосина авиационного в среде гидрогеля 0,2 масс. % и воды до температуры 70 °С, обработанных ПЧМС с напряжением 112 В, происходит в среднем в 1,62 раза медленнее (1,5 для гидрогеля и 1,75 для обработанной воды), чем обычной воды.

Вода обладает значительно лучшей текучестью и поэтому требует большего расхода при охлаждении. Гидрогель на основе карбопола обладает такими свойствами, как хорошая теплоизолирующая способность, достаточно высокая теплоемкость и вязкость.

Данные свойства позволяют применить гидрогели в качестве охлаждающих защитных составов с высокими теплоизолирующими свойствами.

В табл. 2 и на рис. 12 показаны экспериментальные данные о вязкости гидрогеля при различной концентрации карбопола, в том числе, при обработке исходной воды ПЧМС.

Таблица 2. Вязкость гидрогеля при различных условиях

Концентрация карбопола масс. % в смеси	Динамическая вязкость, (на основе обычной воды), Па·с	Динамическая вязкость (ПЧМС), Па·с
0,2	$1,023 \cdot 10^{-3}$ (по Освальду)	$2,03 \cdot 10^{-3}$ (по Освальду)
1	$1,038 \cdot 10^{-3}$ (по Освальду)	0,03 (по Освальду)
2	6,7 (по Стоксу)	3,35 (по Стоксу)
3	66,58 (по Стоксу)	–
4	199,5 (по Стоксу)	–
6	242,4 (по Стоксу)	23,4 (по Стоксу)
8	331,5 (по Стоксу)	153,8 (по Стоксу)

Вязкость пресной воды при 20 °С составляет  $1,003 \cdot 10^{-3}$  Па·с, что вполне соизмеримо с вязкостью гидрогеля при содержании карбопола 0,2 масс. %. Исходя из вышеизложенного, сделано предположение о возможности использования 0,2 % гидрогеля в стандартных насосно-рукавных системах, применяемых при тушении пожаров.



Рис. 12. Сравнительная вязкость веществ системы охлаждения резервуаров

На рис. 13 приведена динамика прогрева воды и гидрогеля 0,2 масс. %. Проведен расчет величины интенсивности подачи воды и гидрогеля на охлаждение резервуаров. Расчет количества оросителей, требуемых для охлаждения горящего и соседних резервуаров при тушении водой и гидрогелями, показаны в табл. 3.

В отличие от традиционных материалов, гидрогель на основе карбополов является безопасным для окружающей среды, имеет простую технологию производства и может быть получен непосредственно в зоне чрезвычайной ситуации.

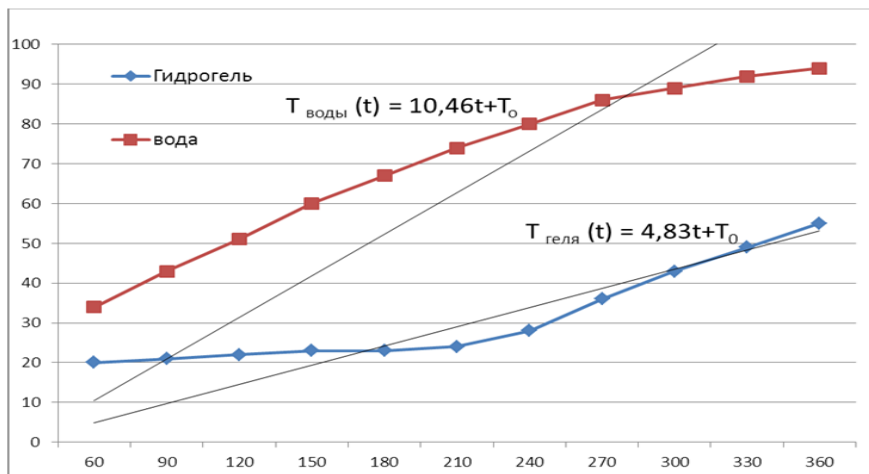


Рис. 13. Динамика прогрева воды и гидрогеля

Таблица 3. Количество оросителей для тушения пожара

№ п/п	Тип охлаждающего вещества	Количество оросителей для охлаждения горящего резервуара	Количество оросителей для охлаждения соседних резервуаров
1	Вода	25	12
2	Гидрогель 0,2 масс. %, обработанный ПЧМС	15	7
Общее количество оросителей		40	19

