

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
**ПРОБЛЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ  
В ТЕХНОСФЕРЕ**  
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT  
**№ 1 (57) – 2021**

**Редакционный совет**

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

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

**Члены редакционного совета:**

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

доктор технических наук, ассоциированный профессор (доцент) полковник гражданской защиты **Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич**, начальник Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан;

доктор технических наук, доцент полковник внутренней службы **Крутолапов Александр Сергеевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор военных наук, профессор **Актерский Юрий Евгеньевич**, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

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

доктор химических наук, профессор полковник внутренней службы **Калач Андрей Владимирович**, начальник кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну Воронежского института федеральной службы исполнения наказаний России;

доктор химических наук, профессор **Рудаков Олег Борисович**, заведующий кафедрой химии и химической технологии материалов Воронежского государственного технического университета;

доктор физико-математических наук, профессор **Локтев Алексей Алексеевич**, заведующий кафедрой «Транспортное строительство» Российского университета транспорта;

кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор (доцент) полковник гражданской защиты **Раимбеков Кендебай Жанабилович**, заместитель начальника Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан по научной работе;

доктор юридических наук, профессор **Сафарзода Бахтовар Амиралли**, заместитель Генерального секретаря Совета Межпарламентской Ассамблеи – полномочный представитель Маджлиси Оли Республики Таджикистан в МПА СНГ и ПА ОДКБ;

доктор юридических наук, доцент **Макаров Олег Сергеевич**, директор Белорусского института стратегических исследований (Республика Беларусь, г. Минск);

доктор юридических наук, доцент **Ковалева Наталья Витальевна**, профессор Департамента международного и публичного права Финансового университета при Правительстве Российской Федерации;

доктор юридических наук, профессор **Агаев Гююлоглан Али оглы**, профессор кафедры уголовного права и таможенных расследований Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения;

доктор юридических наук, доцент **Антонов Антон Геннадьевич**, профессор кафедры уголовного права Санкт-Петербургского университета МВД России;

доктор юридических наук, доцент **Хлебушкин Артем Геннадьевич**, профессор кафедры уголовного права и уголовного процесса Санкт-Петербургского государственного экономического университета;

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

**Мухаммед Халил Абузалата**, профессор кафедры инженерной мехатроники Университета прикладных наук Аль-Балка, декан (президент) Арабского университетского технологического колледжа (Иордания).

#### **Секретарь совета:**

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

## **Редакционная коллегия**

**Председатель** – кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Онов Виталий Александрович**, начальник центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

#### **Члены редакционной коллегии:**

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

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

кандидат военных наук, доцент полковник внутренней службы **Горбунов Алексей Александрович**, заместитель начальника университета по учебной работе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

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

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

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

**Секретарь коллегии:**

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

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

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

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

**Периодичность издания журнала – ежеквартальная**

## СОДЕРЖАНИЕ

### **БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

<b>Хайдаров А.Г., Королева Л.А., Нарусова Е.Ю.</b> Комплексная оценка эксергетической эффективности, экологической и пожарной опасности процессов обращения с твердыми коммунальными отходами .....	6
<b>Ударцева О.В., Тарасова С.С.</b> Идентификация опасностей и оценка риска методом риск-сессий .....	15
<b>Аксенов А.А., Аксенова Е.И., Баранов А.А.</b> Проблемы обеспечения пожарной безопасности на автомобильных газозаправочных станциях .....	21
<b>Рева Ю.В.</b> Особенности электромагнитного расчета электрических машин открытого исполнения для судов ледового класса .....	27

### **ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<b>Королев Д.С., Минкин Д.Ю.</b> Методика работы интегрированной цифровой системы пожарной автоматики с газоанализирующим оборудованием .....	32
<b>Дашко И.В., Дашко Л.В.</b> Анализ патентов на изобретения, связанных с огнезащитными составами для обработки древесины .....	39
<b>Кондрашин А.В., Колесников Д.А., Баландин А.В.</b> Опыт применения и перспективы использования программно-аппаратного комплекса «СервисНейро» для предупреждения аварий в системах газоснабжения .....	49
<b>Сысоева Т.П., Агеев П.М., Калач А.В.</b> Экспертное исследование газовых бытовых приборов после пожара .....	54
<b>Лоскутов Н.В., Мироньчев А.В., Чижков А.Г.</b> Осуществление государственного контроля за системами пожарной сигнализации в условиях применения механизма «регуляторной гильотины» .....	59
<b>Ивахнюк Г.К., Столяров С.О.</b> Регрессионная модель процесса наступления предельного состояния огнезащитных покрытий в условиях углеводородного пожара .....	68
<b>Елисеев И.Б., Матвеев А.В.</b> Анализ состояния и проблем пожаротушения капитально ремонтируемых зданий и сооружений Санкт-Петербурга .....	71
<b>Савин С.Н., Данилов И.Л.</b> Некоторые особенности восстановления монолитных железобетонных конструкций, поврежденных при пожарах .....	76

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

<b>Плотникова К.С., Вагин А.В.</b> Проблемы нормирования эвакуации маломобильных групп населения из общественных зданий .....	82
<b>Седнев В.А., Седнев А.В.</b> Особенности выполнения задач пожарно-спасательными формированиями в военное время в населенном пункте и организации их защиты .....	89
<b>Шаповалова Е.А., Бочарова С.В.</b> Внедрение системы управления рисками в области охраны труда на примере фанерного комбината .....	94
<b>Савчук О.Н., Нефедьев С.А., Сильников М.В.</b> Пути совершенствования методики прогнозирования масштабов загрязнения местности нефтепродуктами при перевозке железнодорожным транспортом в случае аварий .....	100
<b>Таранцев А.А., Шидловский Г.Л., Поташев Д.А.</b> Особенности развития пожаров автомобилей в подземных автостоянках и их тушение .....	108
<b>Седнев В.А.</b> Предложения по повышению эффективности управления силами и средствами при оборудовании инженерных сооружений по защите населения в зонах возможного катастрофического затопления .....	116

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

**Андрюшкин А.Ю., Афанасьев Е.О., Кадочникова Е.Н.** Обоснование эффективности применения тонкораспыленной воды при тушении в замкнутых пространствах ..... 127

**Мальчиков К.Б., Коробейникова Е.Г., Кожевникова Н.Ю.** Особенности определения высоты факела пожаров твердых горючих веществ и материалов ..... 130

**Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А.** Фазовое равновесие в газожидкостных углеводородных соединениях ..... 136

**ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА**

**Агаев Г.А., Медведева А.А.** Условное неприменение уголовного наказания: за и против ..... 143

**Сведения об авторах** ..... 150

**Информационная справка.** ..... 154

**Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере».** ..... 159

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

**ББК 84.7Р**

**УДК 614.84+614.842.84**

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

**ISSN 1998-8990**

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2021

---

---

# БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

---

---

УДК 614.841.4  
351.777.613

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОБРАЩЕНИЯ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

**А.Г. Хайдаров, кандидат технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет).**

**Л.А. Королева, кандидат технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**Е.Ю. Нарусова, кандидат технических наук, доцент.  
Российский университет транспорта**

Рассмотрены проблемы, связанные с образованием и управлением твердыми коммунальными отходами. Проведен сравнительный анализ технологий обращения с твердыми коммунальными отходами, выделены оптимальные схемы их комплексной переработки. Особое внимание уделено пластмассовым отходам. Проведена сравнительная оценка эксергетической эффективности для выбранных сценариев обращения с твердыми коммунальными отходами. Доказано, что применение эксергетического показателя позволяет с единых методологических позиций определить энергетическую эффективность, провести оценку экологической и пожарной опасности процессов обращения с отходами.

