

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

**№ 3 (31) – 2019**

**Редакционный совет**

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

**Заместитель председателя** – доктор политических наук, кандидат исторических наук, доцент **Мусиенко Тамара Викторовна**, заместитель начальника университета по научной работе.

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

**Члены редакционного совета:**

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, директор Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова;

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

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

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

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

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства

Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного государственного заочного технического университета Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры горноспасательного дела и взрывобезопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

#### **Секретарь совета:**

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

### **Редакционная коллегия**

**Председатель** – подполковник внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

**Заместитель председателя** – майор внутренней службы **Алексеева Людмила Викторовна**, начальник отделения – главный редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

#### **Члены редакционной коллегии:**

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

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

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

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

кандидат педагогических наук, доцент **Подружкина Татьяна Александровна**, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий;

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

#### **Секретарь коллегии:**

капитан внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



## СОДЕРЖАНИЕ

### ***МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ***

Кеда Д.П., Зонов Г.С., Михайлов Р.Ю. Проблемные вопросы управления эвакуацией людей из торговых комплексов в современных условиях..... 5

### ***ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ***

Трубилко А.И., Трубилко Л.А. Простая модель короткого замыкания..... 10  
Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Тепломассоперенос на межфазной поверхности при охлаждении сферических резервуаров на пожаре..... 19  
Трофимец Е.Н., Туголуков Д.М., Эрлих Е.А. Оценка влияния теплового воздействия на боевую одежду пожарного..... 25  
Минкин Д.А., Крылов Д.А., Некрасов А.С. Исследование источников погрешности измерения теплофизических свойств конструкционных материалов методом регулярного режима..... 30

### ***ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ***

Кутузов В.В., Галямова Д.В., Нифталиев А.Л. Перспективы применения установок автоматического пожаротушения на автотранспорте..... 37  
Иванов А.Н., Уткин О.В., Викман А.В. Применение нечёткой логики для оценки вероятности выполнения пожарными извещателями функции основного назначения..... 42  
Медведева Л.В., Мусатов В.И., Макаручук Г.В. Организация системы очистки бытовых сточных вод базы обеспечения учебного процесса военного городка..... 48  
Исаев Х.М., Борисов В.Г., Неронов В.Е. Информирование и оповещение населения субъекта Российской Федерации..... 55

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

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)», без письменного разрешения редакции не допускается. Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

**ББК Ц.9.3.2**  
**УДК 504+614.8(051.2)**

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

**ISSN 2307-7476**

© Санкт-Петербургский университет Государственной  
противопожарной службы МЧС России, 2019

---

---

# МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

---

---

## ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ИЗ ТОРГОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Д.П. Кеда, кандидат технических наук, доцент;  
Г.С. Зонов;  
Р.Ю. Михайлов.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Статистические данные указывают на низкую эффективность применения автоматических систем пожаротушения и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на объектах защиты. Низкая эффективность применения автоматических систем пожаротушения и систем оповещения и эвакуации людей при пожаре зависит от характерных показателей работы в этом направлении органов государственного пожарного надзора. На эту проблему так же влияют недостатки в проектировании автоматических систем пожаротушения и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, обеспечение объемов и содержание организации эксплуатации. Такими же недостатками являются и часто не обновляемые требования к техническим характеристикам систем и оборудования автоматических систем пожаротушения и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Предложены пути реализации повышения эффективности применения автоматических систем пожаротушения и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе совершенствования и обновления нормативной и технической базы, проведения научно-исследовательской работы, реализация программ интеграции автоматических систем пожаротушения и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре с комплексными системами безопасности защищаемого объекта.

*Ключевые слова:* эффективность, показатели, требования, интеграция

## PROBLEM ISSUES OF MANAGING THE EVACUATION OF PEOPLE FROM TRADE COMPLEXES UNDER MODERN CONDITIONS

D.P. Keda; G.S. Zonov; R.Yu. Mikhailov.  
Saint-Petersburg university of State service of EMERCOM of Russia

Statistical data indicate the low efficiency of the use of automatic fire extinguishing systems and warning systems and evacuation of people in case of fire at the protection facilities. The low efficiency of the use of automatic fire extinguishing systems and warning systems and evacuation of people in case of fire depends on the characteristic performance indicators of the state fire supervision authorities in this direction. This problem is also affected by shortcomings in the design of automatic fire extinguishing systems and warning and evacuation systems in case of fire, the provision of volumes and maintenance of the organization of operation. The same disadvantages are often not updated requirements for the technical characteristics of systems and equipment

of automatic fire extinguishing systems and warning systems and evacuation of people in case of fire. Ways are proposed for improving the efficiency of the use of automatic fire extinguishing systems and warning and evacuation systems in case of fire based on improving and updating the regulatory and technical base, conducting research work, implementing integration programs for automatic fire extinguishing systems and warning and evacuation systems in case of fire with integrated systems security of the protected object.

*Keywords:* efficiency, indicators, requirements, integration

Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) должны обеспечивать эвакуацию людей в безопасную зону в условиях конкретного объекта за определённое время с учетом допустимого пожарного риска. В соответствии с действующими нормами в Российской Федерации системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и (или) гибели людей.

Перечень объектов, подлежащих оснащению СОУЭ и системами пожарной сигнализации, определен документами по пожарной безопасности [1–5].

Известно, что система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре – это комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенный для своевременного оповещения людей о возникновении пожара и путях эвакуации.

Количество гибели людей при пожарах в многофункциональных зданиях и зданиях повышенной этажности показывает, что объекты с массовым пребыванием людей являются потенциально опасными. Так, статистика и громкие события гибели людей за последние 18 лет в Российской Федерации показывает значимость управления эвакуацией людей на потенциально опасных объектах. Особенно важно выделить события, которые привели к гибели 156 чел. в 2009 г. в клубе «Хромая лошадь», 38 чел. в 2013 г. в Раменском Московской области (Психиатрическая больница), 64 чел. в 2018 году в г. Кемерово (торгово-развлекательный центр «Зимняя вишня») и т.д.

Опубликованные на портале Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), данные МЧС России о количестве пожаров в 2016 г. показывают, что их количество составило 139 793, при этом в Российской Федерации при пожарах погибло 8 760 и получили травмы 9 909 чел. В 2017, 2018 гг. количество пожаров, гибель людей и травмы значительно не сократились: пожары составили соответственно 133 077 и 132 074 чел., при этом в Российской Федерации при пожарах погибло 7 824 и 7 913 чел., получили травмы 9 361 и 9 650 чел. [6].

Известно, что эффективность СОУЭ полностью зависит от времени и достоверности обнаружения пожара системами автоматической пожарной сигнализации (АПС).

Оценка эффективности работы систем обнаружения пожара используется в расчётах для определения условной вероятности поражения человека при его нахождении в  $i$ -м помещении при реализации  $j$ -го сценария пожара [2].

Условная вероятность поражения человека при его нахождении в  $i$ -ом помещении при реализации  $j$ -го сценария пожара определяется выражением:

$$Q_{dij} = (1 - P_{эij})(1 - D_{ij}),$$

где  $P_{эij}$  – вероятность эвакуации людей, находящихся в  $i$ -м помещении здания, при реализации  $j$ -го сценария пожара;  $D_{ij}$  – вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей в  $i$ -м помещении при реализации  $j$ -го сценария пожара.

В Российской Федерации расчёты пожарных рисков и времени безопасной эвакуации людей при пожаре проводятся в соответствии с требованиями Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и Приказа МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики

определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». Однако следует отметить, что по экспертным оценкам фактическое время безопасной эвакуации людей, как правило, не будет соответствовать расчётным значениям. В проводимых расчётах принимается условие, при котором считается, что если объект оборудован АПС и СОУЭ в соответствии с действующими нормами [1, 3, 4], то вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей ( $D_{ij}$ ) будет равна не менее 0,9, то есть системы АПС и СОУЭ выполняют свои функции. Однако надо понимать, что в расчётах не учтены такие вопросы, как подготовка и квалификация персонала (человеческий фактор), проблемы организации технического обслуживания, отключение оборудования для текущего обслуживания и аварийного ремонта, ошибки в проектировании, монтаже, сбое программного обеспечения, промышленные помехи (ложные срабатывания) и ряд других причин. Приведённые выше обоснования показывают, что проведенные расчёты эффективности АСП и СОУЭ на объекте защиты не всегда и не в полном объеме будут соответствовать их фактическим показателям, которые зависят от существующих факторов, указанных выше.

Существует и ряд других причин низкой эффективности СОУЭ.

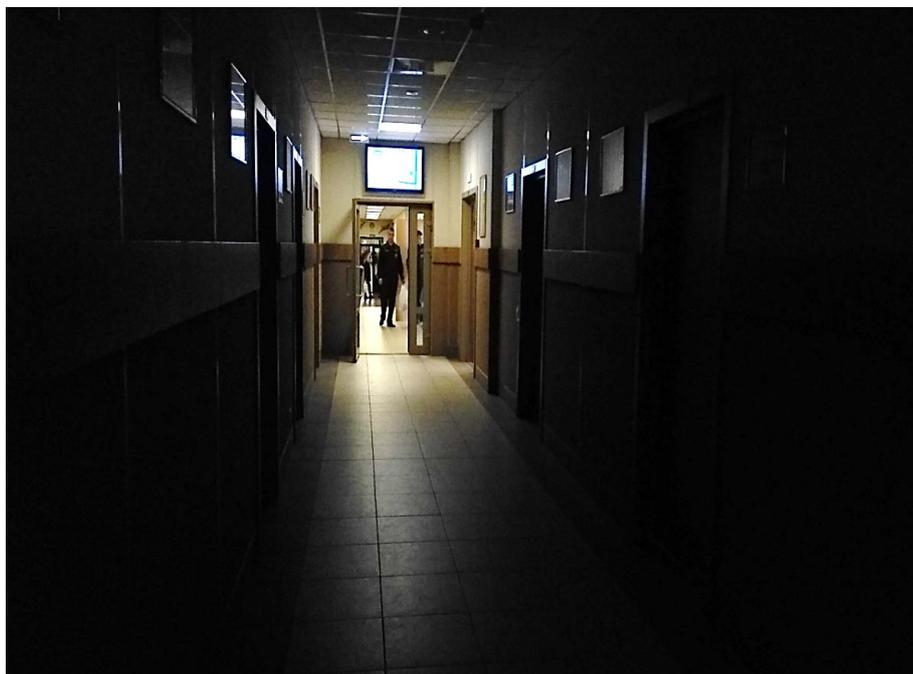
Так, изучив фотографию (рис. 1), можно оценить эффективность применения световых оповещателей «Выход» в современных торгово-развлекательных центрах.



Рис. 1. Размещение светового пожарного оповещателя «Выход» в торговом центре «Атмосфера» г. Санкт-Петербург

Из представленной фотографии видно, что с учётом геометрических размеров и излучающих световых характеристик рекламных панелей световой оповещатель в СОУЭ, установленный по действующим нормам, практически не виден даже в нормальном режиме освещения. В условиях задымления помещения он полностью потеряет свою функцию, так как излучающая способность рекламных панелей в разы больше, чем данного оповещателя.

На рис. 2 представлен вариант размещения светового указателя направления движения людей при эвакуации рядом с информационным монитором. В данном случае можно с большой долей вероятности утверждать, что в случае задымления на фоне информационного монитора световой указатель потеряет свои функции.



**Рис. 2. Размещение светового пожарного оповещателя «Направление движения» в административном здании**

Существующие нормы, определяющие расчёты эффективности систем АПС и СОУЭ, устарели и не соответствуют действительности.

В действующих нормах к техническим характеристикам световых оповещателей [3–5, 7] отсутствуют необходимые характеристики по их излучающей способности, что не позволяет оценивать их в сравнении с рекламными системами.

Действующие нормы по проектированию СОУЭ не учитывают особенности объемно-планировочных решений и размеров современных торговых центров, что приводит к ошибкам в проектировании и, как следствие, низкой эффективности СОУЭ.

В целях повышения эффективности применения СОУЭ многофункциональных зданий и торговых комплексов необходимо:

1. Совершенствовать системы сбора и анализа статистических данных по эффективности работы АПС и СОУЭ;
2. Активизировать научную работу по совершенствованию теории обнаружения пожара в зданиях и сооружениях;
3. Внести изменения в СП 3.13130.2009. по уточнению требований к размещению световых пожарных оповещателей и возможности их масштабирования (увеличения размеров) с учётом размеров и других особенностей помещений;
4. Внести в ГОСТ Р 53325-2012 изменение требований к характеристикам световых пожарных оповещателей по их излучающей способности;
5. Провести исследования интегрирования систем АПС и СОУЭ с комплексной системой безопасности и видеонаблюдения;
6. Провести исследования возможности интеграции рекламного оборудования и задач АПС и СОУЭ.

## Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
3. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения: 21.08.2019).
4. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изм. и доп.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения: 21.08.2019).
5. ГОСТ Р 53325–2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102066> (дата обращения: 21.08.2019).
6. МЧС назвало число погибших при пожарах в 2018 году россиян // Официальный сайт РБК. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5cb5bd6f9a7947238b877970> (дата обращения: 21.08.2019).
7. ГОСТ Р 12.4.026–2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136061> (дата обращения: 21.08.2019).



---

---

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

---

## ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

**А.И. Трубилко, кандидат физико-математических наук, доцент.**

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

**Л.А. Трубилко.**

**ГБОУ СОШ № 80 Петроградского района Санкт-Петербурга**

Продемонстрирована возможность описания явления короткого замыкания с помощью модели, основанной на энергетических соотношениях для электрического тока.

*Ключевые слова:* безопасность жизнедеятельности, задачи механики, короткое замыкание

## SIMPLE MODEL FOR SHORT CIRCUIT

A.I. Trubilko.

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

L.A. Trubilko.

Secondary school No. 80 of the Petrograd district of Saint-Petersburg

The possibility of describing the short-circuit phenomenon using a model based on the energy relations for the electric current is demonstrated.

*Keywords:* life safety, mechanics problems, short circuit

В статье продолжается обсуждение проблем, связанных с безопасностью жизнедеятельности, с которыми люди сталкиваются довольно часто в повседневной жизни, но не задумываются о причинах, их порождающих, а тем более о возможности их простого объяснения. Для анализа таких сложных явлений и процессов люди стараются выбирать простые физические ситуации, для разрешения которых не требуется знаний, выходящих за пределы общего курса физики.

В рамках этой парадигмы в работах [1, 2] авторы рассмотрели ряд вопросов безопасности жизнедеятельности на примерах механического движения систем, которые пояснены решением простых задач. В этих работах авторы продемонстрировали факт того, что сложные явления и процессы в ряде обстоятельств без ограничения общности можно рассматривать как простые механические модели, в которых обсуждаются только главные факторы. В частности, было заострено внимание на вопросах безопасности при проведении высотных работ посредством лестниц, рассмотрены некоторые вопросы безопасности дорожного движения. Доступная демонстрация такого рода явлений и применение законов классической механики для их обсуждения, по мнению авторов, безусловно, способствуют их явному пониманию и формированию грамотности и исследовательской направленности будущих специалистов. В работе [3] авторы, следуя представленному рассмотрению, продемонстрировали возможность обсуждения такого сложного и пожароопасного явления,

как электростатический разряд. Это явление моделировалось простым соединением проводником двух электрически заряженных тел. В рамках такой модели удастся оценить значение величины энергии разряда, сравнение которой с энергией воспламенения (энергией зажигания смеси) может свидетельствовать о пожарной опасности обстановки. К сожалению, формат цитируемой статьи не смог вместить в себя такое важное явление, как короткое замыкание в электрической цепи. Именно поэтому авторы решили вернуться к вопросу описания явления электрического разряда и дают возможную интерпретацию этому явлению в рамках представленной работы.

Следует подчеркнуть и выделить тот факт, что именно это явление является основным при установлении источника пожаров при возгорании электропроводки, где, как показывает статистика, происходит большая часть пожаров в бытовых и промышленных зданиях. Более того, именно возгорания по названной причине являются основными во многих торговых комплексах больших городов. Достаточно напомнить известные пожары только за прошлый год – в г. Кемерово в ТЦ «Зимняя вишня» с многочисленными жертвами, в г. Челябинске, в г. Новосибирске и др. Не вдаваясь в техническое содержание вопроса экспертизы пожаров [4], в этой статье авторы демонстрируют возможность описания явления в рамках модели, основанной на объективных физических законах и известных энергетических соотношениях для электрического тока. Поэтому основной целью данной работы является наглядное описание рассматриваемого явления посредством законов электродинамики, известных из общего курса физики.

Рассмотрение вопросов безопасности с помощью простых физических задач, обсуждение их постановки и возможного решения, на взгляд авторов, безусловно, служат доказательством тезиса: основой безопасности жизнедеятельности является соблюдение фундаментальных законов естествознания. А понимание и соблюдение объективных законов природы является решающим фактором для обеспечения безопасности в любой сфере жизнедеятельности человека.

### Основные физические понятия и соотношения

Прежде чем обсуждать явление короткого замыкания в электрической цепи, нам необходимо напомнить ряд важных физических понятий и соотношений, вводимых в курсе общей физики.

Электрическим током называется направленное движение свободных носителей (электрических зарядов). Из этого определения следуют два условия существования электрического тока. Во-первых, в проводнике (проводящей среде) должны существовать свободные носители. Во-вторых, направленное движение электрических зарядов может быть обусловлено существованием между двумя точками проводника разности потенциалов (напряжения)  $U$ , а, следовательно, существованием в проводнике электрического поля. Электрический ток называется постоянным, если свободные носители двигаются в проводнике (в системе отсчета связанной с проводником) с постоянной скоростью  $\vec{v} = const$ , а сам электрический ток описывается двумя характеристиками – векторной (плотность тока  $\vec{j}$ ) и скалярной (сила тока  $I$ ).

Плотность электрического тока – векторная величина, равная произведению величины заряда частиц на плотность тока частиц:

$$\vec{j} = q_- n_- \vec{v}_- + q_+ n_+ \vec{v}_+.$$

В данном определении учтен тот факт, что в общем случае могут присутствовать как положительно, так и отрицательно заряженные частицы, которые движутся в противоположных друг другу направлениях.

Силой тока называется скалярная физическая величина, равная количеству заряда, протекающему за единицу времени через поперечное сечение проводника:

$$I = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{s}.$$

Иными словами сила тока – это поток плотности тока. Интегрирование здесь производится по поверхности  $S$  сечения проводника, которая не является замкнутой. Часто используется иная математическая формулировка определения силы тока:

$$I = \frac{dq}{dt},$$

где  $q$  – полный заряд, прошедший через площадь поверхности за единицу времени.

Из фундаментального закона сохранения заряда вытекает, что сила тока, протекающего через поперечные сечения проводника, остается постоянной.