На основании проведенных исследований производится разработка установок тепловой защиты распыленными гидрогелями в качестве охлаждающего и теплоизолирующего вещества, что позволит снизить расход воды в два раза и увеличить огнестойкость резервуара более чем в три раза.

### Литература

1. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса / А.В. Иванов [и др.] // Вестник Уральского института ГПС МЧС России. 2018. № 2 (19). С. 98–109.
2. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материала // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 107–112.
3. Нейросетевое моделирование условий обеспечения электростатической искробезопасности процессов транспортировки модифицированных углеводородных жидкостей на основе экспериментальных данных / А.Ю. Сорокин [и др.] // Вестник Уральского института ГПС МЧС России. 2018. № 1 (18). С. 63–76.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Андреев Андрей Викторович** – дир. Высш. шк. техносф. безопасн. СПбПУ Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), тел. (812) 248-92-13, e-mail: andreev\_av@spbstu.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Акимова Александра Борисовна** – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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

**Астанков Алексей Михайлович** – нач. лаб. Воен. ин-та (науч.-исслед.) Воен.-космич. акад. им. А.Ф. Можайского (197082, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), astankovy@yandex.ru;

**Бесков Максим Сергеевич** – препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: bmsmchs@yandex.ru;

**Бокадаров Станислав Александрович** – науч. сотр. орг.-науч. и ред. отд. Воронежского ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1-а), e-mail: bokadarov.stas@inbox.ru, канд. техн. наук;

**Бызов Антон Прокопьевич** – доц. Высш. шк. техносф. безопасн. СПбПУ Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), тел. (812) 248-92-13, e-mail: byzov\_ar@spbstu.ru, канд. техн. наук;

**Вагин Александр Владимирович** – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-69-68, e-mail: alexwagin@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Васьков Виктор Тихонович** – нач. отд. деж. службы Аппарата Губернатора СПб (191060, Санкт-Петербург, ул. Смольного, д. 3), канд. техн. наук;

**Ветрова Юлия Владимировна** – доц. каф. «Защита в чрезвычайных ситуациях» Хим.-технол. ин-та Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46), e-mail: zchs-bstu@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Воднев Сергей Александрович** – науч. сотр. фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: vodnevsergei@bk.ru;

**Войтенок Олег Викторович** – нач. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**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.;

**Гавкалюк Богдан Васильевич** – нач. ГУ МЧС по Новгородской обл., доц. 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;

**Дементьев Федор Александрович** – доц. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Елисеев Юрий Николаевич** – вед. науч. сотр. отд. инструмент. методов и техн. ср-в экспертизы пожаров Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru, канд. техн. наук;

**Завьялов Дмитрий Евгеньевич** – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zavialov@igps.ru, канд. техн. наук;

**Захматов Владимир Дмитриевич** – ст. науч. сотр. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zet.pulse@gmail.com, менеджер по контролю чрезвычайных ситуаций, академик Междунар. Акад. наук экологии и безопасн. жизнедеятельности, д-р техн. наук, проф.;

**Иванов Алексей Владимирович** – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 645-20-25, e-mail: avivanov@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Калач Андрей Владимирович** – нач. каф. безопасн. информ. и защ. сведений, составляющих гос. тайну Воронеж. ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1-а), д-р хим. наук, проф.;

**Ковязина Ольга Евгеньевна** – студент 3 курса бакалавриата Высш. шк. техносфер. безопасн. СПбПУ Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: olya.kovязина.00@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;

**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;

**Кузьмин Анатолий Алексеевич** – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kaa47@mail.ru, канд. пед. наук, доц.;