*Ключевые слова:* эксергетический показатель, пожарная опасность, захоронение отходов, сжигание отходов, переработка отходов, пластмассы

## COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF EXERGETIC EFFICIENCY, ENVIRONMENTAL AND FIRE HAZARD OF SOLID MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT PROCESSES

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

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

E.Yu. Narusova. Russian university of transport

Problems related to the formation and management of municipal solid waste are considered. A comparative analysis of municipal solid waste management technologies has been carried out, and optimal schemes for their complex processing have been identified. Special attention is paid to plastic waste. A comparative assessment of the exergetic efficiency for the selected municipal solid waste management scenarios was carried out. It is proved that the use of the exergy indicator allows from a single methodological position to determine of energy efficiency, to assess the environmental and fire hazard of waste management processes.

*Keywords:* exergetic index, fire hazard, waste disposal, waste incineration, waste recycling, plastics

Одной из основных тенденций современности является увеличение количества твердых коммунальных отходов (ТКО). Проблема накопления и утилизации мусора в полном объеме не решена ни в одной стране мирового сообщества [1, 2]. Особенно остро она стоит в крупных городах, что определяется увеличением проживающего в них населения, ростом благосостояния граждан и другими причинами. Например, население Москвы и Московской области составляет более 19,8 млн человек, которые производят около 11 млн т ТКО в год. Объемы образующегося мусора растут, что в среднем по России составляет около 3 % в год.

Переполнение полигонов, рост количества нелегальных свалок стало одной из основных негативных особенностей современности. В докладе Счетной палаты [3] отмечается, что только около 7 % всего образующегося мусора идет на переработку.

Одной из основных задач обеспечения устойчивого развития является создание доступной, эффективной, стабильной системы управления отходами. При ее проектировании должны быть учтены не только социально-экономические, но и экологические факторы, проведена оценка пожарной опасности.

Для определения ресурсной ценности, рациональной утилизации, оценки пожарной и экологической опасности изучают морфологию ТКО [4, 5]. Следует выделить существующие тенденции изменения состава отходов: уменьшение доли металлов, что обеспечивается снижением металлоемкости продукции и извлечением данной фракции на контейнерных площадках; увеличение количества пищевых отходов, полимеров, упаковки и текстиля. Усредненный морфологический состав современных ТКО (масс %) крупных городов России представлен на рис. 1.

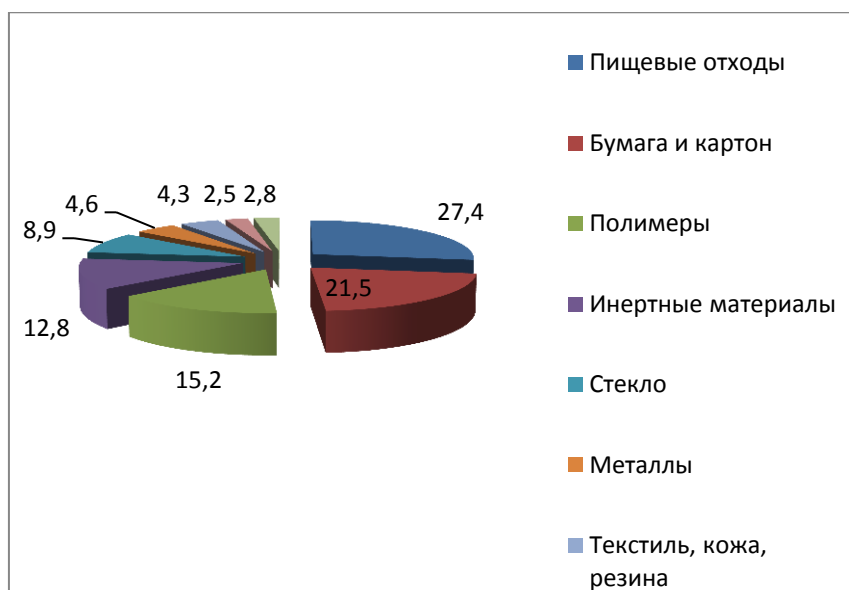


Рис. 1. Усредненный морфологический состав современных ТКО (масс %) крупных городов России

Как следует из данных, приведенных Счетной палатой [3], более 90 % отходов подвергаются захоронению. При этом разложение компонентов ТКО в теле полигона протекает с разной скоростью (табл. 1).

Выбор и реализация технологий обращения с отходами является сложной задачей, что обусловлено недостаточной объективностью данных о морфологическом составе, свойствах и объемах мусора; недостатками сортировки; низким уровнем культуры обращения населения с ТКО и другими причинами. Вопросам обеспечения пожарной безопасности уделяется недостаточно внимания. Сравнительный анализ технологий обращения с ТКО представлен в табл. 2.

Таблица 1. Периоды разложения компонентов ТКО [2]

Фракция ТКО	Период разложения
Пищевые отходы	около 1 месяца
Бумага и картон в том числе газетная бумага	1–3 месяца около 1 года
Стекло	более 1 000 лет
Пластиковые отходы (бутылки)	180–200 лет
Отсев /(листья, ветки)	3–4 месяца
Текстиль: – натуральные ткани; – синтетические ткани	2–3 года 30–40 лет
Строительные отходы	до 100 лет
Металлы: – железо; – алюминиевые банки	10–20 лет 500 лет
Кожа, резина: – кожа; – резина	10 лет 120–140 лет

Таблица 2. Сравнительный анализ технологий обращения с ТКО

Технология обращения с ТКО	Достоинства	Недостатки
Захоронение отходов	– отсутствие затрат времени на сортировку мусора; – низкая стоимость; – отсутствие финансовых вложений на создание инфраструктуры и образование населения	– несоответствие полигонов требованиям безопасности; – загрязнение окружающей среды; – пожарная опасность полигонов, в том числе возникновение затяжных пожаров, выделение токсичных соединений при горении; – отсутствие на полигоне процессов сортировки для выделения вторичного сырья; – рост количества несанкционированных свалок
Сжигание отходов	– значительное снижение объема отходов, требующего захоронения; – уменьшение пожарной опасности полигонов вследствие снижения содержания органических компонентов в золе; – снижение распространения инфекций; – уменьшение выбросов в атмосферу при эффективной системе очистки; – использование энергии от сжигания отходов; – производство оборудования для мусоросжигательных заводов (МСЗ) как дополнительный стимул развития производства	– потенциальная опасность процессов сжигания; – высокая стоимость строительства и эксплуатации МСЗ; – увеличение токсичности золы и шлака по сравнению с исходным сырьем; – большая масса золы и шлака и необходимость решения вопросов, связанных с их утилизацией; – дорогостоящие системы очистки дымовых газов; – ограниченный срок эксплуатации МСЗ



Технология обращения с ТКО	Достоинства	Недостатки
Переработка отходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– снижение вредного воздействия на окружающую среду по сравнению со сжиганием и захоронением;</li> <li>минимизация объемов для захоронения;</li> <li>– снижение выбросов;</li> <li>– экономическая целесообразность;</li> <li>– снижение инвестиционных затрат по сравнению с МСЗ;</li> <li>– высокие показатели по числу создаваемых рабочих мест;</li> <li>– экономия природных ресурсов;</li> <li>– развитие экологического самосознания граждан и формирование ответственного отношения к окружающей среде</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение стоимости утилизации мусора за счет роста затрат на отдельную сортировку;</li> <li>– необходимость проведения разъяснительной работы среди населения по вопросам сбора мусора;</li> <li>– переработке подлежат не все виды мусора;</li> <li>– возможность содержания токсичных веществ в переработанных материалах;</li> <li>– снижение качества материалов</li> </ul>

Проведя анализ различных технологий управления отходами, можно выделить две оптимальные схемы комплексной переработки ТКО.

1) Последовательная переработка единого потока смешанных отходов (рис. 2). Процесс начинают с предварительной сортировки мусора и извлечения вторичного сырья, которое поступает в переработку (около 16,5 % от первоначального объема ТКО). Оставшийся мусор подвергается биоразложению. Затем остаток прессуют и направляют на захоронение [2].