Пусть имеется однородный проводник постоянного сечения цилиндрической формы. Приложим к его основаниям разность потенциалов, тогда внутри проводника возникает постоянное однородное электрическое поле и по этому проводнику потечет постоянный ток. Сила тока  $I$  в проводнике, приложенная к нему разность потенциалов или напряжение на его концах  $U$  и сопротивление проводника  $R$  оказываются связанными законом Ома для участка цепи, который в интегральной форме имеет известный вид:

$$I = \frac{U}{R},$$

где  $R = \rho \frac{\ell}{S}$ , где  $\rho$  – удельное сопротивление проводника цилиндрической формы длиной  $\ell$  и площадью сечения  $S$ .

Протекание тока прекратится после выравнивания потенциалов на концах проводника, так как перенос зарядов возможен только при наличии разности потенциалов. Следовательно, для поддержания постоянного тока необходимо обеспечить постоянство разности потенциалов на концах проводника. Поэтому для поддержания разности потенциалов нужно от конца проводника с меньшим потенциалом непрерывно отводить заряды, а к противоположному концу непрерывно их подводить. Это можно сделать только с помощью сил неэлектрического происхождения. Их называют сторонними силами, они могут иметь совершенно разную природу. Внешний источник тока, обеспечивающий постоянство разности потенциалов на концах проводника, характеризуется электродвижущей силой (Э.Д.С.)  $\mathcal{E}$ . Последняя определяется отношением работы, совершаемой сторонними силами, при перемещении заряда по замкнутому контуру к величине этого заряда. Для полной электрической цепи, содержащей внешний источник с внутренним сопротивлением  $r$  и внешний участок цепи с сопротивлением  $R$ , следует закон Ома для полной цепи – сила тока в цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе и обратно пропорциональна общему сопротивлению цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}. \quad (1)$$

При протекании тока через активное сопротивление  $R$ , за малый промежуток времени  $dt$ , на нем выделяется некоторое количество теплоты  $dQ$  или энергия  $dW$ , которую можно определить, исходя из закона Джоуля-Ленца:

$$dQ = dW = I^2 R dt \quad (2)$$

Скорость выделения такой теплоты характеризует мгновенную мощность тока:

$$P_0 = \frac{dQ}{dt} = I^2 R \quad (3)$$

Естественно, если необходимо определить количество тепла, выделяющегося за некоторый промежуток времени  $[0, T]$ , то необходимо проинтегрировать выражение (2):

$$Q = \int_0^T P_0 dt = \int_0^T dt I^2 R dt \quad (4)$$

### Энергетические соотношения в замкнутой цепи

Рассмотрим замкнутую электрическую цепь, представленную на рис. 1. Здесь внутренняя цепь состоит из источника Э.Д.С.  $\mathcal{E}$  и обладает внутренним сопротивлением с фиксированным значением  $r$ , а внешний участок цепи характеризуется активным сопротивлением  $R$ , значение которого можно менять в широких пределах от нуля до очень большой, формально бесконечной, величины.

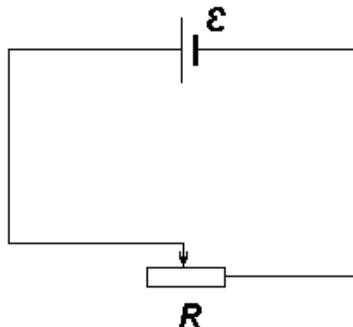


Рис. 1. Электрическая схема

При протекании тока источник Э.Д.С. совершает работу. Эта работа  $A$  называется полной работой источника. Работа по перемещению заряда во внешней цепи является полезной работой. В электротехнике принято использовать понятие мощности  $P$ , то есть работы, совершаемой в единицу времени. Так как при протекании постоянного тока в замкнутой цепи совершается работа по перемещению заряда внутри источника, то очевидно, что полезная мощность  $P_0$  всегда меньше затраченной мощности  $P$ . Поэтому используется понятие коэффициента полезного действия  $\eta$  (К.П.Д.) источника. Напомним, что коэффициент полезного действия – это отношение полезной работы к затраченной. Следовательно, для  $\eta$  имеет место соотношение:

$$\eta = \frac{P_0}{P}. \quad (5)$$

Для вычисления полной мощности  $P$  воспользуемся определением  $\mathcal{E}$ . За одну секунду переносится один Кулон заряда, поэтому:

$$P = \mathcal{E} I = \mathcal{E} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{\mathcal{E}^2}{R + r}.$$

Видно, что полная мощность имеет наибольшее значение при  $R = 0$  и монотонно убывает с ростом сопротивления внешней цепи (рис. 2).

Теперь получим зависимость полезной мощности от сопротивления внешней цепи. Для этого воспользуемся выражением (3) для мощности, выделяющейся на участке цепи. Тогда имеем:

$$P_0 = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2}{(R + r)^2} \cdot R.$$

Полезная мощность меняется сложным образом. Действительно, при  $R = 0$  величина  $P_0 = 0$ , как и при  $R = \infty$ . Так как при других значениях сопротивления нагрузки  $P_0 \neq 0$ , то очевидно, что значение полезной мощности при определенном значении  $R$  должно достигать максимального значения. Для нахождения этого значения продифференцируем это выражение по  $R$ . Экстремум, в данном случае максимум, определен условием  $\frac{dP_0}{dR} = 0$ .

Поэтому имеем:

$$\frac{dP_0}{dR} = \frac{\mathcal{E}^2}{(R + r)^2} \cdot \left(1 - \frac{2R}{R + r}\right) = 0.$$

Следовательно, максимальное значение  $P_0$  достигается при  $R = r$  и равно:

$$P_{0\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r}.$$

Найдем теперь зависимость К.П.Д. источника от значения сопротивления нагрузки:

$$\eta(R) = \frac{P_0}{P} = \frac{\mathcal{E}^2 \cdot R}{(R + r)^2} \cdot \frac{(R + r)}{\mathcal{E}^2},$$

$$\eta(R) = \frac{R}{R + r}.$$

Итак, полная мощность максимальна, когда нет нагрузки, а при увеличении сопротивления нагрузки полная мощность уменьшается. Полезная мощность максимальна, когда внешнее сопротивление равно внутреннему сопротивлению и КПД источника при этом составляет 50 % (рис. 2).

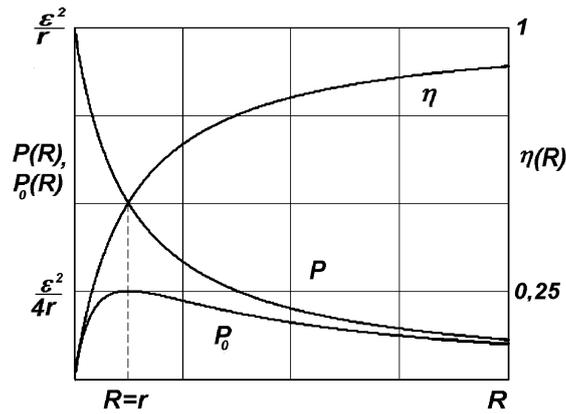


Рис. 2. Зависимости полной  $P(R)$  и полезной  $P_0(R)$  мощностей, выделяемой в замкнутой цепи постоянного тока в зависимости от внешнего сопротивления  $R$ . Также представлена зависимость КПД источника постоянного тока  $\eta(R)$  от величины внешнего сопротивления

Теперь проанализируем зависимости этих величин от величины силы тока в цепи. Выражение для полной и полезной мощностей имеет следующий вид:

$$P(I) = I\mathcal{E}, \quad P_0(I) = IU_R = I(\mathcal{E} - Ir).$$

Нетрудно убедиться, что максимальное значение полезной мощности достигается при значении силы тока  $I = \frac{\mathcal{E}}{2r}$ .

Зависимость КПД от силы тока определяется соотношением:

$$\eta(I) = \frac{P_0}{P} = 1 - \left( \frac{Ir}{\mathcal{E}} \right).$$

На рис. 3 представлены графики зависимости этих величин от силы тока.

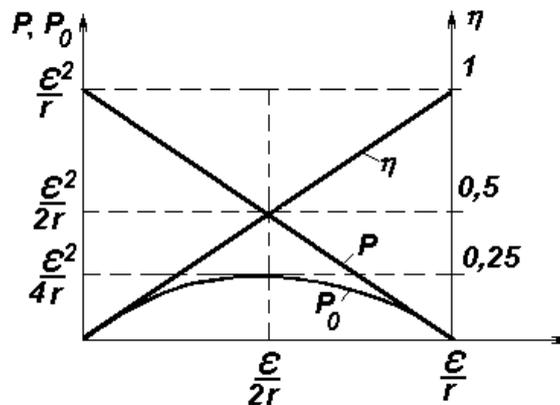


Рис. 3. Зависимости полной  $P(I)$  и полезной  $P_0(I)$  мощностей, выделяемой в замкнутой цепи постоянного тока в зависимости от величины силы тока в цепи  $I$ . Также представлена зависимость  $\eta(I)$  от величины силы тока в цепи

Отметим, что рассмотренная здесь задача может быть обсуждаема уже даже и в курсе безопасности жизнедеятельности для старшеклассников, подробный метод ее рассмотрения в этом случае приведен в [5].

### Описание явления короткого замыкания с помощью энергетических соотношений

Применим полученные соотношения к анализу процесса короткого замыкания, который является превалирующим при расследовании пожаров в электрических сетях. Естественно, что для возникновения пожара необходимо иметь источник энергии, которая выделяется в месте короткого замыкания. Формально при коротком замыкании сопротивление внешней цепи равно нулю и, следовательно, при нагрузке энергия не выделяется. Поэтому, на первый взгляд, странно, что место, где произошло короткое замыкание, может стать очагом возникновения пожара.

Однако не случайно мы определяем явление короткого замыкания как процесс. Постараемся его описать, используя энергетические соотношения. Пусть имеются два проводника с разными потенциалами, которые изначально не находятся в непосредственном контакте. Изначально сопротивление воздушного промежутка между проводниками очень велико, но все-таки имеет конечное значение. Конечность сопротивления объясняется тем, что в воздухе всегда присутствует некоторое количество свободных электронов. При сближении проводников напряженность поля в промежутке между ними возрастает. Это приводит к тому, что энергия свободных электронов увеличивается. При некотором расстоянии между проводниками напряженность поля достигает такого значения, при котором в промежутке происходит пробой газа или электрический разряд. Причиной этого является появление «быстрых» электронов, энергия которых достаточна для ионизации атомов. Напомним, что процесс ионизации это процесс отрыва электрона от атома в результате внешнего воздействия. В результате количество свободных электронов возрастает и тем самым уменьшается сопротивление искрового промежутка разряда. Процесс уменьшения сопротивления промежутка происходит очень быстро. Его характерное время зависит от многих факторов, которые здесь мы не конкретизируем. Однако, будем считать, что сопротивление промежутка меняется со временем по экспоненциальному закону:

$$R = R_{\infty} e^{-\alpha t},$$

где константа  $\alpha$ , имеющая размерность обратных секунд, определяет скорость уменьшения сопротивления. При атмосферном давлении, как показывает опыт, эта величина лежит в интервале:  $\alpha \approx (10^{-9} - 10^{-7}) \text{с}^{-1}$ , а величина  $R_{\infty}$  – начальное сопротивление промежутка. Эта простая модель изменения сопротивления промежутка в значительной степени отвечает реальной ситуации и удобна с математической точки зрения.

Таким образом, мы можем использовать полученные ранее соотношения применительно к процессу короткого замыкания. Сопротивление цепи в этом случае будет меняться во времени и определяется следующим соотношением:

$$R = R_0 + R_{\infty} e^{-\alpha t},$$

где  $R_0$  – сопротивление цепи без участка короткого замыкания. Ток в цепи из (1), очевидно, равен:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + R_{\infty} e^{-\alpha t}}.$$

Мощность (3), выделяющаяся на участке короткого замыкания, равна:

$$P_0 = I^2 R_\infty e^{-\alpha t} = \frac{\mathcal{E}^2 R_\infty e^{-\alpha t}}{(R_0 + R_\infty e^{-\alpha t})^2}.$$

Следовательно, энергия (4), выделяющаяся на этом участке, определяется теперь выражением:

$$W = \int_0^t \frac{\mathcal{E}^2 R_\infty e^{-\alpha t}}{(R_0 + R_\infty e^{-\alpha t})^2} \cdot dt.$$

Вычисление этого интеграла не представляет особых трудностей и поэтому мы приводим окончательный результат:

$$W = \frac{\mathcal{E}^2}{\alpha R_0} \cdot \frac{1 - e^{-\alpha t}}{1 + \frac{R_\infty}{R_0} e^{-\alpha t}}.$$

Проанализируем полученные выражения. Нетрудно увидеть, что мощность, выделяющаяся на участке короткого замыкания, достигает максимума в тот момент времени, когда  $R_\infty \cdot e^{-\alpha t^*} = R_0$ . Следовательно, максимальное значение мощности равно:

$$P_{\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4R_0}.$$

Момент времени, когда достигается это значение, определяется следующим соотношением:

$$t^* = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{R_\infty}{R_0}.$$

За это время на этом участке выделится половина энергии, которая выделилась бы за все время замыкания:

$$W^* = \frac{\mathcal{E}^2}{2\alpha R_0}.$$

Естественно, что полученные соотношения не описывают детали рассматриваемого процесса. Однако эти результаты имеют несомненную ценность, так как позволяют провести оценки параметров, характеризующих процесс короткого замыкания.

Оценим длительность процесса. При этом из-за логарифмической зависимости величины  $t^*$  от сопротивлений нет необходимости в точном знании этих величин. Для примера пусть отношение  $\frac{R_\infty}{R_0} = 10^{10} - 10^{12}$ . Тогда нетрудно убедиться, что время

$$t^* \approx (23 - 28) \frac{1}{\alpha}.$$

Теперь оценим максимальное значение энергии, которая выделяется на участке короткого замыкания за очень малое время. Может показаться, что эта величина мала. Однако важна не только величина, но и объем, в котором выделяется энергия. Опыт показывает, что при коротком замыкании эта энергия выделяется в очень малом объеме. Именно поэтому обычно в месте короткого замыкания происходят достаточно серьезные разрушения подводящих проводов. Возможность возникновения пожара, очаг которого находится в этом месте, зависит от очень многих факторов и, естественно, нет задачи их конкретизировать.

Наконец, оценим энергию, которая выделяется источником во всей электрической цепи. Для этого воспользуемся выражением для мощности источника и тогда имеем:

$$W_{\text{ист}} = \int_0^t \mathcal{E} I dt = \frac{\mathcal{E}^2}{R_0} \int_0^t \frac{dt}{\left(1 + \frac{R_\infty}{R_0} e^{-\alpha t}\right)}.$$

Вычисление этого интеграла приводит к следующему результату:

$$W_{\text{ист}} = \frac{\mathcal{E}^2}{R_0 \alpha} \cdot \ln \frac{R_\infty + R_0 e^{\alpha t}}{R_0 + R_\infty}.$$

Нетрудно убедиться, что  $W_{\text{ист}}$  увеличивается с течением времени, что вполне естественно. При этом, очевидно, что в любой момент времени эта величина больше энергии, выделяющейся в месте короткого замыкания. Поэтому часть энергии идет на нагрев подводящих проводов. При этом нагрев происходит с очень большой скоростью. Если не принять необходимых превентивных мер защиты, то неприятностей не удастся избежать. В качестве средств защиты в электрическую цепь последовательно включаются элементы, которые называются предохранителями. Важно, чтобы время срабатывания системы защиты было бы достаточно мало. В реальной ситуации оно отвечает значениям порядка  $(0,008 \div 0,005)$  с.

В действительности кроме короткого замыкания может иметь место и другая причина возникновения пожара. Эту ситуацию можно назвать неисправностью электропроводки. Часто в результате долгой эксплуатации в электрической цепи сопротивление некоторого участка начинает расти с течением времени. Естественно, это приводит к выделению энергии на неисправном участке. Подобную ситуацию можно смоделировать следующим образом: в начальный момент времени сопротивление участка очень мало, а с течением времени возрастает. В результате в течение некоторого времени на этом участке выделяется энергия, за счет чего происходит нагрев контактов в этом месте. Описать этот процесс намного сложнее, чем процесс короткого замыкания. Это связано с тем, что скорость протекания многих процессов сравнима со скоростью нагрева неисправного участка и возникает необходимость учета многих процессов потери энергии.

В этой работе на основе энергетических соотношений, отвечающих условиям протекания постоянного тока в замкнутой цепи, следующих из известных простых законов электродинамики, авторы представили простую модель явления короткого замыкания, являющегося одним из наиболее распространенных причин пожаров из-за электропроводки. В рамках этой модели авторы оценили характеристики процесса, в частности время достижения его максимальной выделяемой мощности. Значение этого времени дает оценку величины времени срабатывания системы защиты цепи, которое оказывается близким к встречающимся в реальности. Это обстоятельство, по мнению авторов, безусловно может служить одним из факторов справедливости представленной модели. В заключение отметим, что эта статья использует материалы авторских оригинальных задач из учебного пособия «Курс общей физики» [6].

## **Литература**

1. Трубилко А.И. Некоторые вопросы безопасности в простых задачах механики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2018. № 2 (26). С. 30–41.
2. Трубилко А.И. Безопасность движения с точки зрения задач механики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 3 (23). С. 34–46.
3. Трубилко А.И., Трубилко Л.А.. Пожарная безопасность в некоторых задачах электростатики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2018. № 2 (26). С. 30–41.
4. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров. М.: ВНИИПО, 2002. 329 с.
5. Бутиков Е.И., Быков А.А., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах. М.: Наука, 1979. 464 с.
6. Скребов В.Н., Трубилко А.И. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2011. Т. 2. 304 с.

## **ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС НА МЕЖФАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ СФЕРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ПОЖАРЕ**

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

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

**А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Исследован механизм процесса охлаждения поверхности сферических резервуаров в условиях пожара. Предложены определенные допущения корректности физической модели в математическом описании процесса охлаждения поверхности сферического резервуара. Произведена оценка методики расчета формы стационарной осесимметричной межфазной поверхности с учетом особенностей процессов тепло-массообмена на границе раздела фаз пар – жидкость при граничных условиях первого рода. Определено значение параметра неравновесности, при котором квазиравновесная схема на границе раздела фаз обеспечивает достаточную для инженерных расчетов точность.

*Ключевые слова:* сферический резервуар, межфазовая поверхность, паровая пленка, паровой канал, граница раздела фаз, кривизна поверхности раздела, пленочное кипение, неравновесные условия

## **HEAT AND MASS TRANSFER ON THE INTERFACIAL SURFACE BY COOLING OF SPHERICAL TANKS ON FIRE**

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.

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

The mechanism of the process of cooling the surface of spherical tanks in a fire. Certain assumptions of the correctness of the physical model in the mathematical description of the process of cooling the surface of a spherical tank are proposed. The estimation of the method of calculating the shape of the stationary axisymmetric interfacial surface taking into account the features

of the processes of templomassoperenosa at the interface of vapor – liquid at the boundary conditions of the first kind. The value of the nonequilibrium parameter at which the quasi-equilibrium scheme at the interface provides sufficient accuracy for engineering calculations is determined.