**Кухарев Александр Александрович** – зам. нач. отд. эксперт. пожаров и орг. подгот. экспертов СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru;

**Королёв Олег Александрович** – науч. сотр. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: korolev@iptran.ru;

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

**Ложкин Владимир Николаевич** – проф. каф. пож. авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ, академик и лауреат НАНПБ;

**Ложкина Ольга Владимировна** – доц. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: olojkina@yandex.ru, канд. хим. наук, доц., д-р техн. наук;

**Лосев Михаил Александрович** – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105 Санкт-Петербург, Московский проспект 149), e-mail: losev181983@mail.ru;

**Матвеев Александр Владимирович** – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: fcvega\_10@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Моторыгин Юрий Дмитриевич** – проф. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

**Новиков Владислав Романович** – ст. препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: novikovvr@mail.ru;

**Онов Виталий Александрович** – нач. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: onov.va@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Османов Шамиль Абубакарович** – зам. нач. отд. планир., орг. и коорд. науч. исслед. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Османов Саид Абубакарович** – студент СПб гос. ун-та (Санкт-Петербург, Менделеевская линия, д. 2);

**Пелех Михаил Теодозиевич** – 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.;

**Потапенко Вячеслав Викторович** – нач. каф. пож. безопасн. Воен. ин-та (инж.-техн.). Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулёва МО РФ (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), e-mail: vatt-spb@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;



**Путилин Павел Александрович** – ст. препод. каф. систем. жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), канд. техн. наук;

**Рева Юрий Викторович** – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

**Савенкова Анастасия Евгеньевна** – препод. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: savenkova@igps.ru, канд. техн. наук;

**Савчук Олег Николаевич** – проф. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: savchuk.o@igps.ru, канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почетный проф. ун-та;

**Сай Василий Валерьевич** – нач. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sai1982@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Саркисов Сергей Владимирович** – нач. каф. сист. жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), д-р техн. наук, доц.;

**Седнев Владимир Анатольевич** – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почетный работник науки и техн. РФ, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. науки и техн., лауреат премии Прав-ва РФ в обл. образования РФ;

**Сергеенкова Надежда Александровна** – препод. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), канд. техн. наук;

**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.;

**Сорокин Александр Александрович** – адъюнкт Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22);

**Степанова Мария Николаевна** – доц., зав. лаб. Белгород. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46), канд. техн. наук;

**Сысоева Татьяна Павловна** – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru, канд. техн. наук;

**Таранцев Александр Алексеевич** – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149); зав. лаб. проблем безопасн. транспортных систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: t\_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

**Хакимов Руслан Рустамович** – зам. нач. СПТ ФГКУ «Специальное управление ФПС № 70 МЧС России» (468320, г. Байконур, ул. Титова, д. 7а), соискатель, e-mail: ruslan\_hakimov25@mail.ru;

**Шифф Виктор Куртович** – ст. науч. сотр. Воен. ин-та (науч.-исслед.) Воен.-космич. акад. им. А.Ф. Можайского (197082, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), e-mail: math@sutd.ru, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.;

**Шульженко Владимир Николаевич** – доц. каф. «Защита в чрезвычайных ситуациях» Белгородск. гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46), канд. техн. наук.

**Щербак Николай Владимирович** – вед. конструктор ООО «ЗОЛА» (198095, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, д. 19), тел. (812) 511-81-46, канд. техн. наук;

**Юнцова Ольга Семеновна** – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: uncova@igps.ru, канд. пед. наук, доц.

---

---

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

---

---

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

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

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

Начальник университета – генерал-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](http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm) (дата обращения: 15.12.2007).

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

## **7. Оформление раздела «Сведения об авторах»**

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

*Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.*

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

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



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

**Научно-аналитический журнал**

**Проблемы управления рисками в техносфере**  
**№ 2 (50) – 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 28.06.2019. Формат 60×84<sub>1/8</sub>.  
Усл.-печ. л. 21,00 Тираж 1000 экз. Зак. № 00

---

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