Рис. 2. Последовательная схема переработки единого потока смешанных отходов

В результате реализации рассматриваемой схемы на полигоны поступает около 26 % от первоначального объема ТКО (рис. 3).

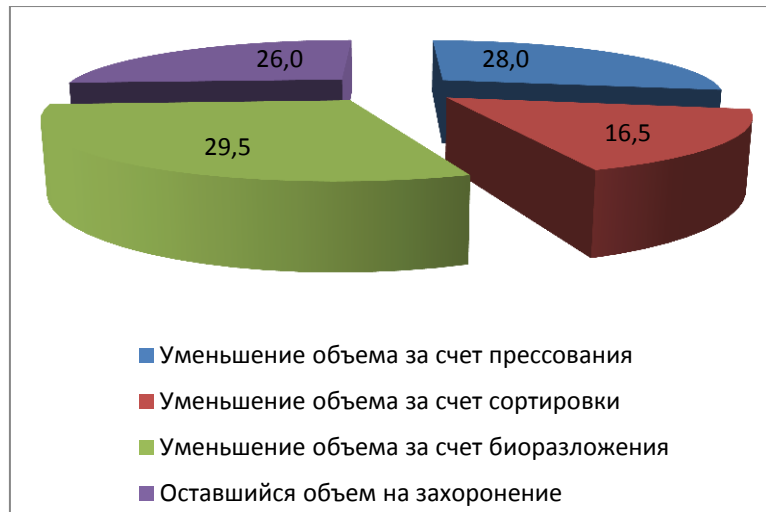


Рис. 3. Вклад технологий переработки в снижение объема (%) ТКО для последовательной схемы переработки смешанных отходов

2) Параллельная схема переработки отдельно собранных отходов (рис. 4).



Рис. 4. Параллельная схема переработки отдельно собранных ТКО

Сбор отходов проводят в отдельные контейнеры: для «сухого» вторичного сырья; «влажных» органических отходов; несортированного мусора. ТКО из последнего обрабатывают в соответствии с последовательной схемой (1). Вторичное сырье сортируют на предприятии и отправляют на переработку. Органику компостируют и продают потребителям. Неперерабатываемые отходы и «хвосты» сортировки прессуют и направляют на захоронение. При этом на полигоны поступает около 12,8 % от первоначального объема ТКО (рис. 5). Такой метод обращения с отходами отмечается как наиболее оптимальный, однако «требует участия населения, а значит – постепенности» [2].

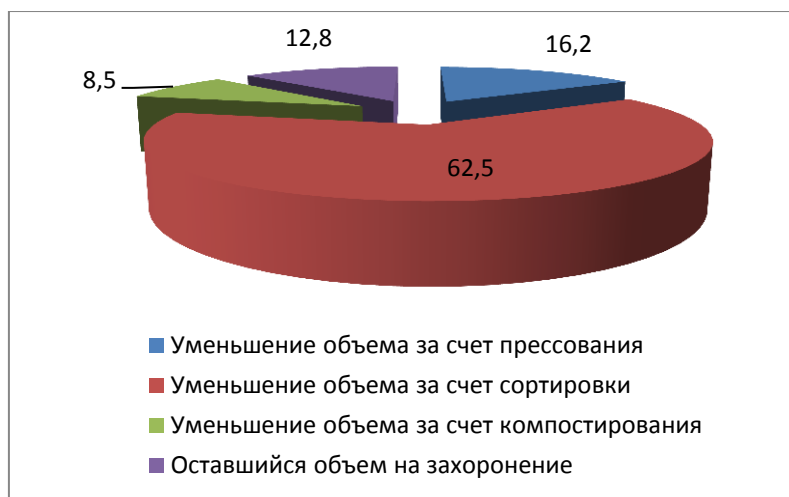


Рис. 5. Вклад технологий переработки в снижение объема (%) для параллельной схемы обращения с раздельно собранными отходами

Отдельного рассмотрения требуют пластмассовые отходы. Потребление пластмасс растет примерно на 8 % в год и в ближайшие 20 лет ожидается удвоение их производства [6]. Уровень переработки пластика не высок и составляет, например, около 30 % в Европе и 9 % в США. В большинстве развивающихся стран он близок к нулю. Одна из самых больших проблем – упаковка. Достоинства и недостатки сжигания и переработки как технологий обращения с пластмассовыми отходами представлены на рис. 6.



Рис. 6. Сравнительный анализ технологий сжигания и переработки пластмассовых отходов

Для исследования процессов обращения с ТКО важное значение имеют методы системной оценки. Эксергетический анализ может быть рассмотрен как наиболее перспективный для выбора технологии обращения с отходами, что определяется возможностью проведения комплексной оценки эксергетической эффективности процессов, их экологической и пожарной опасности [7].

Значение удельной эксергии  $e$  (кДж/моль) может быть определено с использованием выражения:

$$e = h_1 - h_0 - T_0(s_1 - s_0),$$

где  $(h_1 - h_0)$  – изменение энтальпии системы, кДж/моль;  $T_0$  – температура окружающей среды, К;  $(s_1 - s_0)$  изменение энтропии системы, кДж/(моль\*К).

Эксергетическая эффективность системы управления ТКО  $\eta_E$  рассчитывается формуле:

$$\eta_E = \frac{\sum E_{\text{вых}}}{\sum E_{\text{вх}}} \times 100\%,$$

где  $\sum E_{\text{вх}}$  – эксергия входных потоков;  $\sum E_{\text{вых}}$  – эксергия полезных выходных потоков.

Входные потоки систем управления ТКО включают в себя твердые отходы, энергию, топливо и рабочую силу, выходные потоки – метан, тепло и компост.

Для определения эксергетической эффективности были рассмотрены три основных сценария [8]:

Сценарий 1: захоронение.

Сценарий 2: разделение, компостирование, захоронение. При этом компостированию подвергается органическая фракция ТКО размером 15–60 мм.

Сценарий 3: разделение, компостирование, сжигание и захоронение. На сжигание направляется фракция размером более 60 мм, осуществляется выработка электрической энергии.

Сравнение рассматриваемых сценариев позволяет сделать вывод, что эксергетическая эффективность процесса сжигания выше, чем компостирования и захоронения (рис. 7).

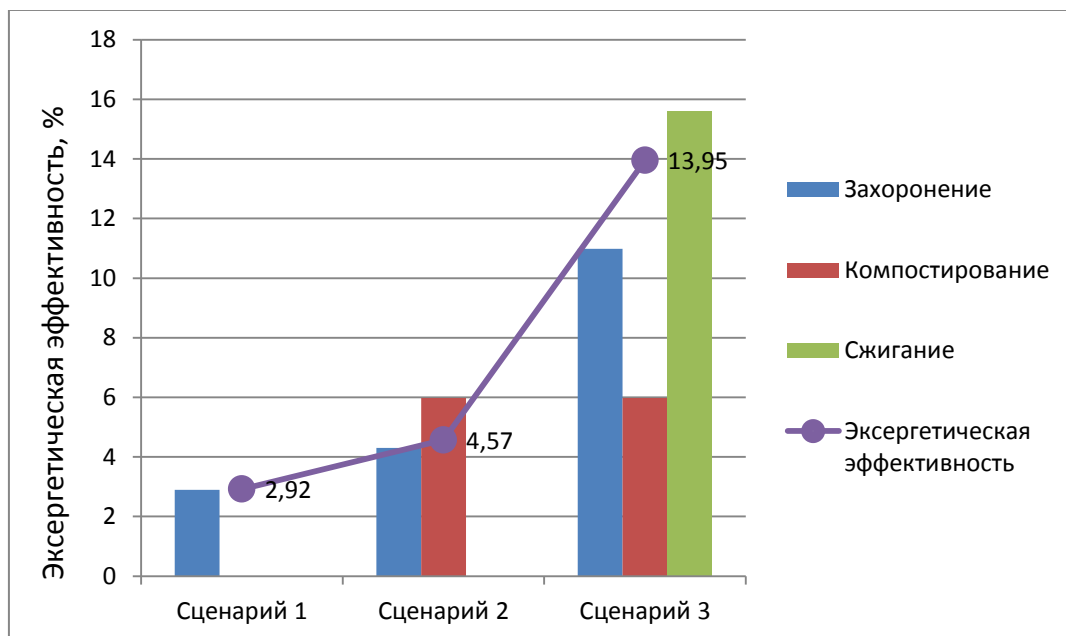


Рис. 7. Эксергетическая эффективность различных сценариев обращения с отходами [8]

На эксергетическую эффективность процессов переработки твердых отходов влияют характеристики ТКО, которые были разделены по размерам на три группы: < 15; 15 – 60; > 60 мм. Эксергетическая эффективность переработки ТКО в зависимости от размера частиц показана в табл. 3.