*Keywords:* spherical tank, interfacial surface, steam protector, steam channel, interface, curved surface section, film boiling, non-equilibrium conditions

Резервуары для хранения горючих жидкостей, прежде всего различных углеводородов, квалифицируются как промышленные сооружения с повышенной пожарной опасностью. Как правило, пожары на резервуарах с углеводородами развиваются достаточно сложно, процесс их ликвидации весьма трудоемок, в ходе таких пожаров наносится не только материальный, но и значительный экологический ущерб. При горении в резервуаре углеводородов даже на начальной стадии пожара характерно мощное тепловое излучение в окружающее пространство, а высота излучающей поверхности факела достигает 1–2 диаметров горящего резервуара [1].

Огнеустойчивость конструкции горящего резервуара определяется эффективностью процесса его охлаждения в ходе пожаротушения. Если охлаждение не было организовано должным образом, то стенка резервуара может деформироваться до уровня разлива горючей жидкости в ближайшие 5–15 мин после начала горения. Поэтому одной из первоочередных задач пожарного расчета в процессе тушения пожара в резервуаре типа РВС (резервуар вертикальный стальной) становится охлаждение наружной поверхности горящего резервуара, а также поверхностей соседних резервуаров на основе применения стационарных установок или, в крайнем случае, подачи водяных стволов [2].

Процесс охлаждения горящего резервуара необходимо обеспечить по всей его наружной поверхности. У соседних резервуаров охлаждается часть поверхности, которая обращена непосредственно на горящий резервуар по всей соответствующей полуокружности. Расход воды для охлаждения одного погонного метра по окружности резервуара типа РВС в диапазоне 0,2–0,3 л/с считается достаточным [3].

Первоочередными считаются действия, направленные на охлаждение наружных поверхностей горящего резервуара, при охлаждении соседних резервуаров необходимо учитывать направление ветра, а так же излучение тепловой энергии продуктами горения и наружной поверхностью горящего резервуара, для чего первые водяные стволы подаются на охлаждение наветренных и подветренных участков наружной поверхности резервуара. Если объем резервуара превышает 5 000 м<sup>3</sup>, то для процесса охлаждения целесообразно использовать лафетные стволы.

К настоящему времени разработаны подробные рекомендации по охлаждению резервуаров типа РВС, имеющих цилиндрическую форму, однако в современной практике все более распространенными становятся парки, состоящие из сферических (шаровых) резервуаров, что обусловлено увеличением оборота сжиженных природных газов (СПГ) [4].

Сферический резервуар обладает меньшей поверхностью по сравнению с цилиндрическим резервуаром такого же объема, благодаря чему при одном объеме бутана, а также его смеси, инертных газов, кислорода и воздуха есть возможность сократить затраты материала, чем, в свою очередь, сократить расходы на оборудование хранилища.

Именно благодаря сферической, а не цилиндрической форме, сферические резервуары имеют меньшую площадь поверхности, поэтому при одинаковом уровне внутреннего давления на единицу массы продукта, который хранится в нем, необходимо намного меньше металла. Элементы оболочек резервуаров выполняются на заводах из стали методом горячей или холодной штамповки, гидравлического раздува, холодным вальцеванием, взрывом и другими способами.

При объеме сферических резервуаров в диапазоне 250–55500 м<sup>3</sup> избыточное давление хранящегося СПГ зависит от конструкции и достигает значений 0,2–1,6 МПа. Наиболее сложными деталями конструкции являются лепестки двоякой кривизны, из которых

собирается оболочка сферического резервуара. Для оболочек резервуаров выбирают качественные стали с хорошей свариваемостью и высокими пластическими свойствами. Одностенные сферические резервуары полуизотермического типа изолируют слоем стекловаты или пенопласта. В отдельных случаях для теплоизоляции применяют отражательные конструкции, выполненные из алюминиевых чешуек, разделенных воздушным пространством, а также пенопластовые и ячеистые стеклоблоки. Влагоизоляция вспененных агентов обеспечивается за счет мастичного покрытия или покрытия синтетическими смолами посредством набрызга или налива с образованием монолитного слоя [5].

В процессе охлаждения поверхности сферического резервуара сильно нагретая поверхность взаимодействует с холодной водой. В этом случае процесс подвода теплоты от источника к поверхности раздела фаз происходит либо со стороны пара, либо со стороны жидкой фазы. Во втором случае происходит перегрев жидкости с последующим испарением, когда вся подводимая теплота от источника тепла расходуется на испарение жидкости при температуре выше температуры насыщения. Если паровая пленка отделяет поверхность жидкости от поверхности нагревателя, то тепловая энергия идет на нагрев жидкости с ее последующим испарением. При этом температура образовавшегося пара превысит температуру на поверхности раздела фаз, которая представляет собой сложную структуру, состоящую из тонких слоев. Для таких пограничных слоев характерно одновременное взаимодействие молекул вещества, находящихся в различных фазовых состояниях [6]. Особое место в решении задачи охлаждения поверхности сферического резервуара на пожаре занимает постановка граничных условий на межфазной поверхности. В методах механики сплошной среды на границе раздела фаз задается массовый поток, при этом в большинстве случаев принимается, что вся теплота затрачивается на испарение жидкости. В методах молекулярно-кинетической теории на границе раздела фаз задается функция распределения испарившихся молекул по величинам их скоростей, что дает возможность установить соотношение между тепловым потоком и температурой поверхности раздела фаз на линии насыщения по давлению.

Учет специфики протекания процессов тепломассопереноса в граничных условиях первого рода на границе раздела жидкость-пар позволяет определить форму межфазной поверхности, которая оказывается осесимметричной [7]. В результате проведения экспериментов по изучению локальных процессов установлено, что изменение режима кипения сопровождается предварительным нагревом полусферы до температур 300–700 °С, что вполне соответствует условиям пожара [8]. В процессе таких исследований подтверждена возможность нахождения в спокойном состоянии паровой пленки в течение времени от десятых долей секунды до нескольких минут. Схематично рабочий участок показан на рис. 1.

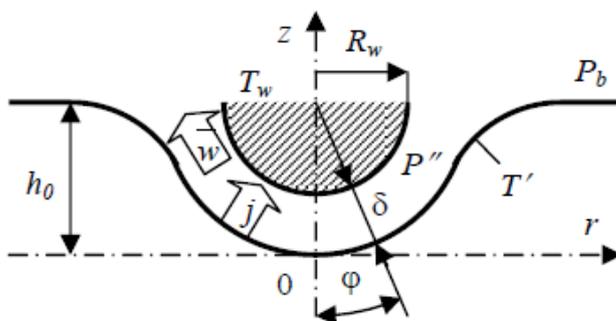


Рис. 1. Схематическое отображение рабочего участка двухфазной системы «охлаждающая вода – паровая пленка», где  $R_w$  – радиус сферического резервуара;  $r, \varphi, z$  – текущие координаты;  $\delta, w$  – толщина паровой пленки и скорость ее перемещения;  $h_0$  – вертикальное расстояние от зеркала охлаждающей воды до межфазной поверхности;  $j$  – плотность массового потока охлаждающей воды

Полное математическое описание представленной двухфазной системы включает в себя:

- систему уравнений сохранения для полубесконечного массива несжимаемой жидкости, то есть охлаждающей воды;
- систему уравнений сохранения для паровой пленки, движущейся в канале между проницаемой поверхностью «паровая пленка – вода» и наружной поверхностью резервуара с учетом теплообмена излучением;
- уравнение теплопроводности для материала стенки резервуара;
- соответствующие граничные условия.

Для математического описания процесса охлаждения поверхности сферического резервуара принимаются определенные допущения корректности физической модели:

- процессы тепломассопереноса в двухфазной системе «охлаждающая вода – паровая пленка» считаем квазистационарными, то есть скорость понижения температуры на наружной поверхности резервуара существенно меньше скорости перехода к стационарному состоянию системы, соответствующему величине температурного перепада  $\Delta T = T_w - T_f$  между температурами поверхности резервуара и охлаждающей воды;
- величина коэффициента конденсации на межфазной поверхности не превышает единицы;
- при постоянстве по сечению межфазной поверхности температуры  $T$  и доли теплового потока, расходуемого на испарение жидкости, величина давления насыщения  $P_s$  становится равной давлению жидкости над свободной поверхностью  $P_b$ ;
- характер течения пара считаем ламинарным;
- тепло в потоке пара в основном передается за счет теплопроводности, лучистой составляющей можно пренебречь;
- физические свойства воды и паровой пленки постоянны;
- скачки температуры на межфазных поверхностях «паровая пленка – вода» и «паровая пленка – поверхность резервуара» незначительны в сравнении с общим перепадом температур и этими скачками обычно пренебрегают;
- возможные колебания паровой пленки не рассматриваются.

Гидравлическое сопротивление парового канала определяется в первом приближении величиной перепада давлений насыщенного пара  $P_o''$  и давления над свободной поверхностью воды  $P_b$  для одномерного стационарного ламинарного нестabilизированного течения пара в пленке:

$$P_o'' - P_b = \int_j^{\pi/2} \frac{70 \cdot \rho'' \cdot w}{\delta^2} (R_w + \delta) \cdot d\varphi, \quad (1)$$

где  $\rho''$  – плотность сухого насыщенного пара.

Скорость течения пара  $w$  определяется массовым расходом вследствие испарения с поверхности и сечением паровой пленки, перпендикулярным направлению движения, которое представляет собой боковую поверхность усеченного конуса:

$$w(\varphi) = \frac{2 \cdot \int_0^\varphi j \cdot r \cdot (R_w + \delta)}{\rho'' \cdot (r \cdot (R_w + \delta) - R_w^2 \cdot \sin \varphi)} \cdot d\varphi. \quad (2)$$

На границе раздела фаз пар – жидкость записываются универсальные условия совместности [6]. Часть переносимого потоком  $j$  тепла затрачивается на испарение жидкости. Скорость движения жидкости к межфазной поверхности определяется массовым потоком пара. Давление пара связано с внешним следующим соотношением:

$$P'' = P_b + \rho' \cdot g \cdot (h_o - z) + 2 \cdot \sigma \cdot K - \frac{j^2}{\rho_s''}, \quad (3)$$

где  $\rho'$  – плотность воды на линии насыщения;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения воды;  $g$  – ускорение свободного падения.

Кривизну поверхности раздела фаз пар – жидкость  $K$  для осесимметричного случая можно описать уравнением:

$$K = \frac{1}{2 \cdot r} \cdot \frac{d}{dr} \left( \frac{r \cdot \frac{dz}{dr}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dr}\right)^2}} \right). \quad (4)$$

Для описания процессов теплопереноса на межфазной поверхности в [9] используется подход молекулярно-кинетической теории, в соответствии с которым неравновесное граничное условие имеет вид:

$$\frac{P'' - P_s(T')}{P_s(T')} = \frac{0,44 \cdot q_1}{P_s(T') \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot T'}} - \frac{1,2 \cdot \sqrt{\pi \cdot j}}{\rho_s'' \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot T'}}, \quad (5)$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T'$  – температура воды на линии насыщения.

Плотность теплового потока  $q$  через межфазную поверхность определяется теплопроводностью паровой пленки на сферической стенке резервуара:

$$q = \frac{\lambda'' \cdot (T_w - T') \cdot R_w}{\delta \cdot (\delta + R_w)}. \quad (6)$$

Таким образом, из уравнений (3), (5) и (6) при соблюдении условий  $P_s(T')=P_b$  и  $j=\gamma \cdot q/L$  следует:

$$\rho' \cdot g \cdot (h_o - z) + 2 \cdot \sigma \cdot K - \frac{\left(\frac{\gamma \cdot q}{L}\right)^2}{\rho_s''} = \frac{q}{\sqrt{2 \cdot R \cdot T'}} \cdot \left( 0,44 - \frac{1,2 \cdot \sqrt{\pi \cdot \gamma \cdot R \cdot T'}}{L} \right). \quad (7)$$

Уравнение (7) является решением дифференциального уравнения второго порядка при граничных условиях:  $z=0$ ;  $r=0$ ;  $dz/dr=0$ .

Численное решение системы интегральных и дифференциальных уравнений (1–7) с применением метода Рунге-Кутты приведено в [10]. Для этого уравнение (4) преобразуется к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Эта система определяет однопараметрическое (параметр – кривизна  $K_0$  в точке симметрии) семейство неравновесных поверхностей раздела фаз. В задачах гидростатики при задании граничных условий обычно задаются объем пузырька и величина контактного угла, в рассматриваемом случае интеграл

уравнения (7) должен удовлетворять условию выхода на свободную поверхность жидкости, то есть:  $z=0$ ;  $dz/dr=0$ .

В существенно неравновесных условиях характер поведения двухфазной системы определяется эффектами на межфазной поверхности. Для рассматриваемого случая помимо теплового потока на форму границы раздела фаз оказывает влияние поток массы при испарении жидкости. Расход пара увеличивается по мере приближения к свободной поверхности жидкости, тогда как гидростатический перепад уменьшается, а кривизна поверхности не только уменьшается, но и меняет знак, то есть поверхность раздела фаз пар – жидкость становится не вогнутой, а выпуклой.

На рис. 2 представлено соответствующее изменение толщины паровой пленки по ее сечению.

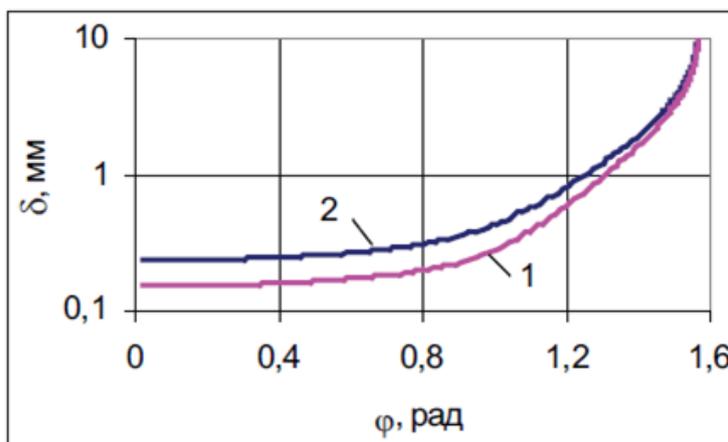


Рис. 2. Толщина паровой пленки: 1 –  $T_w=500$  °C; 2 –  $T_w = 700$  °C

С увеличением температуры наружной поверхности резервуара тепловой поток на межфазной поверхности увеличивается, также как и доля теплоты, затрачиваемая на испарение жидкости.

В [8] представлена оценка плотности второго критического теплового потока для воды, которая составляет  $3 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>. В лобовой точке межфазной поверхности при  $T_w=500$ °C тепловой поток составляет  $1,12 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2</sup>, а соответствующая величина коэффициента теплоотдачи 280 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Лучистая составляющая теплового потока от охлаждающей поверхности к межфазной поверхности  $1,92 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> не превышает 17,2 %. В результате расчета теплоотдачи при пленочном кипении на погруженных сферах по рекомендациям, предложенным в [10], получено значение 216 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Можно сделать вывод, подтверждаемый материалами из [5], что при значениях параметра неравновесности плотности теплового потока  $q$  меньших чем  $10^{-3}$ , квазиравновесная схема  $T''=T'=T_s(P'')$  на границе раздела фаз обеспечивает достаточную для инженерных расчетов точность.

### Литература

1. СНиП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы/ Госстрой России. - ГП ЦПП, 1993. 24 с.
2. Рекомендации по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. М.: ВНИИПО, 1991. 48 с.
3. Наставление по использованию передвижной пожарной техники для тушения пожаров горючих жидкостей в резервуарах подслоным способом. М.: ВНИИПО-ВИПТШ, 1995. 25 с.

4. Тушение нефти и нефтепродуктов: пособие / И.Ф. Безродный [и др.]. М.: ВНИИПО, 1996. 216 с.
5. Nishizaki T. Largest aboveground PC LNG Storage Tank in the World, incorporating the latest technology-construction cost reduction and shortening of work period by employing new construction methods.
6. Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. М.: Издательство МЭИ, 2000. 304 с.
7. Селянинова Ю.Ю., Крюков А.П. Определение формы осесимметричной межфазной поверхности в сильнонеравновесных условиях // Труды XV Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева «Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках». М.: Изд-во МЭИ, 2005. Т. 1. С. 272–275.
8. Поведение паровой пленки на сильно перегретой поверхности, погруженной в недогретую воду / В.С. Григорьев [и др.]. ТВТ. 2005. Т. 43. № 1. С. 100–114.
9. Муратова Т.М., Лабунцов Д.А. Кинетический анализ процессов испарения и конденсации // ТВТ. 1969. Т. 7. № 5. С. 959–967.
10. Аметистов Е.В., Клименко В.В., Павлов Ю.М. Кипение криогенных жидкостей. М.: Энергоатомиздат, 1995. 400 с.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БОЕВУЮ ОДЕЖДУ ПОЖАРНОГО**

**Е.Н. Трофимец, кандидат педагогических наук, доцент;**

**Д.М. Туголуков;**

**Е.А. Эрлих.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается воздействие теплового потока на боевую одежду пожарного. Исходя из полученных результатов, предложен математический аппарат, позволяющий выявить устойчивость определенного комплекса материалов к тепловому воздействию.

*Ключевые слова:* боевая одежда пожарного, уравнение Пуассона, устойчивость комплекса материалов

## **EVALUATION OF THE EFFECT OF THERMAL EXPOSURE ON THE FIGHTING GEAR FIRE**

**E.N. Trophimets; D.M. Tugolukov; E.A. Erlikh.**

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

Considering the effect of heat flow on firefighting clothing. On the basis of the results obtained, a mathematical apparatus has been proposed that makes it possible to reveal the stability of a certain complex of materials to thermal effects.

*Keywords:* firefighting clothing, Poisson's equation, stability of a complex of materials

К защитной спецодежде, с учетом специфики работы, предъявляются довольно жесткие требования. Особенно это касается используемых материалов и конструктивного исполнения.

Основная функция специальной защитной одежды пожарных – сопротивление воде и различным растворам, щелочам, кислотам, сильным тепловым потокам и низким температурам, продуктам нефтепереработки и т.д.

В зависимости от пожара, условий работ, воздействия различных опасных факторов пожара, вида решаемых экстренных задач, пожарные и спасатели используют следующие элементы защиты: боевую пожарную одежду, теплоотражающую одежду и различные костюмы теплозащитного типа, а также изолирующие защитные костюмы (рис. 1).