Таблица 3. Эксергетическая эффективность различных процессов переработки и захоронения ТКО [8]

Процесс	Разделение	$\sum E_{вх}$ , ГДж	$\sum E_{вых}$ , ГДж	$\eta_E$
Захоронение	Смешанные отходы	25470,9	743,2	2,92
	С отделением фракций < 15 мм и > 60 мм	21391,8	927,2	4,3
	< 15 мм	388,4	42,3	10,9
Компостирование	15 – 60 мм	4122,4	246,3	6,0
Сжигание	Смешанные отходы	26792,1	3812,3	14,2
	> 60 мм	21876,2	3411,1	15,6

Отделение крупной фракции (> 60 мм) повышает эксергетическую эффективность процессов. Это связано с тем, что большую ее часть составляют пластмассы и бумага, которые, с одной стороны, мало влияют на производство метана в процессе захоронения отходов, с другой стороны, имеют высокую эксергетическую эффективность при сжигании. Эксергетический вклад пластмасс составляет около 15 000 ГДж, что приблизительно соответствует 70 % от общей эксергии входных потоков, направляемых на сжигание. Сжигание может быть рассмотрено как эффективный способ получения энергии.

Оценку пожарной опасности пластмасс целесообразно проводить с использованием эксергетического подхода [7], что подтверждается наличием прямой пропорциональной зависимости между теплотой сгорания и эксергией (рис. 8).

Расчеты эксергии проводили по методике, представленной в работе [7] для следующего состава фракции: полистирол, полиэтилен высокого и низкого давления, поливинилхлорид, полиэтилентетрафталат, полихлорид, полипропилен и другие пластмассы.

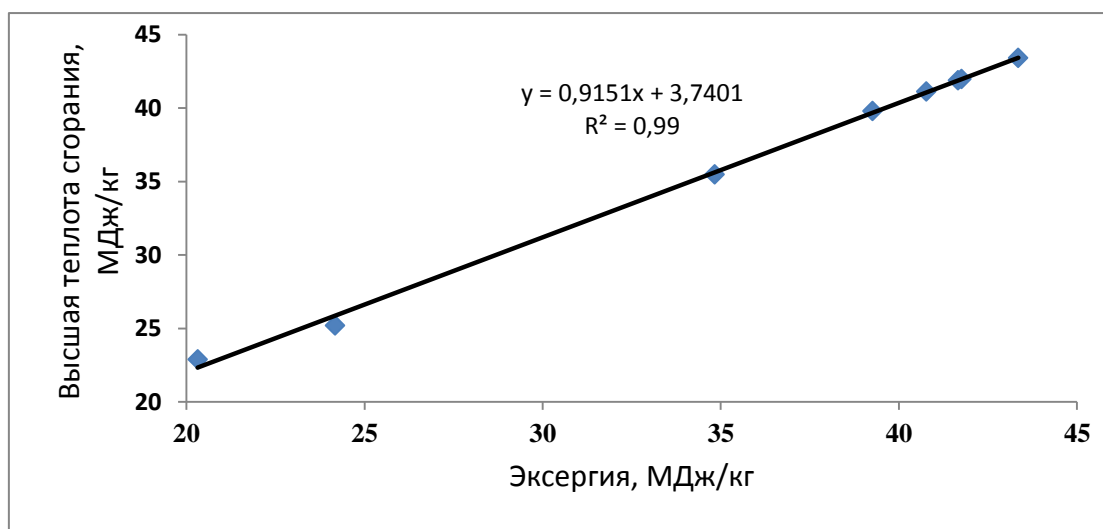


Рис. 8. Зависимость высшей теплоты сгорания от эксергии для пластмасс

Использование эксергетического показателя [9] целесообразно для уточнения группы горючести ТКО, в том числе и пластмасс. «Одни и те же материалы проходят разные жизненные циклы – получение, хранение, транспортировку, применение и утилизацию» [10]. Горючесть «должна зависеть от этапа жизненного цикла». Однако в нормативных документах не определено, «каким образом горючесть может при этом изменяться» [10].

Значение эксергии может быть введено в процедуру определения категорий помещений, зданий и наружных установок по пожарной опасности при обращении с отходами.

Учитывая, что эксергия является мерой отклонения параметров состояния термодинамической системы от условий окружающей среды, можно оценить не только «возможность использования данной термодинамической системы, ее ресурсный потенциал, но и изменения, которые могут произойти в окружающей среде, ее экологическую опасность» [11]. Основным ограничением использования рассматриваемого подхода является невозможность учета токсикологических и санитарно-гигиенических аспектов воздействия ТКО на человека и окружающую среду.

Таким образом, при разработке стратегии управления отходами необходимо комплексно учитывать энергетическую эффективность, экологическую и пожарную опасность процессов обращения с ТКО. Как интегральная величина, позволяющая рассмотреть эти процессы с единых методологических позиций, целесообразно использование эксергетического показателя.

### Литература

1. Kumar A., Agrawal A. Recent trends in solid waste management status, challenges, and potential for the future Indian cities – A review // *Current Research in Environmental Sustainability*. 2020. Vol. 2. P. 10001.
2. Мусорная революция: доклад российского отделения Greenpeace. URL: [https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2019/08/Musor\\_Revolution.pdf](https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2019/08/Musor_Revolution.pdf) (дата обращения 21.10.2020).
3. Анализ выполнения мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность Российской Федерации, в части ликвидации объектов накопленного вреда и формирования комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами: отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия // *Бюллетень Счетной палаты Рос. Федерации*. 2020. № 9 (274). С. 6–43.
4. Козлов Г.В., Ивахнюк Г.К. Морфологический состав твердых коммунальных отходов по регионам мира в XX и начале XXI века (обзор) // *Известия СПбГТИ (ТУ)*. 2014. № 24 (50). С. 58–66.
5. Moody C.M., Townsend T.G. A comparison of landfill leachates based on waste composition // *Waste Management*. 2017. Vol. 63. P. 267–274.
6. Сжигать, перерабатывать или закопать? Куда деть этот пластик? URL: <https://ruslom.com/szhigat-pererabotat-ili-zakopat-kuda-det-etot-plastik/> (дата обращения 01.11.2020).
7. Хайдаров А.Г., Королева Л.А., Ивахнюк Г.К. Эксергетическая оценка пожарной опасности перевозок на железнодорожном транспорте // *Пожаровзрывобезопасность*. 2018. Т. 27. № 10. С. 26–37.
8. Zhou C., Hu D., Wang R., Liu J. Exergetic assessment of municipal solid waste management system in south Beijing // *Ecological Complexity*. 2011. V. 8. Issue 2. P. 171–176.
9. Кошкарлов Р.В., Королева Л.А., Королев И.Д. Введение эксергетического показателя в процедуру классификации опасных грузов железнодорожного транспорта // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2020. № 3 (55). С. 10–15.
10. Корольченко А.Я. Проблемы определения горючести веществ // *Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety*. 2015. Т. 24. № 12. С. 6–10.
11. Боровков Ю. Н., Воронцова В. М. Возможности использования эксергетического метода в экологическом менеджменте // *Научный журнал*. 2018. № 4 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-ispolzovaniya-eksergeticheskogo-metoda-v-ekologicheskom-menedzhmente> (дата обращения: 29.09.2020).

УДК 614.8

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ И ОЦЕНКА РИСКА МЕТОДОМ РИСК-СЕССИЙ**

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

**С.С. Тарасова.**

**Тюменский индустриальный университет**

Проведен анализ использования метода риск-сессий в управлении промышленной и экологической безопасностью конкретного предприятия с целью идентификации потенциальных проблем работоспособности системы, причин эксплуатационных нарушений и отклонений в производстве. Разработано предложение по решению наиболее значимой задачи по результатам исследования.

*Ключевые слова:* риск-сессия, идентификация опасностей, технологический процесс, загрязнение окружающей среды

## **HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT USING RISK SESSIONS**

O.V. Udartseva; S.S. Tarasova. Tyumen industrial university

This article analyzes the use of the method of risk sessions in the management of industrial and environmental safety of a particular enterprise in order to identify potential problems of system performance, causes of operational violations and deviations in production.

*Keywords:* risk-session, hazard identification, technological process, environmental pollution

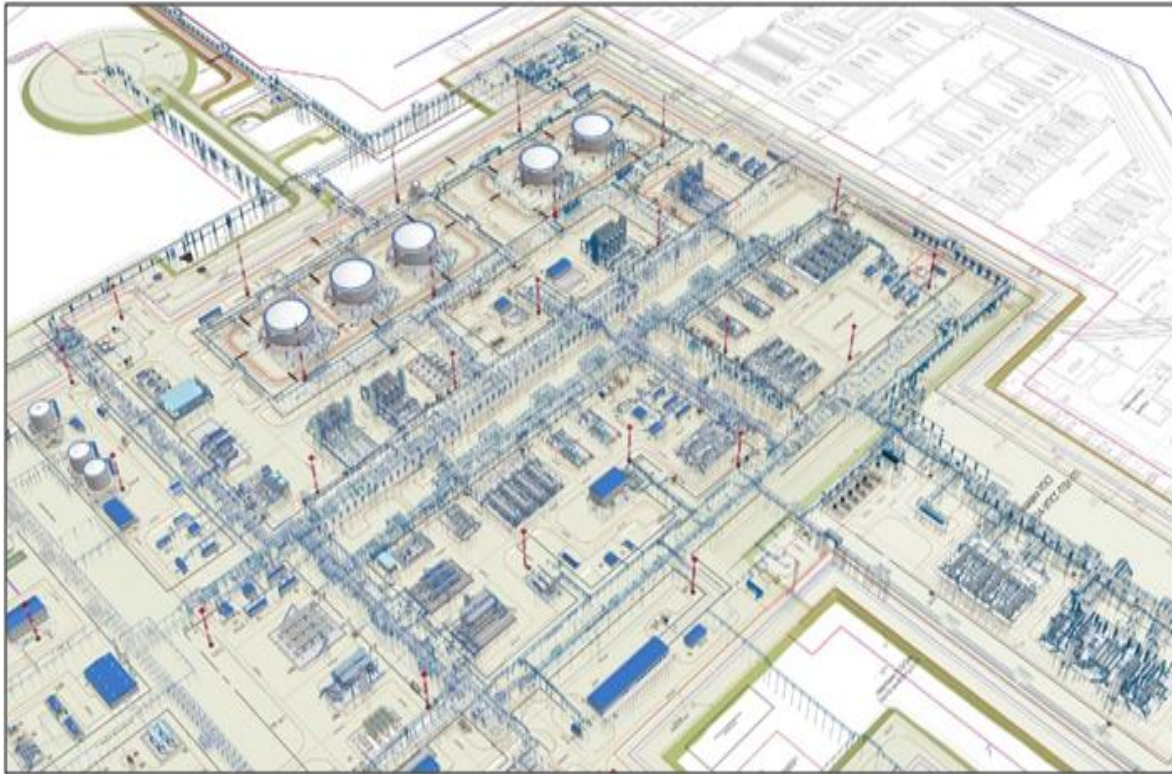
Для снижения количества инцидентов и аварийных ситуаций, предприятия нефтегазодобывающего комплекса регулярно проводят превентивные мероприятия по идентификации рисков с целью предотвращения их возникновения. Одним из перспективных методов исследования, заложенных в основу управления промышленной и экологической безопасностью, является метод риск-сессий.

Цель исследования – провести идентификацию потенциальных опасностей технологического процесса предприятия с помощью метода риск-сессий.

Введение в действие с июля 2020 г. стандарта ГОСТ Р 27.012–2019 (МЭК 61882:2016) «Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)» в серии «Надежность в технике» позволило установить взаимосвязь методов оценки риска, надежности и безопасности технических систем. Анализ риск-сессий (Hazid, Hazop, Phiser) является упорядоченным групповым методом изучения и разработки решения сложных производственных проблем в форме «мозгового штурма», детализации их ведущими специалистами и экспертами [1–2].

Исследование причин опасностей основано на выявление отказов и инцидентов в производственном процессе, следствием которых могут быть аварийные ситуации [3]. Предполагаемый объект исследования условно делится на технологические операции, для каждого узконаправленного процесса проводится риск-сессия с учетом специализации экспертов.

В качестве объекта исследования рассмотрен технологический процесс центрального пункта подготовки и сбора нефти предприятия. К показателям опасности относятся взрывопожароопасные вещества, используемые в технологическом процессе (рис. 1).



**Рис. 1. Расположение центрального пункта подготовки и сбора нефти на местности**

Пункт подготовки и сбора нефти предназначен для обеспечения следующих технологических процессов:

- улавливание газовых пробок и сепарацию нефтегазовой жидкости;
- очистку газа от капельной жидкости;
- предварительного сброса воды из нефтегазовой жидкости;
- подготовку и учет газа, используемого на собственные нужды;
- учет газа, подаваемого на газотурбинную электростанцию (ГТЭС);
- учет газа, подаваемого на УКПП, осуществляется на самой установке комплексной подготовки газа (УКПП).

К потенциально опасным объектам и процессам относится оборудование центра подготовки и сбора нефти (ЦПС) (рис. 2).

Последствием аварий на объектах, использующих нефть, кроме потерь продукции, является загрязнение окружающей среды. Скопление нефти в низменности способствует формированию взрывоопасных паровоздушных смесей с возможным возгоранием и распространением продуктов горения на селитебную зону с последующей утратой материальных ценностей [4].

Для определения последовательности и сочетания различных событий, возникающих в результате разлива нефти и выброса газа, составлена схема причинно-следственных закономерностей развития аварийных ситуаций (рис. 3).