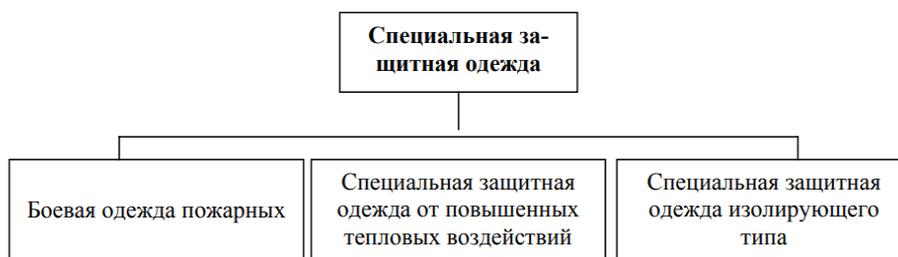


Рис. 1. Виды специализированной одежды пожарных

Первый вид специальной защитной одежды – боевая одежда пожарных (БОП), которую следует рассмотреть подробнее, так как этот вид является универсальным и наиболее используемым.

БОП – одежда, основное предназначение которой заключается в защите человека от многочисленных опасных факторов, возникающих при пожарах, аварийно-спасательных и других неотложных работах, а также вследствие плохих климатических условий (рис. 2).

БОП – самая распространенная, функциональная и универсальная индивидуальная защита пожарных и спасателей. Её предназначение состоит не только в тушении пожаров различной сложности, но и в проведении разнообразных аварийных и спасательных работ [1–5].

Если углубиться в историю создания и развития боевой одежды пожарного, то можно отметить, что изначально как в СССР, так и за рубежом БОП обычно изготавливалась из шерсти и хлопчатобумажной ткани, которые, в свою очередь, обрабатывали антипиреновыми составами. Правда такие экземпляры имели свои недостатки: низкий показатель термостойкости и довольно быстрая потеря различных огнезащитных свойств после чистки и стирки БОП (рис. 3).

БОП включает следующие компоненты:

- водостойкий слой;
- верхнее покрытие;
- съемная подкладочная ткань, предназначенная для теплоизоляции.



Рис. 2. Передний и задний вид БОП



Рис. 3. БОП для личного состава пожарной охраны (образец ТУ 17-08-249-86)

Верхнее покрытие БОП – это внешний слой боевой одежды пожарных. Этот материал одежды защищает пожарного от воздействия высоких температур окружающей среды, открытого пламени, потоков тепла, механических воздействий и других поражающих факторов.

Водозащитный слой БОП предназначен для защиты тела пожарного и съемной подкладочной ткани от проникновения воды, различных смесей, жидкостей и растворов. В любой модели БОП водостойкий слой используют совместно с верхним покрытием или подкладочной тканью. Данный компонент одежды пожарного основывается на применении специального пленочного полимерного покрытия, которое, в свою очередь, и обеспечивает влагостойкость.

Съемная подкладочная ткань БОП – это слой, отвечающий за теплопроводность (за её низкий показатель). Он защищает тело пожарного от теплового воздействия, которое передается с помощью конвекции, и других отрицательных воздействий среды.

Обычно БОП используется в комплекте со следующим снаряжением:

- противоударная каска (с забралом и без);
- индивидуальные средства защиты органов дыхания и зрения;
- различные элементы ПТВ (пожарно-техническое вооружение);
- переносная радиостанция;
- ремень (пояс спасателя);
- специальная защитная обувь и средства защиты рук.

В связи с большим количеством пожарно-тактических задач, связанных с деятельностью на разнообразных объектах, появилась срочная необходимость в БОП разных типов, которые классифицировались бы по эксплуатационным показателям, конструктивному исполнению и материалам.

В настоящее время существуют стандарты, определяющие требования к свойствам и характеристикам БОП. Для определения эффективности различных видов БОП проводятся испытания, по результатам которых осуществляется анализ и определяется оценка материалов, из которых она изготавливается.

Правильный выбор типа БОП играет большую роль, так как учитывает специфику деятельности личного состава и позволяет применять боевую одежду более эффективно. При этом верный подбор боевой одежды уменьшает возможность травматизма и гибели людей.

Однако в процессе эксплуатации БОП защитные свойства, указываемые производителем, не соответствуют действительным показателям, что приводит к травматизму и смерти пожарных и спасателей.

Во многих пожарно-спасательных формированиях осуществляется лишь визуальный осмотр, который не позволяет дать исчерпывающий ответ на вопрос о пригодности применения БОП. Для получения комплексных сведений необходимо прибегнуть к научному обоснованию, предположив некоторый процесс, наиболее близко описывающий влияние эксплуатационных факторов на изменение защитных свойств БОП.

Целью данной работы является системное изучение зависимости защитных свойств БОП от воздействия теплового потока, с которым сталкиваются пожарные и спасатели при выполнении должностных обязанностей.

В качестве объекта экспериментальных исследований использовался следующий пакет материалов: термостойкое синтетическое волокно «Арселон-С», которое имеет переплетение саржевого типа, поверхностную плотность  $223 \pm 11$  г/м<sup>2</sup> и мембранное покрытие  $130 \pm 30$  г/м<sup>2</sup>; полшерстяной ватин (холстопршивной) с поверхностной плотностью 235 г/м<sup>2</sup>; ткань хлопчатобумажную с поверхностной плотностью 140 г/м<sup>2</sup>.

Испытание происходило циклическим образом и состояло в выяснении степени воздействия теплового потока на компоненты БОП по отдельности, попарно и совместно. Данное испытание включало в себя: воздействие на материалы потока плотностью 5 000 Вт/м<sup>2</sup> в течение 4 мин и 40 000 Вт/м<sup>2</sup> в течение 5 с.

Обработка эмпирических данных проводилась в компьютерной системе MathCad [6, 7]. Воздействие теплового потока представлено на графике (рис. 4).

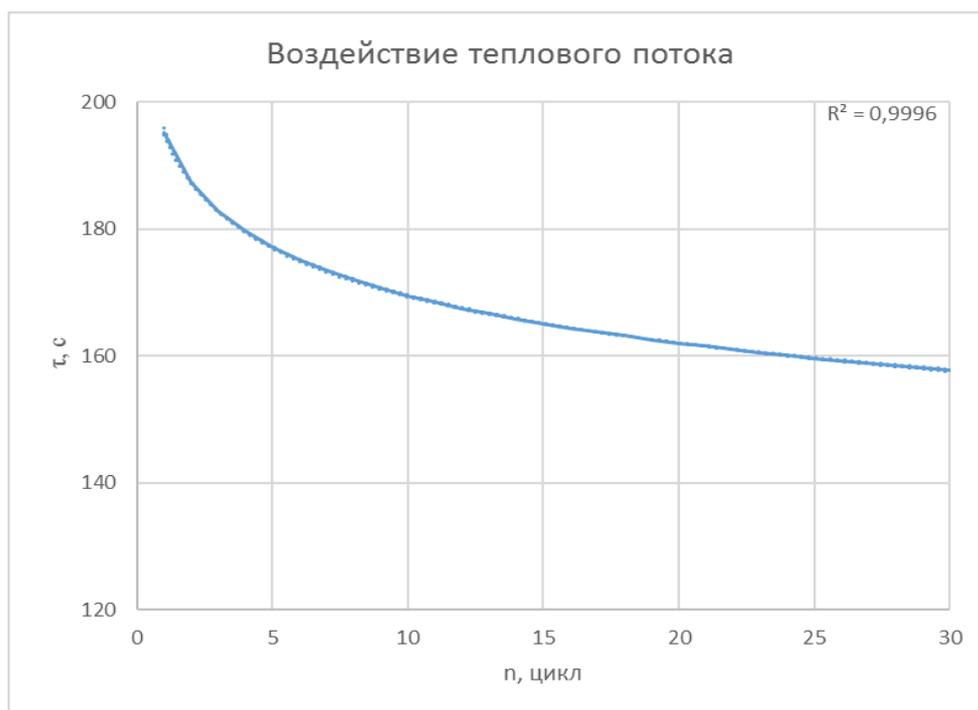


Рис. 4. Воздействие теплового потока

Исходя из полученного графика (рис. 4), можно сделать вывод, что у данного пакета материалов происходит закономерное снижение устойчивости к воздействию теплового потока при увеличении количества циклов нагружения. А это, в свою очередь, влечет за собой тот факт, что рассматриваемый процесс схож с нестационарным процессом Пуассона (процесс накопления уровня повреждений), который можно представить в виде:

$$\tau(n) = \tau_{кр} + (\tau_0 - \tau_{кр}) * \exp(-M * n^c),$$

где  $\tau(n)$  – текущее значение устойчивости [с];  $\tau_{кр}$  – критическое значение устойчивости [с];  $\tau_0$  – начальное значение устойчивости [с];  $n$  – количество циклов [цикл];  $M$  – темповый параметр моделей (величина, обратная количеству циклов) [цикл<sup>-1</sup>];  $c$  – параметр стационарности процесса Пуассона (если  $c = 1$ , то процесс стационарный).

Темповый параметр, согласно процессу Пуассона, будет иметь следующий вид:

$$M = \frac{1}{b^c},$$

где  $b$  – коэффициент пропорциональности процесса Пуассона.

Также хотелось бы упомянуть про коэффициент детерминации  $R^2$ , который равен 0,9996, что свидетельствует о достоверности модели и её применимости для прогнозирования устойчивости материалов к воздействию теплового потока.

Резюмируя всё вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

- установлен закономерный характер снижения устойчивости пакета материалов к воздействию теплового потока при увеличении количества циклов нагружения вне зависимости от факторов износа;
- выявлена полезность применения математического аппарата для установления взаимосвязи устойчивости воздействия тепловыми потоками различной плотности и использования теплостойких материалов по отдельности, попарно и совместно;
- имеется возможность более качественной классификации материалов, применяемых для изготовления БОП, по параметру теплостойкости;
- на данный момент набирает актуальность вопрос о необходимости исследований, позволяющих определить закономерности изменения критериев качества БОП, а также их оценку и прогнозирование в процессе эксплуатации;
- неполнота информации об изменении защитных свойств в процессе эксплуатации не позволяет интегрировать современные технологии в методологию производства БОП;
- численные значения параметров  $\tau_{кр}$  и  $\tau_0$  математической модели не зависят от условий проведения многоциклового испытания, а определяются теплофизическими свойствами пакета материалов.

## Литература

1. Гусаров А.М., Кузнецов А.А., Дмитракович Н.М. Исследования устойчивости пакета материалов боевой одежды пожарного к многоциклового тепловому воздействию // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2011. № 22. С. 39–47.
2. Гусаров А.М., Кузнецов А.А., Дмитракович Н.М. Прогнозирование температуры на внутренней поверхности пакета материалов боевой одежды пожарного при многоциклового тепловом воздействии // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2012. № 2. С. 140–147.
3. СТБ 1972–2009. Одежда пожарных специальная защитная от повышенных тепловых воздействий. Общие технические условия. Минск: Госстандарт - НИЦ ВОУ МЧС. Витебск, 2010. С. 46.
4. СТБ 1971–2009. Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия. Минск: Госстандарт, 2010. С. 36.
5. Поповский Д.В., Охломенко В.Ю. Боевая одежда и снаряжение пожарного: Метод. пособие; под общ. ред. В.А. Грачева // Боевая одежда пожарных. М.: Академия ГПС МЧС России. 2004. С. 3–9.

6. Медведева Л.В., Сугак В.П. Компьютерное моделирование теплофизических процессов в оценке аварийных рисков ограждающих конструкций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2010. № 2 (14). С. 83–90.

7. Трофимец Е.Н. Применение информационных технологий математического моделирования в вузах МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 3 (23). С. 66–70.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА**

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

**Д.А. Крылов, кандидат технических наук;**

**А.С. Некрасов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрен метод исследования теплофизических свойств конструкционных материалов на основе теории регулярного режима. Представлена конструкция экспериментальной установки и методика проведения измерения теплофизических свойств. В целях повышения точности измерений проведен анализ источников возникновения погрешности измерений, определена величина самой погрешности и способы ее снижения.

*Ключевые слова:* регулярный режим, теплоемкость, эксперимент, погрешность

## **STUDY OF MEASUREMENT ERROR SOURCES OF STRUCTURAL MATERIALS THERMOPHYSICAL PROPERTIES BY THE REGULAR THERMAL REGIME METHOD**

D.A. Minkin; D.A. Krylov; A.S. Nekrasov.

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

We described a method of construction materials the thermophysical properties studying based on the theory of regular thermal regime. The design of the experimental installation and the methodology for thermophysical properties measuring are presented. In order of increasing the accuracy of measurements we made analysis of measurement error occurrence sources, determined magnitude of error and ways of its reducing.

*Keywords:* regular thermal regime, heat capacity, experiment, error

Современные технологии существенно расширили выбор конструкционных материалов, используемых в строительстве и технологических процессах производств. В различных сферах промышленности все чаще применяются материалы, которые раньше были доступны только для оборонной и космической отраслей. Из сплавов титана и магния производят спортивный инвентарь и предметы личного пользования. Композиционные материалы все чаще встречаются в протезировании и автомобильной промышленности, а в строительстве они с каждым годом все больше вытесняют классические материалы, такие как кирпич, бетон и дерево. Ввод в этих сферах новых материалов сопряжен с выполнением ряда специфических требований, в том числе связанных с условиями эксплуатации, а также с вопросами пожарной безопасности [1].

Для экономии энергии, в условиях постоянно растущих тарифов на теплоносители, современные многослойные материалы, используемые для возведения ограждающих конструкций, разрабатывают с учетом как несущих, так и теплоизоляционных функций в равной степени [2].

На тепловой режим ограждающих конструкций влияют теплофизические свойства материалов, входящих в их состав: теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность. Более того, все эти параметры меняются в зависимости от влажности, температуры, времени, формы самой конструкции. При вводе в эксплуатацию новых объектов необходимо знать соответствие используемых материалов существующим нормам и стандартам, поскольку это напрямую влияет на хозяйственно-экономические характеристики объекта. Это невозможно без комплексного исследования теплофизических свойств материалов и конструкций.

При разработке приборов, работающих в условиях интенсивных тепловых воздействий, например при пожаре, конструкции рассчитываются и с точки зрения сохранения работоспособности при изменениях температуры. Для этого необходимо исследование теплофизических свойств материалов, деталей и конструкции в целом. Например, воздействие высоких температур неизбежно влияет на химические источники питания в приборах освещения и переговорных устройствах, поэтому тепловая защита устройств, обеспечивающих работу людей при ликвидации пожаров, может стать жизненно важной. Дыхательные аппараты, гидравлическое оборудование также могут подвергаться воздействию высоких температур и интенсивных тепловых потоков. Поэтому разработка составных частей, таких как клапан, трубопровод, подвижные шарнирные соединения, и оборудования в целом невозможна без учета знаний о теплофизических свойствах материалов, их поведении при температурном и механическом воздействии.

Способы исследования теплофизических свойств материалов достаточно подробно описаны в научной и технической литературе [3–6].

### **Описание процесса нахождения исследуемых параметров**

Особый интерес представляют методы, позволяющие определить несколько теплофизических параметров по результатам одного эксперимента. При определении нескольких параметров в одном эксперименте снижается время эксперимента, повышается точность, поскольку известные погрешности учитываются в расчетах одинаково. Одним из таких методов является метод, относящийся к нестационарным методам исследования, основанный на регулярном тепловом режиме.

В теории регулярного режима хорошо изучены процессы охлаждения (нагревания) тел простейшей формы (диск, шар, цилиндр). По этой причине изучение теплотехнических свойств новых материалов удобно проводить, опираясь на экспериментальные данные, полученные при испытаниях подобных тел, изготовленных из изучаемого материала.

Теория регулярного режима позволяет исследовать поведение тел при охлаждении или нагревании, принимая во внимание допущения, что внешние условия постоянны – температура среды не изменяется, условия теплообмена на поверхности тела, теплофизические свойства и размеры тела также остаются постоянными. Одним из возможных случаев охлаждения тела является ситуация, когда при малых значениях коэффициента теплоотдачи и небольших размерах исследуемых тел температурное поле внутри тела можно считать равномерным. Таким образом, измерения температуры в одной точке могут характеризовать температурное поле всего тела. Рассматривая такой случай, было установлено, что температура тела изменяется по экспоненциальному закону [7]:

$$\vartheta = AUe^{-m\tau},$$

где  $\vartheta$  – перегрев тела относительно среды;  $A$  и  $U$  – функции, зависящие от формы тела;  $\tau$  – время;  $m$  – темп охлаждения:

$$m = \frac{\alpha S}{c},$$

где  $C$  – полная теплоемкость тела;  $\alpha$  – коэффициент конвективно-лучистого теплообмена с поверхности тела в окружающую среду;  $S$  – площадь поверхности теплообмена.

Коэффициент  $\alpha$  может быть рассчитан из следующего соотношения:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_{\text{л}},$$

где  $\alpha_k$  – коэффициент теплоотдачи, который находится из известных критериальных соотношений:

$$\alpha = C(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^n,$$

где  $C$  и  $n$  – коэффициенты, определяемые из условий конвективного теплообмена на поверхности образца, его размеров [8];  $\alpha_{\text{л}}$  – коэффициент лучистого теплообмена:

$$\alpha_{\text{л}} = 5,67 * \varepsilon_{\text{пр}} \left( \frac{\left(\frac{T_w}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_f}{100}\right)^4}{T_w - T_f} \right),$$

где  $T_w, T_f$  – температуры образца и окружающей среды, К;  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – приведенная степень черноты:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_f} - 1},$$

где  $\varepsilon_w$  и  $\varepsilon_f$  – излучательные способности поверхности образца и окружающей среды.

Таким образом, находя из эксперимента темп охлаждения  $m$ , зная размеры и массу исследуемого образца, а также интенсивность теплообмена  $\alpha$ , можно найти удельную теплоемкость материала, из которого он изготовлен.

### Описание установки

Для проведения экспериментальных исследований используется калориметр для измерения теплофизических свойств материалов.

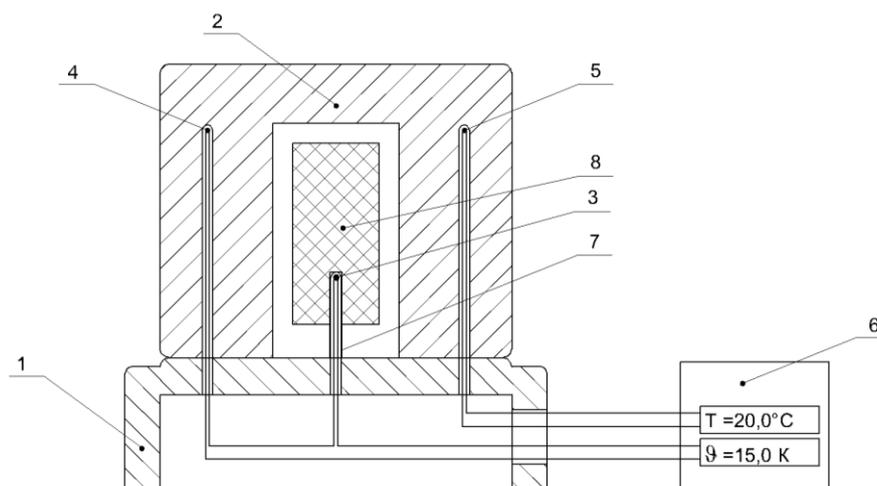


Рис. Схема установки: 1 – основание калориметра; 2 – корпус; 3, 4, 5 – термопары; 6 – многоканальный измеритель температуры; 7 – игла; 8 – исследуемый образец

Он состоит из основания 1, металлического колпака 2 (корпуса), который можно поднимать и отводить в сторону, и термоэлектрических термометров 3, 4, 5 с многоканальным измерителем 6 для измерения значений температуры исследуемого образца и корпуса прибора. Рабочий спай термопары 3, предназначенный для измерения температуры образца, находится внутри иглы 7, вмонтированной в центр основания прибора. Исследуемый образец 8 изготовлен в форме цилиндра, в нём выполнено отверстие для иглы 7, на которую его устанавливают до начала проведения измерений.