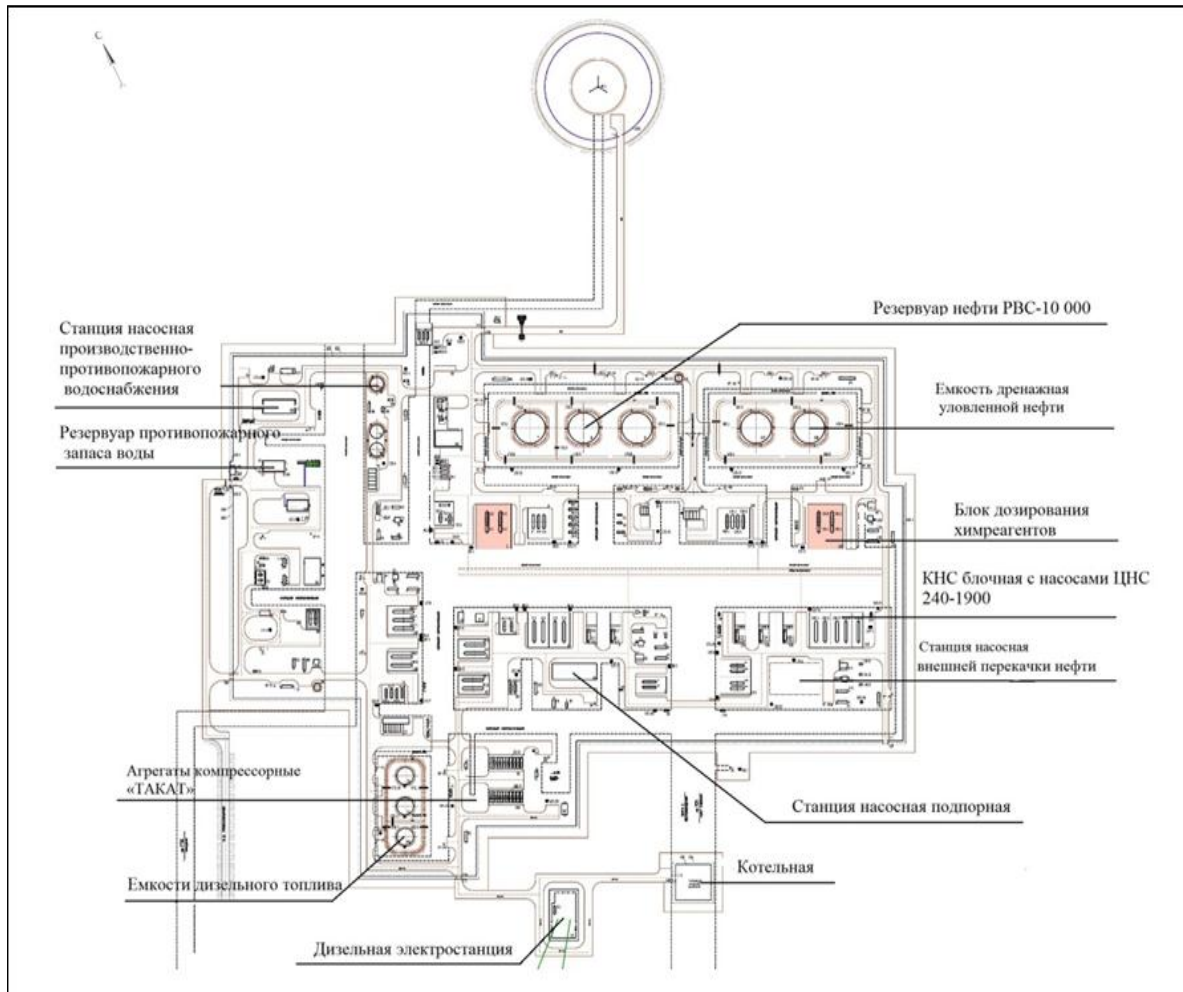


Рис. 2. План расположения основного оборудования на площадке центра подготовки и сбора нефти

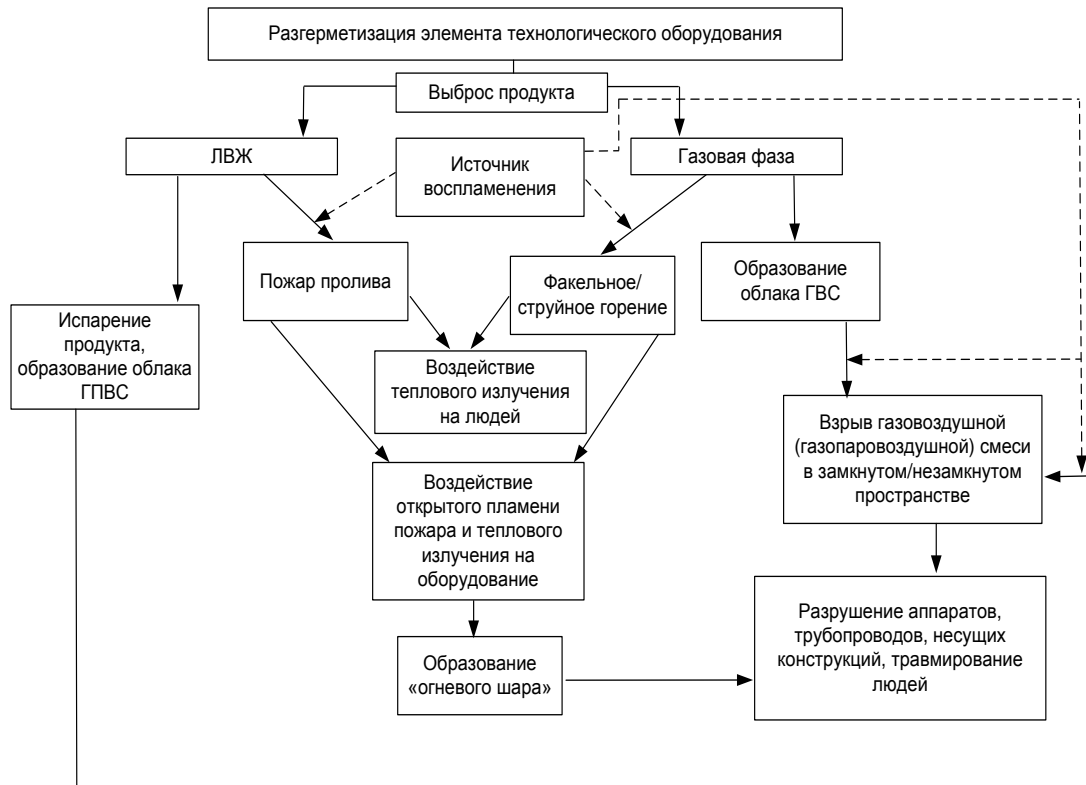


Рис. 3. Схема причинно-следственных закономерностей развития аварий

Данная схема показывает, что при разгерметизации элементов технологического оборудования с легковоспламеняющейся жидкостью (ЛВЖ) и газами, а также сосудов, находящихся под давлением, могут произойти аварийные ситуации разного вида.

По результатам исследования методом риск-сессий разрабатываются необходимые мероприятия для предотвращения неконтролируемых ситуаций с учетом требуемых действий персонала. Своевременное принятие решений необходимо для локализации развития аварийной ситуации на начальной стадии. Каждая последующая стадия требует значительных материальных ресурсов и привлечение специалистов соответствующих служб. Выявленный опасный фактор как основной позволяет разработать мероприятия, эффективные в определенной ситуации, по мнению специалистов. Основным опасным фактором на предприятиях нефтегазового комплекса является пожар дизельной электростанции на площадке ЦПС.

Возникает необходимость рассчитать необходимое количество сжиженного газа для пожаротушения по рекомендации экспертов риск-сессий.

Расчет количества сжиженного газа произведен для тушения оборудования на примере дизельной электростанции на площадке ЦПС.

Объем здания – 81 м<sup>3</sup>. Высота – 3,0 м.

Расчетная масса газа  $M_{Г}$ , кг, необходимая для постоянного хранения на установке, определяется по формуле:

$$M_{Г} = K_1 \cdot (M_{р} + M_{Тр} + M_{Б} \cdot n),$$

где  $M_{р}$  – масса газового огнетушащего вещества, необходимого для формирования в объеме помещения огнетушащей концентрации, кг:

$$M_{р} = V_{р} \cdot \rho_1 \cdot (1 + K_2) \cdot \ln\left(\frac{100}{100 - C_{Н}}\right),$$

где  $V_{р}$  – объем защищаемого помещения, м<sup>3</sup>;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения;  $\rho_1$  – плотность газового огнетушащего вещества с высоты защищаемого объекта относительно уровня моря, кг·м<sup>-3</sup>:

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_{М}} \cdot K_3,$$

где  $\rho_0$  – плотность паров, при  $T_0=293$  К (20 °С) и  $\rho_a=101,3$  кПа, кг/м<sup>3</sup>;  $T_{М}$  – максимальная температура воздуха в защищаемом помещении, К;  $K_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря, приведен в табл. Д.11 Приложения Д [5];

$$\rho_1 = 1,88 \cdot \frac{293}{295} \cdot 1 = 1,867 \text{ кг·м}^3;$$

$C_{Н}$  – нормативная объемная концентрация, %;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения (4):

$$K_2 = \Pi \cdot \delta \cdot \tau_{ПОД} \sqrt{H},$$

где  $\Pi$  – параметр, учитывающий расположение проемов по высоте защищаемого помещения, м<sup>0,5</sup>·с<sup>-1</sup>;  $\Pi=0,1$  при примерно равномерном распределении площади проемов по всей высоте защищаемого помещения,  $\delta$ , м<sup>-1</sup>, определяем по формуле:

$$\delta = \frac{\Sigma F_H}{V_P},$$

где  $\Sigma F_H$  – суммарная площадь проемов, м<sup>2</sup>; Н – высота помещения, м;  $\delta = 0,006$ ;  
 $\tau_{\text{Под}}$  – нормативное время подачи газового огнетушащего вещества (ГОТВ) в защищаемое помещение, с;

$$K2 = 0,37 \cdot 0,006 \cdot 60\sqrt{3} = 0,237.$$

Расчетная масса газа  $M_P$ :

$$M_P = 81 \cdot 1,867 \cdot (1 + 0,237) \cdot \ln\left(\frac{100}{100-52,53}\right) = 141,607 \text{ кг.}$$

Масса остатка ГОТВ в трубопроводах  $M_{\text{ТР}}$ , кг, определена по формуле:

$$M_{\text{ТР}} = V_{\text{ТР}} \cdot \rho_{\text{ГОТВ}},$$

где  $V_{\text{ТР}}$  – объем всей трубопроводной разводки установки, м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{ГОТВ}}$  – плотность остатка ГОТВ при давлении, кг/м<sup>3</sup>.

Остаток массы ГОТВ в трубопроводе после выпуска расчетной массы ГОТВ в защищаемое помещение считаем по газовой фазе ( $\rho_1=1,88 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ ):

$$V_{\text{ТР}} = 3,14 \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L_{\text{ТР}},$$

где D – внутренний диаметр подающего трубопровода, м;  $L_{\text{ТР}}$  – длина подающего трубопровода, м.

$$V_{\text{ОД}} = 3,14 \cdot \frac{0,048^2}{4} \cdot 12 = 0,022 \text{ м}^3.$$

Плотность ГОТВ рассчитана по формуле:

$$\rho_{\text{ГОТВ}} = \rho_1 \cdot \frac{P_H}{2 \cdot P_{\text{АТМ}}},$$

где  $P_H$  – давление перед насадкой, МПа;  $P_{\text{АТМ}}$  – атмосферное давление, МПа.

$$\rho_{\text{ГОТВ}} = 1,88 \cdot \frac{1,5}{2 \cdot 0,1} = 14,004 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}.$$

Масса ГОТВ в трубопроводе после выпуска составляет:

$$M_{\text{ТР}} = 0,022 \cdot 14,004 = 0,304 \text{ кг.}$$

Масса остатка  $M_B$  ГОТВ в модулях составляет 0,5 кг на один баллон. В расчет принято 3 баллона.

$$M_B = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ кг.}$$

Таким образом, необходимое количество газа для тушения защищаемого помещения составит, кг:

$$M_{Г} = 1,05 \cdot (141,607 + 14,004 + 3 \cdot 0,5) = 150,581 \text{ кг.}$$

Российская и зарубежная практика и статистические данные о причинах возникновения аварий свидетельствуют о формировании нарушений в технологических процессах с последующим увеличением их интенсивности и продолжительности, частоты проявления и масштабах последствий [6–10].

При длительном действии иницирующих событий увеличивается вероятность возникновения аварийных ситуаций с дальнейшими неуправляемыми нежелательными событиями. Для предприятий нефтегазового сектора в качестве иницирующего события может рассматриваться разгерметизация элемента технологического оборудования с дальнейшим взрывом газозвушной смеси и/или образованием «огненного шара».

Использование метода риск-сессий позволяет при появлении инцидентов, с учетом мнения экспертов, выявить действие опасных факторов и предложить превентивные меры по снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций.

### Литература

1. Можаяева И.А., Струков А.В. Тенденция в развитии стандартов МЭК в области управления надежностью технических систем // Актуальные проблемы защиты и безопасности: сб. трудов XXIII Всерос. науч.-практ. конф. Т. 2: Средства противодействия терроризму. СПб.: НПО СМ, 2020. С. 253–260.
2. Можаяева И.А., Нозик А.А., Струков А.В. Типовые примеры расчета функциональной безопасности систем противоаварийной защиты опасных производственных объектов // Актуальные проблемы защиты и безопасности: сб. трудов XXII Всерос. науч.-практ. конф. Т. 2: Средства противодействия терроризму. СПб.: НПО СМ, 2019. С. 486–494.
3. Федорев А.Г. Методические подходы к оценке производственных рисков на основе анализа выполнения нормативных требований // Национальная ассоциация центров охраны труда. 2011. № 1. С. 13–17.
4. Udartseva O.V. 2020 Assessment and method for reducing the risk of emergencies at enterprises using equipment operating under excessive pressure // В сб.: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 926 (2020)042017.
5. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изм. № 1). М.: ИПК Изд-во стандартов, 2009.
6. Абросимов А.А., Топольский Н.Г., Федоров А.В. Автоматизированные системы пожаровзрыво-безопасности нефтеперерабатывающих производств. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 239 с.
7. Blokker P.C. 2010 Spreading and evaporation of petroleum products on water // Proc. 4 th Intern. Hardour Congress. Verslagboek. Antwerp. (The Netherlands). pp. 911–919.
8. Olas, Beata. Carbon monoxide is not always a poison gas for human organism: Physiological and pharmacological features of CO // Chemico-Biological Interactions. 2014. 25 April (vol. 222. no. 5 October 2014). pp. 37–43.
9. Fay J.A. 2009 The spread of oil slicks on a calm sea. Oil on the sea. New-York: Plenum Press, 2009. pp. 53–63.
10. Roth D., Hubmann N., Havel C., Herkner H., Schreiber W., Lagner A. Victim of carbon monoxide poisoning identified by carbon monoxide oximetry // The Journal of Emergency Medicine. 2011. № 40 (6) June 2011). pp. 51–58.

УДК 614.835.4

## **ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ**

**А.А. Аксенов, кандидат технических наук;**

**Е.И. Аксенова.**

**Национальный исследовательский Мордовский государственный  
университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск.**

**А.А. Баранов, кандидат педагогических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Раскрывается актуальность проблемы обеспечения пожарной безопасности на автомобильных газозаправочных станциях в условиях роста их количества и развития многотопливных автозаправочных комплексов. Представлена статистика и причины возникновения аварий на данных объектах за последние 10 лет. Приводится состояние нормативной базы, регламентирующей обеспечение пожарной безопасности автомобильных газозаправочных станций.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, автомобильная газозаправочная станция, многотопливный автозаправочный комплекс, сжиженный углеводородный газ, компримированный природный газ, нормативная база

## **PROBLEMS OF ENSURING FIRE SAFETY AT AUTOMOBILE PETROL STATION**

A.A. Aksenov; E.I. Aksenova.

National research Mordovian state university named after N.P. Ogarev, Saransk.

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

The article reveals the relevance of the fire safety problem at gas stations in the context of the growth of their number, and the development of multi-fuel gas filling complexes. The statistics and causes of accidents at these facilities over the past 10 years are presented. The state of the regulatory framework regulating the fire safety of gas stations is given.