В ходе эксперимента исследуемый образец предварительно нагревают до температуры, при которой требуется исследовать характеристики материала, устанавливают на иглу и помещают внутрь корпуса установки, закрывая колпак.

Далее охлаждающийся образец отдает теплоту окружающему его корпусу и основанию за счет конвекции и теплового излучения. Весь процесс охлаждения фиксируют с течением времени измерителем температуры. Эксперимент проводят не менее двух раз, по полученной экспериментальной зависимости  $\ln(T)(\tau)$  определяют темп охлаждения  $m$  и далее по соотношениям 2–4 можно вычислить теплоемкость материала образца.

### **Описание источников погрешности. Методическая погрешность**

На точность измерения теплофизических свойств в наибольшей степени влияют факторы, опирающиеся на основные допущения, принятые в теории регулярного режима. Это касается условий обеспечения стабильности температуры окружающей среды, постоянства условий теплообмена и теплофизических свойств, выбора термометрического оборудования с необходимой чувствительностью и инерционностью, размещения чувствительных элементов.

Для реализации принятых допущений и снижения погрешности проводимых измерений особое внимание было уделено параметрам конструкции и методике проведения измерений.

Для организации стабильности температуры окружающей среды и условий теплообмена на поверхности образца используется массивный металлический колпак (корпус калориметра) (рис.). Размеры его достаточно велики и стенки обладают достаточной теплоемкостью и теплопроводностью, чтобы обеспечить постоянство температуры на протяжении всего эксперимента.

Размер цилиндрических образцов подбирался таким образом, чтобы зазор между внутренней поверхностью корпуса и образцом не превышал нескольких миллиметров. Это выполнено, чтобы затруднить возможность перемещения воздуха в зазоре между колпаком и поверхностями цилиндра и свести вклад конвективной составляющей теплообмена  $\alpha_k$  к минимуму. В таком случае отвод теплоты будет происходить в большей степени за счет теплового излучения.

Интенсивность лучистого теплообмена между поверхностью образцов и корпусом существенно зависит от их излучательных способностей. Большое значение имеет качество обработки поверхности, материал, наличие загрязнений или покрытий. При этом интенсивность теплообмена может отличаться в десятки раз (например, полированная металлическая поверхность или окрашенная) [9]. Для стабилизации лучистой составляющей теплообмена  $\alpha_{\text{л}}$  в настоящей работе предлагается покрыть бесцветным лаком все поверхности внутри корпуса и поверхности исследуемых образцов, тем самым обеспечивая одинаковое значение  $\varepsilon_{\text{w}} = \varepsilon_{\text{f}} = 0,9$ .

Следует отметить, что экспериментальное определение значения теплоемкости материала образца существенно зависит от результатов вычисления коэффициента конвективно-лучистого теплообмена  $\alpha$ , зависящего от целого ряда параметров, среди которых кинематическая вязкость воздуха, теплопроводность, коэффициент объемного расширения, температуры поверхностей, участвующих в теплообмене. Поэтому нахождение  $\alpha$  с помощью теории подобия не позволяет вычислить его точнее 15–20 % [10].

В таком случае предлагается измерения теплоемкости строить на принципе сравнения темпа охлаждения образца исследуемого материала и эталонного. Для эксперимента изготавливаются два равных по размеру образца: один из эталонного материала (например, медь), второй из материала, который необходимо исследовать.

Опираясь на вторую теорему Г.М. Кондратьева, принимая во внимание одинаковые условия теплообмена в течение опыта, можно определить, что полная теплоемкость образца будет равна:

$$C = \frac{m_э C_э}{m},$$

где  $m_э$  – темп охлаждения эталонного тела;  $C_э$  – полная теплоемкость эталонного тела;  $m$  – темп охлаждения исследуемого тела. Удельную теплоемкость материала можно найти, зная геометрические параметры тела и его массу:

$$c = \frac{C}{M},$$

где  $M$  – масса исследуемого тела.

В процессе измерений для контроля изменения перегрева образца в нем установлена термопара с помощью иглы 2. Поскольку в опыте интерес представляет перегрев тела относительно среды, то рационально использовать дифференциальную термопару, один спай 3 которой будет закреплен внутри исследуемого тела, другой 4 помещен в корпусе (рис.). Таким образом, измеритель, подключенный к дифференциальной термопаре, сразу показывает разность температур на рабочих спаях термопары. В экспериментальной установке к термопарам подключен измеритель GM1312 со встроенным компенсатором холодного спая 6, позволяющий определять перегрев исследуемого образца 8 с погрешностью до 1,5 %. Измерения фиксируются с шагом по времени 1 с.

На погрешность определения температуры исследуемого тела влияют следующие факторы:

- тепловое сопротивление между спаем термопары и иглой, обусловленное неидеальным контактом спая и концом иглы;
- тепловое сопротивление между иглой и телом, обусловленное не идеальным контактом иглы и исследуемого тела;
- сток теплоты из исследуемого тела по игле и термопаре, обусловленный ненулевой теплопроводностью материалов иглы и термопары.

Влияние теплового сопротивления между термопарой и телом на измерения температуры можно оценить, опираясь на исследования [11, 12]. Оценочное значение плотности теплового потока  $q$ , идущего от тела в основание по игле, составляет около  $25 \text{ Вт/м}^2$ , тепловые контактные сопротивления  $R$  имеют значения порядка тысячных  $\text{м}^2\text{К/Вт}$ . Таким образом, перепад температур на контактном сопротивлении определяется выражением  $\Delta T = q \cdot R$  и имеет значение порядка  $25 \text{ мК}$ . Сток теплоты по игле можно оценить, опираясь на разницу температур между исследуемым телом и основанием, длиной и теплопроводностью иглы. Тепловой поток, идущий через иглу, имеет порядок  $0,5 \text{ Вт}$  (при перепаде температур  $30 \text{ К}$ ), что составляет менее 5 % от среднего потока, идущего с образца на корпус прибора.

### Случайная погрешность измерений

Погрешность измеренных теплофизических параметров складывается из следующих составляющих:

- погрешности измерения экспериментально определяемых величин;
- случайные погрешности;
- погрешности, связанные с допущениями при реализации выбранного метода.

В описанном эксперименте прямыми измерениями определяются:

- температура внутри тела;
- температура массивного тела;
- температура основания;
- масса тела.

Погрешность определения температуры исследуемого тела, массивного тела и основания определяется погрешностью используемой термопары. В описанной лабораторной установке используется термопара типа Т (медь-константан), которая в данном температурном диапазоне имеет погрешность  $\delta T_T=0,75\%$  [13]. Дополнительно измерительное устройство, подключенное к термопаре, имеет погрешность, установленную производителем, в пределах  $\delta T_V=1,5\%$ . Снизить погрешность определения температуры возможно использованием более высокого класса точности термопары и вольтметра.

Погрешность массы тела определяется погрешностью весов, используемых при проведении эксперимента. Для увеличения точности определения массы тела рекомендуется использовать более точные весы, откалиброванные в нужном диапазоне масс. Погрешность определения массы определяется следующим образом:

$$\delta M = \frac{\Delta M}{M} 100\%,$$

где  $\Delta M=0,01$  г – систематическая ошибка весов.

Для уменьшения случайных погрешностей необходимо произвести многократные измерения таких величин, как температура и масса.

Случайные погрешности определяются следующим образом:

$$\delta T_{сл} = \frac{t(P, n) \cdot S_{\bar{T}}}{\bar{T}} 100\%,$$
$$\delta M_{сл} = \frac{t(P, n) \cdot S_{\bar{M}}}{\bar{M}} 100\%,$$

где  $t(P, n)$  – коэффициент Стьюдента;  $S$  – среднее квадратичное отклонение среднего арифметического.

Таким образом, погрешность определения темпа охлаждения  $\delta m$  может достигать 10 % из-за повышенной скорости остывания исследуемого тела.

Метод регулярного режима, в отличие от широко распространенных методов стационарного теплового потока, позволяет сразу по окончании опыта сделать заключение о достоверности проведенного эксперимента. Критерием является вид графика перегрева от времени, построенного в полулогарифмических координатах. Если полученный график имеет тенденции к отклонению от прямолинейной зависимости, то это указывает на ошибки проведения эксперимента и невыполнение допущений теории. Причиной тому могут быть наличие конвекционных токов, утечки теплоты с образца на корпус по элементам конструкции, погрешности в работе термометрического оборудования и т.д.

### Заключение

Проведен обзор источников погрешности измерения удельной теплоемкости конструкционных материалов методом регулярного режима. Ключевым фактором возникающих отклонений результатов измерений является несоответствие условий эксперимента допущениям используемой теории. Для повышения точности экспериментальных исследований сформулированы рекомендации по обеспечению требуемых условий теплообмена, обоснован выбор измерительного оборудования и представлена методика выполнения измерений. Совокупность принятых решений позволяет проводить измерения удельной теплоемкости с точностью не менее 10 %.

## Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001234> (дата обращения: 21.08.2019).
3. Крафтмахер, Я.А. Модуляционный метод измерения теплоемкости // Прикладная механика и техническая физика. 1962. № 5. С. 176–180.
4. Походун А.И., Шарков А.В. Экспериментальные методы исследований. Измерения теплофизических величин. СПб.: ИТМО, 2006. 86 с.
5. Фокин В.М., Чернышев В.Н. Неразрушающий контроль теплофизических характеристик строительных материалов. М.: Машиностроение-1, 2004. 212 с.
6. Kumada T., Kobayasi K. Device and method of measuring thermophysical properties by stepwise heating // Nucl. Sci. Techn. 1975. Vol. 12. P. 154–160.
7. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. 408 с.
8. Суслов В.А. Теплообмен: учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГОУ ВПО СПбПУРП, 2008. 120 с.
9. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1991. 432 с.
10. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1975. 483 с.
11. Меснянкин С.Ю., Викулов А.Г., Викулов Д.Г. Современный взгляд на проблемы теплового контактирования твердых тел // Успехи физических наук. Т. 179. 2009. № 9. С. 945–970.
12. Панасик Д.С., Иванов И.А., Семенов А.Н., Увайсов С.У. Зависимость контактного теплового сопротивления от силы прижима термопары к электрорадиоэлементу / Надежность и качество: Труды Междунар. симпозиума: в 2-х т. Пенза: ПГУ, 2015. Т. 2. 384 с.
13. ГОСТ Р 8.585–2001. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200028583> (дата обращения: 21.08.2019).



---

---

# ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

---

---

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВОК АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА АВТОТРАНСПОРТЕ

**В.В. Кутузов, кандидат технических наук, доцент;**

**Д.В. Галямова;**

**А.Л. Нифталиев.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы статистики и основные причины пожаров на транспорте, особенности развития пожаров автомобилей. Проанализированы способы обнаружения и тушения пожаров на транспорте. Предложены направления совершенствования установок и систем противопожарной защиты.

*Ключевые слова:* пожар, фазы пожара, автотранспорт, автоматическое пожаротушение

## PROSPECTS OF APPLICATION OF AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS ON MOTOR TRANSPORT

V.V. Kutuzov; D.V. Galyamova; A.L. Niftaliev.

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

The issues of statistics and the main causes of fires in transport, especially the development of car fires are considered. Analyzed ways to detect and extinguish fires in transport. Proposed directions for improving installations and fire protection systems.

*Keywords:* fire, fire phases, motor transport, automatic firefighting

В России пожары на транспорте в целом составляют пятнадцать процентов от всех случаев пожаров и занимают второе место, уступая только лишь пожарам в жилом секторе. На территории Российской Федерации ежегодно сгорает в среднем около 23 000 автомобилей. В пожарах на автомобильном транспорте погибает около 200 человек в год [1, 2]. Статистика гибели людей при пожарах на транспорте представлена на рис. 1.

Данные статистики пожаров на автотранспорте показывают, что первое место по количеству загораний на транспорте занимают легковые автомобили, что можно объяснить их большим количеством по отношению к остальным транспортным средствам. Второе место занимают грузовые автомобили, затем идёт специальная техника, и пассажирские автобусы [3].

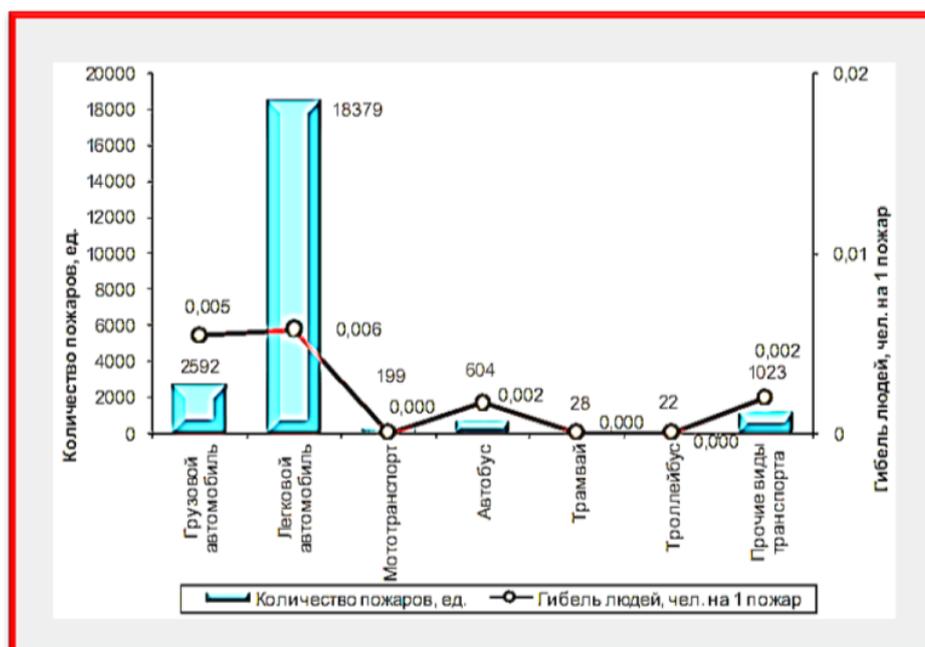


Рис. 1. Соотношение зависимости количества погибших на пожаре от типа транспортного средства

Практика показала, что основными причинами возникновения пожара на автомобильном транспорте являются:

- дорожно-транспортные происшествия (ДТП);
- техническая неисправность транспортного средства (изношенность основных элементов транспортного средства);
- нарушение правил перевозки пожароопасных грузов;
- умышленный поджог;
- неосторожное обращение с огнем в салоне автомобиля;
- неисправность системы подачи топлива;
- неисправность электрооборудования.

Для пассажирского автотранспорта и легковых автомобилей наиболее характерными причинами возникновения пожаров являются загорания, связанные с ДТП, неосторожным обращением с огнём и умышленными поджогами. Все эти случаи однозначно связаны с человеческим фактором.

Для грузовых автомобилей дополнительно причинами возникновения пожаров являются: нарушение правил перевозки пожароопасных грузов, технические неисправности или же чрезмерная изношенность оборудования.

Можно полагать, что пожар в грузовых автомобилях будет развиваться по трём основным сценариям:

- пожар развивается из моторного отсека;
- пожар развивается из кабины;
- пожар развивается в кузове или в прицепе с грузом.

Любой пожар на автомобильном транспорте при свободном горении может быть разделен на четыре фазы: I – начальную, II – развивающегося пожара, III – развитого пожара и IV – затухающего пожара [4].

Каждая из вышеназванных фаз пожара характеризуется определенной продолжительностью и температурными показателями. Начальная фаза развития пожара характерна нарастанием площади горения, постепенным увеличением температуры, выделением продуктов термического разложения и дымообразованием. В большинстве случаев выделяется дым. Температура горения постепенно поднимается до 250–300 °С – это

температура воспламенения всех горючих материалов. Вторая фаза развития пожара характеризуется дальнейшим увеличением площади горения, нарастанием температуры до величин, равных температуре воспламенения горючих веществ, находящихся в автомобиле. При достижении этой температуры все горючие вещества воспламеняются, площадь поверхности горения и температура среды достигают максимальных значений, вторая фаза развивающегося пожара переходит в третью фазу развитого пожара.

Третья фаза характеризуется относительной стабилизацией газообмена, скорости выгорания веществ и температур среды. Продолжительность третьей стадии пожара зависит от пожарной нагрузки автотранспортного средства, груза (количества и состава горючих материалов). В этой фазе температура горения достигает 900 °С.

Практика показывает, что грузовой автомобиль полностью выгорает за двадцать минут, а на второй минуте горения потушить пожар обычным порошковым огнетушителем уже невозможно. Повреждения же могут быть фатальными уже через пять минут горения. При анализе ущербов, причинённых пожаром в большегрузном автотранспорте, нужно учитывать и то, что пожар распространится на перевозимые грузы.

Проведённые исследования и инженерные расчёты [5, 6] позволяют сделать вывод, что если пожар на автотранспортном средстве не потушить в начальной стадии, то огонь очень быстро распространится по салону, багажному и моторному отсеку транспортного средства, пока полностью не уничтожит его.

Во многом скорость распространения огня по всем элементам автомобильного поезда (грузовой автомобиль с прицепом) зависит от груза, который он транспортирует. В качестве примера можно привести автопоезд, состоящий из двух прицепов. Так, например, при возникновении пожара в двигателе грузового автомобиля огонь в считанные минуты может распространиться до находящихся в сцепке с ним прицепов. При этом система сцепки и торможения общая, и при горении дальнейшее распространение огня на перевозимый в прицепах груз существующими штатными средствами пожаротушения, которые должны находиться в автомобиле, предотвратить практически невозможно.



**Рис. 2. Горение грузового автомобиля (третья стадия пожара)**

Следует понимать и то, что если пожар перешёл во вторую и третью стадии (рис. 2), то интенсивность горения и площадь пожара возрастёт в связи с воспламенением бензобака и его содержимого. При остановке автомобиля на автотрассе огонь может перекинуться на ближайшие транспортные средства. Не стоит исключать вероятность распространения огня на лесные массивы, близко расположенные к автомагистралям во многих регионах нашей страны.

Создание условий обеспечения безопасности на транспорте – одна из приоритетных задач государства. В рамках выполнения этой задачи особое внимание уделяется пожарной безопасности на транспорте [7–9]. Для обеспечения пожарной безопасности разрабатывается целый комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на профилактику или предотвращение пожаров на легковом и грузовом автомобильном транспорте, на улучшение реагирования и действий при пожаре, модернизацию уже эксплуатируемых технических средств тушения пожаров как на транспорте в целом, так и на автомобильных поездах в частности.

В настоящее время наблюдается количественный и качественный рост автотранспортного парка. Автотранспорт имеет новое энергоёмкое оборудование, применяются все более высокооктановые бензины и газовое топливо, ужесточаются режимы эксплуатации транспорта. А между тем технический уровень средств защиты автомобилей от загораний за последние десятилетия практически не изменился и базируется лишь на одном методе – обнаружение пожара человеком-водителем и тушение пожара ручным огнетушителем [10].

Однако применение ручных огнетушителей при тушении пожаров на транспортных средствах не может обеспечить выполнение определённых выше условий – обнаружить и потушить пожар на начальной стадии.

Основными причинами низкой эффективности указанного метода являются:

- позднее обнаружение пожара и, как следствие, развитие пожара до II и III стадии;
- необходимость открывания капота, что приводит к резкому повышению интенсивности горения;
- высокая вероятность отказов в работе имеющихся в распоряжении водителей ручных огнетушителей (постоянные вибрационные и ударные нагрузки, перепады температуры, повышенная влажность и т.п.);
- слабые навыки работы с огнетушителями у большинства водителей;
- возможность ошибок в действиях в связи со стрессовой ситуацией (пожар автомобиля, развивающейся по непредсказуемому сценарию).

В настоящее время существует большое количество технических разработок установок и систем, которые позволяют предотвратить или своевременно обнаружить и потушить пожар на автотранспортных средствах. Выпускаемое оборудование имеет соответствующие сертификаты.

Применяемые технические решения в зависимости от назначения, особенностей эксплуатации транспортного средства и перевозимых грузов позволяют реализовать перечисленные ниже функции защиты от загорания. К таким решениям относятся:

- системы блокировки топливопровода автомобиля при аварии автотранспортного средства;
- системы защиты от токовой перегрузки электрических цепей автомобиля;
- системы автономной пожарной сигнализации [10];
- автоматические огнетушители [3, 11] и др.

Примером реализации оригинальных технических решений по обнаружению и тушению загораний в подкапотном пространстве автомобиля являются разработанные ООО «ГК ЭПОТОС» огнетушители на базе генератора огнетушащего аэрозоля (ГОА) «Допинг-2», «Допинг-2ТР» и автономная установка обнаружения и пожаротушения «Подкова-01» ЗАО «ПироХимика». Эти установки пожаротушения располагаются в подкапотном пространстве автомобиля и позволяют при загорании потушить пожар в моторном отсеке на первой стадии. Можно отметить, что это лишь малая часть примеров существующих разработок. Десятки фирм в Российской Федерации постоянно работают в этом направлении и выпускают сертифицированное оборудование для задач обнаружения пожара и автоматического пожаротушения на автотранспорте.

Вместе с тем приходится констатировать тот факт, что эти разработки применяются автопроизводителями и автопредприятиями, как правило, в инициативном порядке и в качестве эксперимента.

Надо понимать, что применение автоматических и дистанционно управляемых установок пожаротушения в моторном отсеке автомобиля – это частичное решение проблемы.

В настоящее время не решены вопросы обнаружения и тушения пожара в кабине, пассажирском салоне, кузове и прицепе. Не реализуется существующая техническая возможность автоматической передачи извещения о пожаре большегрузного автотранспорта, происшедшего на трассе, по радиоканалам в ближайшую пожарную часть и ряд других вопросов.

Для решения указанных выше проблем назрела необходимость создания современной нормативной базы, регулирующей вопросы в области автоматического пожаротушения автотранспорта и его защиты с учётом применения современных разработок.

По мнению авторов, для решения вышеизложенных проблемных вопросов необходимо проведение дополнительных научных исследований с целью разработки комплексного подхода к техническим решениям по обнаружению и тушению пожара в грузовом и пассажирском автотранспорте на основе моделирования процессов развития пожара по разным сценариям. Результаты этих исследований должны обеспечить разработку технических требований к системам и установкам обнаружения и тушения пожара на автотранспорте и регламентировать их применение, что в конечном итоге обеспечит резкое уменьшение статистических показателей по гибели людей и материальным потерям в результате пожаров на автотранспорте.

### **Литература**

1. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник / под общ. ред. А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2015. 124 с.
2. Маклецов А.К., Плотников С.Г., Корнилов А.А. Анализ статистики пожаров автомобильного транспорта // Техносферная безопасность. 2015. № 4 (9).
3. Статистика пожаров. URL: <https://sites.google.com/site/statistikapozaro/home/rezultaty-rascetov/operativnye-dannye-po-pozaram> (дата обращения: 21.09.2019).
4. Кутузов В.В., Терёхин С.Н. Методы и технологии обнаружения пожара (монография) / под общ. ред. О.М. Латышева. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 555 с.
5. Прогнозирование опасных факторов пожара: учеб. пособие / Ю.Д. Моторыгин [и др.]. СПб.: Астерион, 2013. 108 с.
6. Моторыгин Ю.Д., Косенко Д.В. Математическое моделирование развития горения автомобиля // Науч.-аналит. журнал «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2014. С. 45–50.
7. Жаров А. Установка локального пожаротушения KLS-902 для защиты транспортных средств // Алгоритм Безопасности. 2010. № 5.
8. О транспортной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 9 февр. 2007 г. № 16-ФЗ (в ред. от 13.07.2015) // Рос. газ. 2007. 14 февр. Федер. выпуск № 4294.
9. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 22 нояб. 2008 г. № 1734-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. Долговидов А.В., Сабинин О.Ю., Терёбнев В.В. Автономное пожаротушение: реальность и перспективы: учеб. пособие. Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2014. 204 с.
11. Противопожарная защита транспорта из опыта решения данной проблемы ООО «ГК «ЭПОТОС». URL: <http://www.aktivsb.ru/catalogs/transport.pdf> (дата обращения: 21.09.2019).

# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ИЗВЕЩАТЕЛЯМИ ФУНКЦИИ ОСНОВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

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

**О.В. Уткин;**

**А.В. Викман.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена связь между вероятностью выполнения системой автоматической пожарной сигнализации функции основного назначения и расчетным временем эвакуации. На примере оценки вероятности выполнения функции основного назначения извещателем пожарным дымовым, оптико-электронным, точечным показана возможность применения для этой цели аппарата нечетких множеств и нечеткой логики. Приведена методика получения базы правил нечеткого вывода.

*Ключевые слова:* система автоматической пожарной сигнализации, система оповещения и управления эвакуацией, время эвакуации, извещатель пожарный, вероятность выполнения функции основного назначения

## THE APPLICATION OF FUZZY LOGIC TO ASSESS THE LIKELIHOOD OF IMPLEMENTATION OF FIRE DETECTORS FUNCTION THE PRIMARY PURPOSE

A.N. Ivanov; O.V. Utkin; A.V. Wickman.

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

The relationship between the probability of performing the function of the main purpose by the automatic fire alarm system and the estimated time of evacuation is considered. The possibility of using fuzzy sets and fuzzy logic for this purpose is shown on the example of assessing the probability of performing the function of the main purpose by the detector to fire smoke, optoelectronic, point. The technique of obtaining the fuzzy inference rule base is given.

*Keywords:* automatic fire alarm system, warning system and evacuation management, evacuation time, fire detector, the probability of performing the function of the main purpose

По данным МЧС России, опубликованным на портале Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), в 2018 г. в Российской Федерации при пожарах погибли 7 913 чел и получили травмы 9 650 чел [1].

Несмотря на то, что большая часть погибших и пострадавших приходится на пожары в жилом секторе, пожары в общественных многофункциональных зданиях характеризуются тем, что риску гибели подвергается одновременно большое количество людей разного возраста, многие из которых впервые оказались в данном здании, плохо представляют его конфигурацию и не могут сразу определить кратчайшее направление движения к выходу. В этом случае основная роль в спасении людей будет ложиться на грамотные действия ответственного персонала объекта по организации оповещения и руководству процессом своевременной их эвакуации.

Согласно п. 13 ст. 2 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» под необходимым временем эвакуации понимается «время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей

в результате воздействия опасных факторов пожара» [2]. Это время закладывается в планы эвакуации, в требования к временным показателям устойчивости элементов автоматической системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) к опасным факторам пожара, которые не должны быть меньше времени, необходимого для осуществления эвакуации людей из горящего здания или сооружения.

В реальности же истинное время безопасной эвакуации будет совпадать с расчётным крайне редко, потому что между временем возникновения пожара и его обнаружением системой автоматической пожарной сигнализации (АПС), а, следовательно, и началом работы СОУЭ, практически всегда будет существовать разрыв, определяемый, во-первых, инерционностью извещателей, а во-вторых, вероятностью обнаружения ими загорания в момент начала проявления его информационных характеристик. Этот разрыв, обусловленный поздним обнаружением загорания, может привести к тому, что реальное время, в течение которого есть возможность осуществить безопасную эвакуацию из загоревшегося здания, может оказаться недостаточным для спасения всех людей.

В действующих нормативных документах по пожарной безопасности термина «вероятность обнаружения загорания» вообще не существует, хотя косвенно в виде «вероятности выполнения функции основного назначения» его учитывают в определении «вероятности эффективной работы системы обнаружения пожаров» [3].

Эти понятия довольно подробно проанализированы в работе [4], а по вопросу введения в нормативную документацию терминов «вероятность своевременного обнаружения пожара» и «вероятность достоверного обнаружения пожара» есть очень интересные предложения в работе [5].

В продолжение темы, обозначенной в работе [4], авторами проанализирован ныне существующий подход к определению вероятности эффективной работы системы по обнаружению пожара.

В работе [3] данный термин определяется как «произведение вероятности выполнения функции основного назначения ( $P_{\text{фоноб}}$ ) и вероятности безотказной работы технических средств этой системы ( $P_{\text{бробн}}$ ):

$$P_{\text{эфобн}} = P_{\text{фоноб}} \cdot P_{\text{бробн}}.$$

При этом вероятность безотказной работы технических средств системы по обнаружению пожара ( $P_{\text{бробн}}$ ) будет определяться в соответствии с действующими методиками теории надёжности сложных технических систем, что, естественно, не вызывает никаких вопросов. Эти методики математически обоснованы, закреплены в соответствующих нормативных документах, а работа систем и установок пожарной автоматики не является чем-то уникальным по сравнению с работой систем автоматики в других отраслях производства, так как в основе лежат одни и те же принципы и одна и та же элементная база.

Что же касается вероятности выполнения системой функции основного назначения ( $P_{\text{фоноб}}$ ), то «при наличии обоснований выбора технических средств и их размещения, обеспечивающих расчётное время обнаружения, вероятность выполнения функции основного назначения может быть принята равной единице. В случае отсутствия таких обоснований время обнаружения может быть превышающим необходимое и вероятность выполнения функции основного назначения может быть равна нулю, что сведёт вероятность эффективной работы к нулю» [3].

Если рассматривать ситуацию, когда «вероятность выполнения функции основного назначения может быть равна нулю», то это означает, что на защищаемом объекте система АПС полностью неисправна. Согласно нормативным документам такого быть не должно.

И второе, каким образом на объекте может быть установлена система АПС без обоснования её необходимости и состава, если законодательно установлены и существуют такие понятия, как жизненный цикл системы АПС, ввод системы АПС в эксплуатацию,

приёмка системы АПС в эксплуатацию, техническая эксплуатация системы с оформлением на каждом этапе соответствующих документов с согласованиями и утверждениями.

А если на практике случается, что система АПС на объекте защиты установлена без должного обоснования, то заниматься этим вопросом должны не технические специалисты пожарной автоматики, полагая, что ее «вероятность выполнения функции основного назначения равна нулю», а соответствующие правоохранительные органы, и не после того, как произойдет пожар с гибелью людей, а до того. Потому что подобное состояние системы АПС на объекте защиты может объясняться только одним: невыполнением ответственными лицами требований законодательных и нормативных документов и своих должностных обязанностей.

Далее обратимся к ситуации, когда «вероятность выполнения функции основного назначения может быть принята равной единице» [3]. Получается, что при правильном выборе технических средств и мест их размещения вероятность эффективной работы системы будет равна вероятности безотказной работы. Ситуация крайне привлекательная, но, к сожалению, практически недостижимая.

Дело в том, что для систем АПС под термином «функция основного назначения» понимается способность системы обнаружить информационные характеристики пожара и обеспечить передачу сигнала оператору во временных рамках, определяемых нормативными документами.

Своевременность появления сигнала о наличии загорания в преобладающей мере будет определяться временем, за которое пожарный извещатель (за исключением случаев использования адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации) отреагирует на появление информационных характеристик пожара.

Но, как показывает практика эксплуатации систем пожарной автоматики, на время обнаружения пожарным извещателем факта загорания оказывают сильное влияние конкретные условия среды, в которой осуществляется обнаружение. В зависимости от принципа действия пожарного извещателя такими условиями, влияющими на увеличение времени обнаружения загорания, часто являются:

- изменения конвекционных потоков воздуха из-за временно открытых дверей, окон, форточек, работы систем вентиляции и кондиционирования;
- несогласованное изменение функционального назначения помещений, повлекшее за собой изменения пожарной нагрузки;
- снижение номиналов технических характеристик элементной базы извещателей вследствие их старения;
- некачественная организация текущей эксплуатации и технического обслуживания систем пожарной сигнализации;
- несвоевременное устранение неисправностей в работе систем пожарной сигнализации и т.д.

Отсюда можно сделать вывод, что вероятность выполнения системой АПС функции основного назначения может быть равна единице только в идеальных экспериментальных условиях.

Если в практических расчётах использовать это значение, то существует реальная опасность получения значительно большего времени, в течение которого может быть осуществлена безопасная эвакуация, чем то, которое окажется возможным в случае возникновения пожара.

Произвести оценку вероятности выполнения функции основного назначения системой АПС методами теории вероятностей и математической статистики не представляется возможным из-за отсутствия статистики работы средств АПС как таковой.

Поэтому для оценки вероятности выполнения функции основного назначения автоматической системой пожарной сигнализации предлагается применить методы нечёткой логики.

В качестве примера рассмотрим возможный порядок оценки вероятности выполнения функции основного назначения пожарными извещателями дымовыми, точечными, оптико-электронными, пороговыми. Это наиболее применяемый на сегодняшний день в Российской Федерации тип пожарных извещателей. Для иллюстрации будет использоваться извещатель пожарный ИП 212-141 производства компании «Рубеж» (рис.), предназначенный для раннего обнаружения загорания, сопровождающегося появлением дыма малой концентрации в закрытых помещениях различных зданий и сооружений. Область применения извещателя распространяется на такие объекты, как образовательные учреждения, детские сады, медицинские учреждения, административные здания и сооружения, торговые центры и многие другие.



**Рис. Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный точечный ИП 212-141**

Остановимся на некоторых его характеристиках, которые будут необходимы для оценки вероятности выполнения им функции основного назначения методами нечёткой логики.

Извещатель состоит из розетки и датчика, представляющего собой пластмассовый корпус, внутри которого размещена оптико-электронная система и плата с радиоэлементами.

Согласно паспортным данным, чувствительность извещателя соответствует задымленности окружающей среды, ослабляющей световой поток, в пределах от 0,05 до 0,2 дБ/м; инерционность срабатывания извещателя – не более 9 с.

Извещатель сохраняет работоспособность при воздействии на него:

- воздушного потока со скоростью до 10 м/с;
- фоновой освещенности до 12 000 лк от искусственных или естественных источников освещения.

Срок службы не менее 10 лет.

Таким образом, значение вероятности выполнения пожарным извещателем такого типа функции основного назначения будет существенно зависеть от срока его эксплуатации (чувствительность снижается из-за старения элементов оптопары) и помех, которые могут проявлять себя в защищаемых помещениях (изменения конвекционных потоков воздуха, связанных с временно открытыми дверными и оконными проёмами, работой систем вентиляции и кондиционирования).

Тогда, переходя к описанию ситуации в терминах нечёткой логики, вводим две лингвистические переменные: степень выработки ресурса и интенсивность помех, которые и будут использоваться в качестве входных переменных системы нечёткого вывода [6].

Выходной переменной системы нечёткого вывода будет являться вероятность выполнения извещателем функции основного назначения.

В качестве термов для лингвистической переменной «Степень выработки ресурса» определим «Низкая», «Средняя», «Высокая».

Согласно положениям теории нечетких множеств, каждому значению времени эксплуатации должно быть поставлено в соответствие некоторое число от нуля до единицы, которое определяет степень принадлежности данного значения к тому или иному терму лингвистической переменной «степень выработки ресурса». Степень принадлежности определяется так называемой функцией принадлежности  $\mu(t_s)$ , где  $t_s$  – время от начала эксплуатации пожарного извещателя. Процесс сопоставления множества значений  $t_s$  функции принадлежности  $\mu(t_s)$  в терминах нечёткой логики носит название фаззификации, то есть перевода значений  $t_s$  в нечеткий формат. Значения функции принадлежности  $\mu(t_s)$  могут быть взяты только из априорных знаний, интуиции (опыта), опроса экспертов.

Термами второй входной переменной «интенсивность помех» также определим понятия «Низкая», «Средняя», «Высокая».

Выходная переменная «вероятность выполнения извещателем функции основного назначения» будет характеризоваться следующими термами: «очень высокая», «высокая», «средняя», «низкая».

Для иллюстрации связи между входом и выходом построим таблицу нечетких правил (табл. 1).

Таблица 1. Вероятность выполнения ИП функции основного назначения

		Степень выработки ресурса		
		Низкая	Средняя	Высокая
Интенсивность помех	Низкая	<i>Очень высокая</i>	<i>Высокая</i>	<i>Средняя</i>
	Средняя	<i>Высокая</i>	<i>Средняя</i>	<i>Низкая</i>
	Высокая	<i>Средняя</i>	<i>Средняя</i>	<i>Низкая</i>

Каждая запись в данной таблице будет соответствовать своему нечеткому правилу:

– «Если степень выработки ресурса пожарного извещателя низкая и интенсивность помех низкая, то вероятность выполнения пожарным извещателем функции основного назначения будет очень высокая»;

– «Если степень выработки ресурса пожарного извещателя высокая и интенсивность помех средняя, то вероятность выполнения пожарным извещателем функции основного назначения будет очень высокая» и т.д.

Для построения функции принадлежности необходимо экспертным путём поставить в соответствие каждому значению лингвистической переменной некоторое число от нуля до единицы, которое определит степень принадлежности этого значения тому или иному терму.

Предположим, что опросом экспертов для обозначенных лингвистических переменных были получены оценки (табл. 2–4).

Таблица 2. Экспертные значения показателей выработки ресурса

Выработка ресурса пожарного извещателя	Критерий оценки показателей выработки ресурса	Значения показателя
Низкая, $i=1$	Извещатель выработал менее 25 % от установленного ресурса	0–0,20
Средняя, $i=2$	Извещатель выработал от 25 % до 50 % от установленного ресурса	0,2–0,50
Высокая, $i=3$	Извещатель выработал более 50 % от установленного ресурса	0,5–1,0

Таблица 3. Экспертные значения показателей интенсивности помех

Интенсивность помех	Критерий оценки показателей интенсивности помех	Значения показателя
Низкая, $j=1$	Имеется один вид помехи, интенсивность её не превышает фоновый уровень более чем на 20 %	0–0,20
Средняя, $j=2$	Имеются два и более вида помех, интенсивность которых не превышает 20 % от уровня фона или один вид помехи с превышением интенсивности фона от 20 % до 40 %	0,20–0,40
Высокая, $j=3$	Интенсивность помехи на 40 % превышает фоновый уровень.	0,40–1,0

Таблица 4. Экспертные значения вероятности выполнения извещателем пожарным функции основного назначения

Вероятность выполнения извещателем функции основного назначения	Критерий оценки показателей вероятности	Значения показателя
Очень высокая, $k=1$	Установленные в защищаемом помещении извещатели имеют низкую степень выработки ресурса на фоне низкой интенсивности помех	0,95–0,90
Высокая, $k=2$	Установленные в защищаемом помещении извещатели имеют среднюю степень выработки ресурса на фоне низкой или средней интенсивности помех	0,90–0,80
Средняя, $k=3$	Установленные в защищаемом помещении извещатели имеют низкую степень выработки ресурса на фоне высокой интенсивности помех или среднюю степень выработки ресурса на фоне средней или высокой интенсивности помех или высокую степень выработки на фоне низкой интенсивности помех	0,80–0,70
Низкая, $k=4$	Установленные в защищаемом помещении извещатели имеют высокую степень выработки ресурса на фоне средней или высокой интенсивности помех	0,70–0,60

Для дальнейшей обработки информации введём следующие обозначения:

1. Показатель выработки ресурса –  $X$ ;
2. Показатель интенсивности помех –  $Y$ ;
3. Значение вероятности –  $Z$ ;
4. Число возможных сочетаний –  $N$ ;
5. Номера показателя –  $i, j, k$ .

Тогда база правил, представленная в виде нечётких высказываний, которым соответствуют функции принадлежности, будет выглядеть следующим образом:

1: ЕСЛИ Ресурс =  $X_i$  И Интенсивность помех =  $Y_j$ , ТО Вероятность =  $Z_k$ ,

2: ЕСЛИ Ресурс =  $X_i$  И Интенсивность помех =  $Y_j$ , ТО Вероятность =  $Z_k$ ,

.....

$N$ : ЕСЛИ Ресурс =  $X_i$  И Интенсивность помех =  $Y_j$  ТО Вероятность =  $Z_k$

Далее на основе полученной базы правил может быть проведено компьютерное моделирование оценки вероятности выполнения пожарным извещателем функции основного назначения и разработана программа её расчёта, что на практике позволит с большей точностью оценивать время, на которое можно рассчитывать при организации эвакуации людей при данном сценарии развития пожара.

### **Литература**

1. Офиц. сайт РБК. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5cb5bd6f9a7947238b877970> (дата обращения: 21.09.2019).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 23 июня 2014 г.) // Рос. газ. 2008. 1 авг. Федер. вып. № 4720.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: комментарий к отдельным статьям. URL: [http://www.vniipo/resources/Comment\\_123\\_FZ\\_2011/zip](http://www.vniipo/resources/Comment_123_FZ_2011/zip) (дата обращения: 21.09.2019).
4. Мироненко Я. Вероятность эффективной работы технических средств обеспечения пожарной безопасности // Алгоритм безопасности. 2014. № 6.
5. Зайцев А. Достоверность и своевременность обнаружения пожара, и как их учесть в нормах на СПС // Алгоритм безопасности. 2016. № 2.
6. Лабинский А.Ю., Уткин О.В. Система нечеткого вывода с нечеткими функциями принадлежности // Науч.-аналит. журнал «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 1. С. 68–74.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД БАЗЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ВОЕННОГО ГОРОДКА**

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

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

**В.И. Мусатов;**

**Г.В. Макачук, кандидат педагогических наук, доцент.**

**Военный институт (инженерно-технический) Военной академии**

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

Обосновывается необходимость строительства на территории базы обеспечения учебного процесса военного городка станции очистки бытовых сточных вод. Станция предназначена для очистки сточных вод, поступающих от военного городка, до степени, допускающей выброс в акваторию Финского залива. Данную станцию можно использовать одновременно как учебное место и как очистные сооружения.

*Ключевые слова:* сточные воды, очистные сооружения, станция очистки

## ORGANIZATION OF THE SYSTEM OF CLEANING OF DOMESTIC WASTEWATER WATER BASES TO ENSURE A MILITARY CITY EDUCATIONAL PROCESS

L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;  
V.I. Musatov; G.V. Makarchuk,  
Military Institute (engineering) of the Military academy of logistics named after general  
of the army A.V. Khrulev

The article substantiates the need to build in the territory of the base of the educational process of the military camp of the sewage treatment plant. The station is intended for sewage treatment coming from the military camp to a degree that allows discharge into the waters of the Gulf of Finland. This station can be used simultaneously as a training place and as a sewage treatment plant.

*Keywords:* wastewater, sewage treatment plants, treatment station

В 2021 г. планируется провести год Финского залива. В ближайшие годы Эстония, Россия и Финляндия будут проводить совместные мероприятия в сфере охраны окружающей среды и экологии.

Год Финского залива – основа для создания системы взаимодействия стран и людей, которые заинтересованы в сохранении Финского залива как уникального природного объекта.

Министр природных ресурсов и экологии Российской Федерации Сергей Донской отметил, что проект в праве рассчитывать на всемирную поддержку, поскольку в сохранении природных ресурсов заинтересованы все государства. «Это объединение людей – не формальное, а основанное на простых вещах: сохранять свой дом в чистоте, порядке, чтобы всем было комфортно там жить. В этом заинтересованы все государства и правительства», – пояснил министр.

Впервые Год Финского залива прошел в 1996 г. В 2014 г. международный проект трех стран: России, Финляндии и Эстонии, был реализован второй раз. В этом году акцент в мероприятиях делался не только на сохранении окружающей среды, но и на экономических и культурных вопросах, связанных с защитой Финского залива [1].

Комплекс сооружений и устройств, обеспечивающий снабжение водой всех потребителей в любое время суток в необходимом количестве и с требуемым качеством, называется системой водоснабжения. Система водоснабжения является неотъемлемой частью инженерного оборудования населенных пунктов, промышленных предприятий и объектов Министерства обороны Российской Федерации. К основным задачам водоснабжения относятся:

- забор воды;
- очистка и обработка воды;
- хранение воды в специальных резервуарах;
- транспортировка и подача воды потребителям.

В большинстве случаев в процессе использования вода утрачивает первоначальное качество, превращается в сточную воду и подлежит удалению из зоны потребления.

Сточной водой называется вода, которая в результате использования в бытовых или технологических целях получила дополнительные примеси, изменившие ее первоначальный химический состав или физические свойства.

Сточные воды делятся на бытовые и производственные. Бытовые сточные воды загрязнены физиологическими выделениями людей и хозяйственными отходами преимущественно бытового происхождения, то есть качество воды ухудшается в результате жизнедеятельности человека.

Сточные воды отводятся в водоёмы с территорий промышленных предприятий и населённых пунктов через систему канализации или самотёком.

В малых населённых пунктах с численностью населения до 10–20 тыс. чел, включая военные городки, доля производственных сточных вод в общем водоотведении незначительна, поэтому образующиеся здесь бытовые сточные воды в наибольшей степени отвечают своему определению.

Естественными приемниками сточных вод в основном служат водоёмы, которые обладают самоочищающей способностью, так как под воздействием микроорганизмов-минерализаторов органические вещества, поступающие со сточными водами, окисляются растворённым в воде кислородом, концентрация которого при этом снижается. Сточные воды, сбрасываемые в водоём, разбавляются его водой, в результате чего концентрация загрязнений в потоке смеси снижается. Но не следует преувеличивать возможностей водоёма. Сточные воды перед сбросом в водоём необходимо частично или полностью очищать.

Авторами исследовалась работа станции очистки бытовых сточных вод базы обеспечения учебного процесса Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева (с населением около 5 000 чел.), расположенной на берегу Финского залива.

База обеспечения учебного процесса Военной академии материально-технического обеспечения расположена в поселке Приветнинское Ленинградской области и предназначена для обучения курсантов академии в летний период, проведения практических занятий, курса общевоинской и специальной подготовки, комплекса экспериментальных работ по плану научных исследований. Численность личного состава базы зависит от времени года и плана учебных занятий. «Пиковые» нагрузки на станцию очистки сточных вод приходятся на летний период, так как именно в этот период проводятся практические занятия и курс общевоинской подготовки.

База обеспечения учебного процесса располагается на берегу Финского залива, выброс сточных вод осуществляется непосредственно в его акваторию, где происходит смешение сточных вод с водами водоёма [2].

Финский залив – общий для трех стран: России, Эстонии и Финляндии. Его площадь составляет 29,5 тыс. кв. км, длина 420 км, ширина от 70 до 130 км. Залив является самой мелководной частью Балтики. Иногда на берегах находят животных, занесенных в Красную книгу: детёнышей серого тюленя и балтийской кольчатой нерпы. Залив издавна богат промысловой рыбой, но начиная с 2006 г. её численность значительно сократилась из-за преждевременной эвтрофикации воды – насыщения биогенными веществами в результате жизнедеятельности человека.

Финские специалисты отметили, что основными факторами эвтрофикации является воздействие минеральных удобрений, а в ряде случаев моющих средств, компоненты которых – поверхностно-активные вещества (ПАВ) изготавливаются на фосфорной основе. Разливы нефти, бытовые и промышленные стоки, содержащие ядовитые для флоры и фауны химические вещества, являются источниками эвтрофикации.

Именно поэтому экологическое состояние Финского залива является одной из главных тем международных симпозиумов по экологии Балтики. Большое беспокойство у учёных Финляндии, Швеции, Эстонии и других стран вызывают проекты строительства нефтеналивных комплексов, портов, а также уплотнение трафика судов в Балтийском море. Поэтому для изучения и решения проблем в Хельсинки была создана комиссия по защите окружающей среды Балтийского моря [3].

Залив является источником водоснабжения многих объектов, расположенных на его берегу [4].

Вывод из строя очистных сооружений, сброс сточных вод которых осуществляется в акваторию Финского залива, вне зависимости от состава вод, ведет к возникновению прямой угрозы ихтиофауне залива, в результате чего рыбная фауна района расположения

населенного пункта может быть полностью истреблена. Также стоит отметить, что расчет сооружений водоснабжения населенных пунктов рассчитывается на устранение строго определенных концентраций вредных веществ и изменение состава воды в заливе ставит под угрозу их эффективную работоспособность [2].

Все это указывает на важность введения в строй водоочистных сооружений и обеспечения необходимого уровня очистки сточных вод, попадающих в акваторию Финского залива. Необходимо прекратить сброс неочищенных стоков в акваторию реки Невы, ее притоков и Финского залива.

Соответственно рекомендации 28Е/5 «Очистка городских сточных вод» сточные воды от жилищного сектора (хозяйственно-бытовые сточные воды) или от промышленных предприятий должны быть собраны и очищены до сброса в водный объект, переливы через обводные каналы допустимы только в исключительных случаях.

Необходимо также учитывать наличие существующего законодательства в области экологии и охраны окружающей среды, а также изменения, связанные с введением экологического налога и установлением административной и уголовной ответственности за сброс неочищенных сточных вод в водоемы.

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

Водным кодексом за нарушения водного законодательства устанавливаются меры административной и уголовной ответственности. При этом конкретизация их не приводится и должна приниматься по действующему законодательству.

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

Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях устанавливает следующие виды нарушений (КоАП РФ):

- самовольное водопользование, захват государственных водных объектов;
- засорение и загрязнение вод, нарушение на водосборах водоохранного режима, что ведет к загрязнению вод;
- самовольные работы гидротехнического назначения, забор воды без плана водопользования или с его нарушением, бесхозяйственное потребление воды, отсутствие учета сбрасываемых вод или неправильное его ведение;
- повреждение, преднамеренный вывод из строя водохозяйственных устройств, сооружений, связанные с нарушением их эксплуатации.

Уголовная ответственность в соответствии с Уголовным кодексом Российской Федерации предусмотрена за следующие нарушения:

- засорение, загрязнение, а также истощение вод, источников из которых проводится забор питьевой воды (если указанные деяния привели к существенному вреду растительному или животному миру). Наказание за данное нарушение подразумевает собой штраф в размере от 100 до 200 минимальных размеров оплаты труда, либо арест на 3 месяца;
- указанные выше деяния, причинившие вред здоровью людей, приведшие к массовой гибели рыбы наказываются штрафом от 200 до 500 минимальных размеров оплаты труда и 3 годами заключения.

Стоит отметить, что статьи КоАП РФ предусматривают наказание не только за свершившееся нарушение при сбросе сточных вод с очистных сооружений, но также и за непринятие мер для предотвращения такой ситуации. При этом мера наказания зависит от значимости водоема в регионе и реальных последствий.

Изменения в законодательстве Российской Федерации, связанные с введением экологического налога, вступят в силу с 2020 г. Налогоплательщиками экологического налога признаются организации и физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели, осуществляющие на территории Российской Федерации хозяйственную и иную деятельность, оказывающую, в соответствии с законодательством Российской Федерации в области охраны окружающей среды, негативное воздействие на окружающую среду, признаваемое объектом налогообложения. При образовании отходов, за исключением твердых коммунальных отходов, налогоплательщиками экологического налога признаются организации и физические лица, в том числе индивидуальные предприниматели, при осуществлении которыми хозяйственной и иной деятельности образовались отходы. Объектом налогообложения признается негативное воздействие на окружающую среду в результате сброса в водные объекты сточных вод, содержащих вещества, включенные в перечень загрязняющих веществ.

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

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

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Ставки платы за 1 т загрязняющих веществ
1	БПК полн.	243
2	Взвешенные вещества	977,2
3	Нитрат-анион	14,9
4	Нитрит-анион	7 439
5	Нефтепродукты	14 711,7
6	Фосфаты (по фосфору)	3 679,3
7	Хлор свободный, растворенный и хлорорганические соединения	73 553 403

С 2021 г. налоговые ставки умножаются на коэффициент, учитывающий фактическое изменение (в среднем за год) потребительских цен на товары в Российской Федерации, определенный федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по нормативно-правовому регулированию в сфере анализа и прогнозирования социально-экономического развития, в соответствии с данными государственной статистической отчетности для второго по порядку года, предшествующего году налогового периода.

При осуществлении налогоплательщиком мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и внедрению наилучших доступных технологий при исчислении налога к налоговым ставкам применяются следующие коэффициенты:

Коэффициент 0 – в отношении объема или массы выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах технологических нормативов после внедрения наилучших доступных технологий на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду.

Коэффициент 1 – за объем или массу выбросов или загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых сбросов, нормативов допустимых выбросов.

Коэффициент 25 – за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ в пределах временно разрешенных выбросов, временно разрешенных сбросов.

Коэффициент 100 – за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные для объектов 1 категории объем и массу, а также превышающих указанные в декларации о воздействии на окружающую среду для объектов 2 категории такие объем и массу.

В случае несоблюдения снижения объема или массы выбросов загрязняющих веществ в течение 6 месяцев после наступления сроков, определенных планом мероприятий по охране окружающей среды или программой повышения экологической эффективности, исчисленный за соответствующие налоговые периоды налог за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающие нормативы допустимых выбросов, нормативы допустимых сбросов или технологические нормативы, подлежит пересчету с применением коэффициента 100.

Федеральный закон вступает в силу с 1 января 2020 г., но не ранее 1 января года, следующего за годом его принятия, и не ранее одного месяца со дня официального его опубликования.

Третьим фактором является проведенная реформа жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации, в ходе которой было создано Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральное жилищно-коммунальное управление», заменившее управляющие компании министерства, занимающиеся оказанием услуг. Основной целью деятельности управления является содержание (эксплуатация) объектов военной инфраструктуры и предоставление коммунальных услуг в интересах Вооруженных Сил Российской Федерации. Одним из видов деятельности является удаление и очистка сточных вод. До возникновения данного управления штрафам подвергались «аутсорсинговые» организации, в настоящее же время управление несет полную ответственность за сброс загрязняющих веществ от объектов военной инфраструктуры в водоемы.

Также необходимо учитывать, что Финский залив – это водоем, попадающий под действие международного законодательства, а именно Рекомендации 28E/5 Хельсинской конвенции от 15 ноября 2007 г. [5], регламентирующей необходимую степень очистки сточных вод, поступающих в воды Финского залива. Хозяйственно-бытовые сточные воды или сточные воды подобного типа, которые собираются в центральную систему канализации и очищаются на станциях очистки сточных вод с нагрузкой стоков, эквивалентной объему стоков от 2 000 до 10 000 жителей, должны очищаться до достижения следующих показателей на сбросе:

- снижение БПК<sub>5</sub> минимум на 80 % или максимальная концентрация – 15 мг/л;
- снижение фосфора общего минимум на 80 % или максимальная концентрация – 1 мг/л;
- снижение азота общего минимум на 30 % или максимальная концентрация – 35 мг/л;

Учитывая эти требования, показатели очистки сточных вод для Базы обеспечения учебного процесса представлены в таблице 2.

Таблица 2. **Необходимая степень очистки сточных вод**

Наименование вещества	Содержание в водоеме	Содержание в сточной воде	Допустимое содержание на выходе	Необходимая степень очистки
Взвешенные в-ва	91 мг/л	188 мг/л	12 мг/л	90 %
БПК <sub>полн</sub>	2 мг/л	209 мг/л	15 мг/л	95 %
N <sub>общ</sub>	1,11 мг/л	37,7 мг/л	35 мг/л	10 %
P <sub>общ</sub>	0,015 мг/л	7,25 мг/л	1 мг/л	90 %

Проектировать очистные сооружения для данного военного объекта следует на достижение указанных выше показателей очистки. Однако следует учитывать характеристику объекта, выполняющего учебные цели и осуществляющего подготовку специалистов, занимающихся эксплуатацией очистных сооружений Министерства обороны.

С учетом всех вышеперечисленных факторов, авторами статьи предложена технологическая схема, состоящая из двух линий очистки воды с одинаковым составом сооружений и возможностью изменения технологии очистки в учебных целях (рис.).

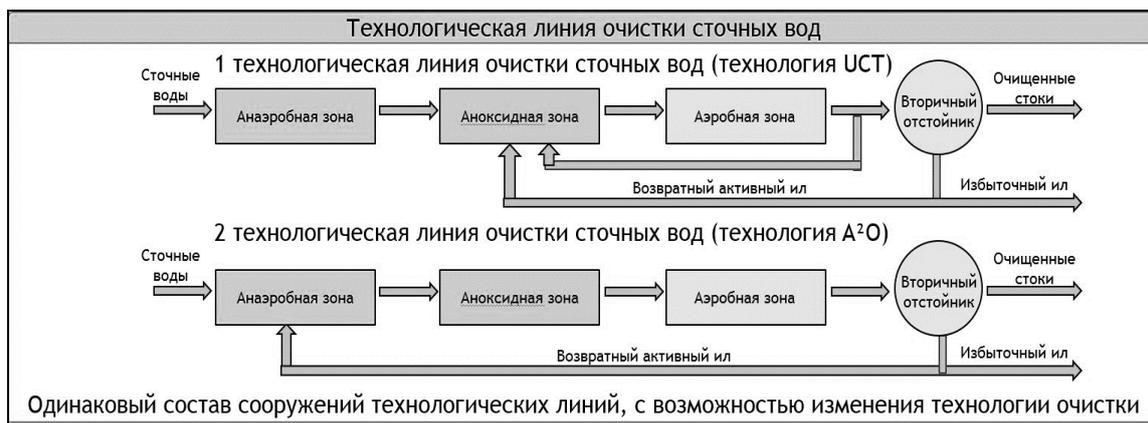


Рис. Технологическая схема очистки сточных вод

Данная технологическая схема в полной мере позволяет выполнять задачи, стоящие перед станцией очистки сточных вод, очищая воду до необходимых параметров. В то же время станция является учебным местом для подготовки специалистов по очистке сточных вод для объектов Министерства обороны.

### Выводы

1. Разработанная схема в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к очистке сточных вод для объектов Министерства обороны, учитывая все вышеупомянутые факторы. Данные очистные сооружения позволяют выполнять как производственные цели, очищая сточные воды до установленных Российским и международным законодательством норм, так и учебные, способствуя качественной подготовке специалистов для Министерства обороны.

2. Разработку и строительство станции очистки сточных вод необходимо производить в наиболее краткий период времени в связи с изменениями в законодательстве, вступающими в силу с 2020 г., регламентирующими наступление уголовной и административной ответственности за сброс неочищенных сточных вод в водоем.

### Литература

1. Водоем как приемник сточных вод. URL: <http://gardenweb.ru/vodoem-kak-priemnik-stochnykh-vod> (дата обращения: 21.09.2019).

2. Модернизации объектов коммунального назначения Министерства обороны Российской Федерации / Р.Е. Булат [и др.] // сб. докладов круглого стола: Современное состояние эксплуатационного содержания казарменно-жилищного фонда Министерства обороны России и инновационные пути перспектив его развития. 2018. С. 19–27.

3. 2014 год – Год Финского залива. URL: <http://www.ecogazeta.ru/archives/5427> (дата обращения: 21.09.2019).

4. Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства: Приказ Федер. агентства по рыболовству от 17 сент. 2009 г. № 818.

5. Рекомендация № 28E/5 Хельсинской конвенции от 15 нояб. 2007 г. URL: <http://kurs.znate.ru/docs/index-165337.html?page=2> (дата обращения: 21.09.2019).

# ИНФОРМИРОВАНИЕ И ОПОВЕЩЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Х.М. Исаев.**

**Академия ГПС МЧС России.**

**В.Г. Борисов;**

**В.Е. Неронов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приведена проблематика существующих и применяемых способов и методов информирования и оповещения населения, а также определена необходимость применения дополнительных современных методов доведения до населения сигналов оповещения на примере Республики Дагестан.

*Ключевые слова:* оповещение населения, информирование, современные способы

## INFORMING AND ALERTING THE POPULATION OF A REGION IN THE RUSSIAN FEDERATION

H.M. Isaev. State fire academy of EMERCOM of Russia

V.G. Borisov;

V.E. Neronov.

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

The development of the rules and the whole system of the modern world together with the technological progress predominates the need to apply new methods to the system of informing and alerting the population on the example of the Republic of Dagestan.

*Keywords:* public notification, information, modern methods

Развитие правил устройства современного мира и сопутствующий ему прогресс технического развития являются основополагающими факторами необходимости применения в настоящее время иных подходов к процессу оповещения населения.

В соответствии с Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», оповещение населения о чрезвычайных ситуациях (ЧС) – это доведение до населения сигналов оповещения и экстренной информации об опасностях, возникающих при угрозе возникновения или возникновении ЧС природного и техногенного характера, а также при ведении военных действий или вследствие этих действий, о правилах поведения населения и необходимости проведения мероприятий по защите.

В настоящее время в Российской Федерации созданы и функционируют [1]:

– федеральная система оповещения. Оповещение с помощью федеральной системы происходит централизованно и автоматически. Она обеспечивает передачу всех поступающих сигналов от пунктов МЧС России до центров, расположенных в федеральных округах, а также до всех органов и соединений, которые находятся в подчинении федерального центра;

– межрегиональные системы оповещения. Получив сигнал от федерального пункта, межрегиональные системы передают его по всем подчиненным федеральному округу территориальным управлениям МЧС России по субъекту Российской Федерации;

– региональные системы оповещения. Всего на территории России для обеспечения своевременного оповещения компетентных органов городов, сел и других населенных пунктов задействовано 88 систем регионального действия. Все они действуют автоматически;

– местные системы оповещения. Главная их задача состоит в четкой передаче сообщений, поступивших от органов гражданской обороны (ГО) субъекта Российской Федерации до: руководителей всех организаций, которые отвечают за ГО во всех субъектах Российской Федерации, включая города федерального значения; диспетчеров служб оперативного реагирования, находящихся на объектах с потенциальной опасностью, а также на особо крупных производствах; населения;

– локальные системы оповещения. Зоны, в пределах которых действуют локальные системы, определяются соответствующим документом Правительства Российской Федерации. Системы оповещения местного значения входят в территориальные системы ГО и для слаженной работы необходимо, чтобы они технически и программно с ними сопрягались;

– объектовые системы оповещения – это системы оповещения организаций. Их главной задачей является быстрое доведение информации о возникшей ЧС до населения, руководителей и работников предприятий. Оповещение их о дальнейших действиях и местах ближайших убежищ (при необходимости укрытия).

Проводя анализ правил и способов построения автоматизированных систем оповещения населения различных уровней, можно прийти к пониманию необходимости скорейшего внесения изменений в существующую нормативную базу федерального и регионального уровня. В частности, необходимость внесения изменений вызвана следующими факторами:

1. Создание систем оповещения населения во второй половине XX в. в основном осуществлялось по единому техническому решению централизованным способом. Применение оконечных устройств оповещения также производилось однотипно с условием их размещения на объектах государственной собственности. С увеличением количества приватизированных объектов, изменением собственников объектов, а также изменением функционального предназначения объектов, количество работоспособных оконечных устройств, способных передавать сигнал «Внимание всем», резко сократилось. Снижению охвата населения сигналами оповещения также способствовал факт прекращения проводного радиовещания – основного способа оповещения населения, применявшихся ранее систем и аппаратуры оповещения. В существующем законодательстве отсутствует описание механизма привлечения объектовых мощностей различных типов собственности к оповещению населения того или иного муниципального образования, что особенно актуально для муниципальных образований городов и поселков городского типа.

2. Действующее законодательство не приносит понимания в определении полномочий по созданию систем оповещения на различных типах территории. В связи с чем возникает вопрос правильного финансового обеспечения при создании новых или реконструкции существующих систем оповещения населения.

3. Существующее законодательство не предполагает задействование в процессе оповещения уже существующих автоматизированных систем, способных транслировать сигналы оповещения, что значительно может расширить зону покрытия и увеличить количество оповещенного населения.

Наряду с нормативными недочетами, существуют также и технические аспекты использования аппаратуры «старого парка», не позволяющие в полной мере и в установленные сроки проводить оповещение населения. Комплекс технических средств П-166 выступает базой, на основе которой функционируют и проектируются все существующие системы оповещения. Зачастую данные системы находятся в достаточно работоспособном состоянии, но задействованные в них принципы передачи связи устарели и требуют обновления [2]. Например:

– аппаратура, построенная на оборудовании аналогового типа не может использоваться в составе современных цифровых систем и не способна передавать информацию в средства массовой информации (СМИ) и Интернет-ресурсы;

– использование электросирен С-40 в составе систем оповещения не предполагает доведение информации до населения без обращения к средствам телевидения, что значительно увеличивает сроки оповещения населения.

Исходя из вышеизложенного, существует фактическая потребность в изменении способов и методов задействования систем оповещения, порядка их задействования, а также необходимость применения современных средств связи и оборудования.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», вводятся следующие определения и понимания различных систем оповещения:

1. Системы оповещения населения о ЧС, в том числе системы экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении ЧС, создаются только на региональном, муниципальном и объектовом уровнях единой системы.

2. Специализированные технические средства оповещения и информирования населения в местах массового пребывания людей – это специально созданные технические устройства, осуществляющие прием, обработку и передачу аудио- и (или) аудиовизуальных, а также иных сообщений об угрозе возникновения, о возникновении ЧС и правилах поведения населения.

3. Информирование населения о ЧС – это доведение до населения через средства массовой информации и по иным каналам информации о прогнозируемых и возникших ЧС, принимаемых мерах по обеспечению безопасности населения и территорий, приемах и способах защиты, а также проведение пропаганды знаний в области ГО, защиты населения и территорий от ЧС, в том числе обеспечения безопасности людей на водных объектах, и обеспечения пожарной безопасности.

4. Комплексная система экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении ЧС – это элемент системы оповещения населения о ЧС, представляющий собой комплекс программно-технических средств систем оповещения и мониторинга опасных природных явлений и техногенных процессов, обеспечивающий доведение сигналов оповещения и экстренной информации до органов управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС и до населения в автоматическом и (или) автоматизированном режимах.

Срабатывание систем оповещения, работающих в автоматическом режиме, позволяет вовремя начать эвакуацию, что значительно снижает количество пострадавших в ЧС. Сигналы должны иметь максимальный охват территории, независимо от места их расположения: город, село или удаленные районы. Кроме того, оповещение должно дойти до каждого гражданина, где бы он в данный момент ни находился.

Учитывая вышеизложенное, а также особенности развития современных информационных технологий, в настоящее время появилась необходимость применения различных методов оповещения и информирования населения с задействованием наиболее современных технических средств и возможностей, чтобы широкие слои населения в кратчайшие сроки узнали всю экстренную информацию о сложившейся обстановке, если возникает ЧС или угроза ЧС, связанная с особенностями природы, техногенными причинами, военной активностью. Наиболее эффективным методом оповещения населения представляется способность оконечных устройств оповещения наряду с доведением сигнала «Внимание всем» одновременное доведение и аудиоинформации. В рамках сообщения обязательно необходимо упоминать пошагово как человек должен вести себя, какие первичные защитные меры принять, чтобы снизить вероятность ущерба для здоровья, имущества.

На примере Республики Дагестан можно использовать новую систему оповещения. Так экстренную информацию о сложившейся обстановке возможно передавать с минаретов мечетей, используя технические средства (громкоговорители), установление на них. Данные технические средства используются не менее пяти раз в сутки во время каждой молитвы и поддерживаются в постоянной готовности [3].

В каждом населенном пункте Республики Дагестан построена мечеть, а в зависимости от количества населения и территории населенного пункта количество мечетей может быть две и более. В одном только г. Махачкале мусульманских храмов (мечетей) насчитывается более 117, а в Республике их более 2 000. Поэтому использование их в целях оповещения населения об угрозе возникновении или возникновении ЧС видится эффективным в республике.

При поступлении сигнала от оперативного дежурного МЧС России служителю мечети информация для населения будет передаваться через установку несколько раз.

Информирование населения об опасности – использование СМИ и иных информационных каналов для передачи сведений относительно ЧС, которые уже возникли либо могут произойти с высокой степенью вероятности. Дополнительно специальные службы сообщают, какими мерами можно защитить себя, какие приемы использовать, какие территории наиболее безопасны. Подобные мероприятия – важнейший способ пропаганды знаний относительно защиты участков, людей от ЧС. Раскрываются аспекты гражданской безопасности. Нередко актуальные сведения передаются относительно водных объектов. Информирования необходимы при возникновении высокой вероятности возгораний с целью предупреждения пожаров. Через информирование населения можно оперативно предоставить широким слоям населения максимум сведений относительно правил поведения, а также привлечь внимание людей к сложившейся ситуации. Это особенно актуально в условиях доминирования стереотипов: «само пройдет» и «меня не коснется». Массовое громкое уведомление о факторе опасности дает шанс всем и каждому осознать всю тяжесть обстоятельств, сложившихся в текущий момент, а четкое инструктирование касаясь действий предотвращает панику и хаос.

Систематизированный подход – залог успеха, следовательно, чтобы оповещение населения о ЧС дало результаты, необходимо прибегать к комплексным мерам привлечения внимания к сложившейся обстановке. Если есть вероятность ЧС либо она уже случилась, необходимо применять программные и технические средства, системы оповещения, методы мониторинга техногенных и природных процессов и явлений. Важно иметь в распоряжении и уметь пользоваться функционирующими методами доведения сигналов и особенно важной информации до тех, кому эти сведения жизненно нужны. Такие сведения должны поступать и в госорганы, управляющие госсистемой предупреждения ЧС и борьбой с последствиями. Современные требования безопасности федерального уровня обязывают использовать автоматизированные и автоматические средства донесения сведений до широких слоев населения. Специальные технические средства для передачи информации, оповещения населения о ЧС обычно устанавливаются в местах массового нахождения людей. Речь идет о технике, через которую можно транслировать звук, видео, сообщения в иной форме, уведомляющие о возможности ЧС. Через такое объявление обязательно инструктируют как нужно вести себя в настоящий момент, какие первичные меры принимать при изменении обстоятельств. Современные способы информирования населения были разработаны как первичная мера предупреждения панического настроения среди широких слоев населения при возникновении ЧС. Предсказать итоги паники при большом скоплении людей крайне сложно. Такой фактор сильно угнетает положение, усиливает негативные последствия ЧС. Минимизация его возможна через грамотно организованное информирование, для чего и была разработана такая сложная система с большим количеством уровней.

Возможность привлечения Интернет-ресурсов к информированию населения крайне важна и востребована в современных условиях жизни. Чтобы охватить пользователей интернета и обеспечить дополнительные способы оповещения граждан, в настоящий момент на стадии обсуждения находится предложения по внесению изменений в действующие нормативно-правовые акты, определяющие порядок и способы проведения мероприятий по оповещению населения [4]. Согласно им, Интернет-провайдеров предлагают обязать передавать своим абонентам сигналы оповещения и экстренную информацию при угрозе возникновения или возникновении ЧС природного и техногенного характера, а также при ведении военных действий или вследствие этих действий, о правилах поведения населения и необходимости проведения мероприятий по защите.

«Операторами связи, оказывающими телематические услуги связи, оповещение осуществляется путем перенаправления абонента (пользователя) на специально созданную страницу официального сайта оператора связи, оказывающего телематические услуги связи, в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (сеть Интернет), содержащую

соответствующую информацию. Перенаправление абонента (пользователя) осуществляется при обновлении страницы сайта в сети Интернет либо переходе на другую страницу сайта в сети Интернет».

Таким образом, реализация комплексных мероприятий по внесению изменений в нормативную базу и применение актуальных и современных средств связи призвано значительно усовершенствовать процедуру оповещения населения и оптимизировать процессы управления оповещением.

### **Литература**

1. Качанов С.А., Тетерин И.М., Топольский Н.Г. Информационные технологии предупреждения и ликвидации ЧС: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2006.
2. Центры управления в кризисных ситуациях и система информирования и оповещения населения / И.М. Тетерин [и др.]: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2010.
3. Качанов С.А., Нехорошев С.Н., Попов А.П. Информационные технологии поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях: автоматизированная информационно-управляющая система Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: вчера, сегодня, завтра: монография. МЧС России, ВНИИ ГОЧС. М.: Деловой экспресс, 2011.
4. Ибрагимов И.А. Архитектура современных российских мечетей // Академический вестник. 2011. № 2.



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Борисов Виктор Геннадьевич** – студент ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Викман Андрей Вячеславович** – адъюнкт СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Галямова Дарья Викторовна** – студент ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Зонов Григорий Сергеевич** – курсант фак-та экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Иванов Анатолий Николаевич** – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Исаев Хирамагомед Магомедович** – слушатель фак-та руковод. кадров академии ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4, стр. 2);

**Кеда Дмитрий Прокопьевич** – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

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

**Кутузов Василий Васильевич** – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Макарчук Галина Васильевна** – препод. каф. систем жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. пед. наук, доц.;

**Медведева Людмила Владимировна** – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пожарной безоп. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

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

**Михайлов Роман Юрьевич** – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: roman290805@mail.ru;

**Мусатов В.И.** – курсовой офицер – преподаватель фак-та строит-ва военно-морских баз Военного ин-та (инж.-техн.) Военной акад. матер.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), e-mail: musatov2112@ya.ru;

**Некрасов Александр Сергеевич** – препод. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Неронов Владислав Евгеньевич** – зам. начальника 2 курса по воспит. раб. ФИТ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Нифталиев Арзу Лютви оглы** – студент ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Пермяков Алексей Александрович** – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: jouker2005@yandex.ru, канд. пед. наук;

**Романов Николай Николаевич** – доц. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: romanov\_n.n@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Трофимец Елена Николаевна** – доц. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. проц. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

**Трубилко Андрей Игоревич** – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пожарной безоп. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. физ.-мат. наук, доц.;

**Трубилко Людмила Алексеевна** – учитель физики ГБОУ СОШ № 80 Петроградского р-на СПб с углуб. изуч. англ. яз. (197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 18, лит. А);

**Туголуков Данил Максимович** – курсант фак-та экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Уткин Олег Валерьевич** – ст. препод. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Эрлих Евгений Александрович** – курсант фак-та экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149).

---

---

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

---

---

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

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

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

## «ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

### (ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

---

---

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

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

а) для **сотрудников** СПб УГПС – *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. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневой опасности: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: [http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5\\_3\\_1.htm](http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm) (дата обращения: 15.12.2007).

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

## **7. Оформление раздела «Сведения об авторах»**

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

*Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.*

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

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



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

Научно-аналитический журнал

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

**№ 3 (31) – 2019**

Выпускающий редактор  
П.А. Болотова  
А.В. Домничева

---

Подписано в печать 27.09.2019. Формат 60×84<sub>1/8</sub>.  
Усл.-печ. 8,5 л. Тираж 1000 экз. Зак. №

---

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