*Keywords:* fire safety, petrol station, multi-fuel petrol station, liquefied petroleum gas, compressed natural gas, regulatory base

В связи с тем, что потребители моторного топлива активнее осуществляют переход с традиционных видов, таких как бензин и дизельное топливо, на природный или сжиженный углеводородный газ, быстрыми темпами происходит рост количества автомобильных газозаправочных станций (АГЗС). Использование газомоторного топлива обуславливается снижением вредных выбросов в атмосферу, а так же экономической выгодой.

По причине того, что большое количество АГЗС функционируют на заселенной территории городских или сельских поселений, нештатные ситуации, в том числе произошедшие вследствие внешнего воздействия, приводящие к пожарам и взрывам, представляют опасность для значительного количества людей, которые могут оказаться в потенциально опасной зоне.

АГЗС являются опасными производственными объектами, поэтому проектировка и строительство, а также любые действия, связанные с проведением работ на АГЗС, строго регламентируются Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1]. Данные объекты предназначены для

заправки газобаллонного оборудования автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива, сжиженным углеводородным газом (СУГ) или компримированным природным газом (КПГ) [2].

АГЗС классифицируются следующим образом [3]:

1. АГЗС – автозаправочная станция, на территории которой предусмотрена заправка баллонов грузовых, специальных и легковых автомобилей сжиженным углеводородным газом (СУГ), используемым в качестве их моторного топлива.

2. Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС) – автомобильный комплекс, на территории которого производятся операции по заправке баллонов, установленных на автомобили КПГ.

3. Многотопливная автозаправочная станция (МТАЗС) – автомобильный комплекс, на территории которого предусмотрена заправка несколькими видами моторного топлива, (бензин различных марок, дизельное топливо, СУГ и КПГ).

В последние годы бурное развитие получили МТАЗС. Данные комплексы представляют большую опасность, так как на данных объектах располагаются резервуары, в которых согласно СП 156.13130.2014 [4] может находиться от 5 до 40 т пожароопасного автомобильного топлива, а также большое количество оборудования под давлением, в котором находятся взрывоопасные газы. Как правило, на территории автозаправочных станций находятся кафе, магазины и станции технического обслуживания, где увеличено количество людей, не обладающих знаниями действий при аварийных ситуациях. Данные лица могут попасть в зону воздействия опасных факторов пожара или взрыва.

Как показывает анализ возникновения и развития аварий на МТАЗС, возможно цепное развитие аварий, имеющих серьезные последствия, когда в инцидент последовательно включаются различные объекты автозаправочного комплекса.

В связи с вышесказанным, можно сделать вывод о том, что существующие в настоящее время автозаправочные комплексы, на которых происходит заправка, в том числе природным газом, можно расценивать как объекты с повышенной пожарной опасностью. Повышенный индивидуальный пожарный риск на данных объектах, как правило, обуславливается как конструктивными решениями, так и особенностью расположения по отношению к окружающим объектам. Поэтому оценка пожарного риска, а также анализ факторов, влияющих на величину риска на АГЗС, является актуальной проблемой в настоящее время.

Тип оборудования и его конструктивное исполнение, а также тип и порядок эксплуатации АГЗС, степень пожаровзрывоопасности зданий и сооружений, а также же веществ и материалов, обращающихся на АГЗС, порядок эксплуатации и оснащение потенциально опасного объекта средствами противоаварийной защиты являются ключевыми факторами, которые влияют на обеспечение пожарной безопасности на АГЗС [5].

Данные факторы взаимосвязаны и могут снижать или увеличивать пожаровзрывоопасность определенной АГЗС.

Выбор материалов, используемых при строительстве АГЗС, определяет количество пожарной нагрузки на объекте и регламентируется в соответствии с нормативными документами [3]. Наибольшую опасность на АГЗС представляют КПГ, основной составляющей которого является метан.

Рассмотрим статистику крупных аварий на АГЗС, произошедших в Российской Федерации за последние 10 лет. В период с 2009 по 2019 гг. произошло 27 пожаров и взрывов на территории различных АГЗС, в которых пострадали 104 человека, из которых 9 человек погибли. Сведения о количестве пожаров и взрывов на АГЗС в России с их распределением по годам представлены на рисунке.

Наибольшее количество аварий на АГЗС произошло в 2011 и 2012 гг. В основном случались аварии при заправке газовых баллонов. Например, крупная авария произошла 18 марта 2016 г. в Дагестанском г. Кизляра. Инцидент возник во время перекачки газа

с автоцистерны в подземное хранилище, пострадало 33 человека, площадь возгорания составила 400 м<sup>2</sup>, огонь распространился на один из автомобилей.

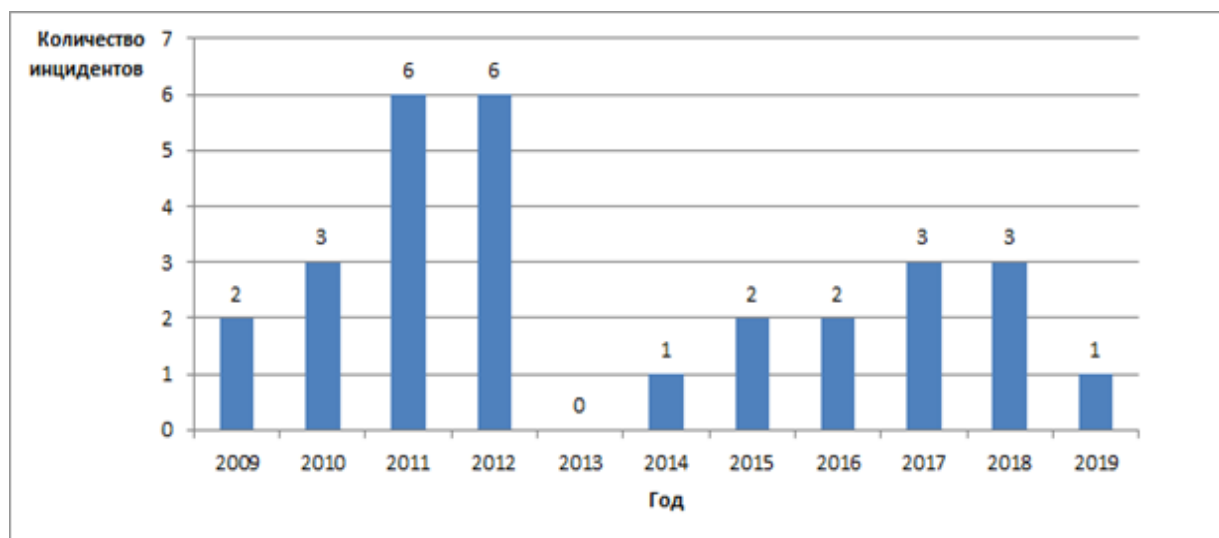


Рис. Диаграмма распределения происшествий, произошедших на АГЗС в России за последние 10 лет

Большое количество пожаров происходит по причине нарушения правил безопасности при проведении ремонтных работ. Примером может послужить взрыв газозвушной смеси на АГЗС в г. Пятигорске, произошедший 24 июня 2011 г. В результате двое сотрудников автозаправки получили 90 % тела, один из них впоследствии скончался.

Одной из причин возникновения аварии на АГЗС является повреждение емкости с СУГ в результате наезда автомобиля. Например, 6 июня 2011 г. в г. Грозный автомобиль-топливозаправщик при заезде на АГЗС повредил вентиль газового оборудования, в результате чего произошла утечка газа, после чего начался пожар. В результате пожара пострадало два человека, а также огнем были уничтожены четыре автомобиля.

Анализ аварий, произошедших на АГЗС, показывает, что за последние 10 лет в Российской Федерации зарегистрировано 27 аварий. Во всех инцидентах официально подтверждено, что пострадало более двух человек. Количество инцидентов, произошедших на АГЗС без пострадавших, неизвестно, так как официального подтверждения данных фактов не зафиксировано. Если воспользоваться соотношением 1:30:300, согласно «Пирамиде Гейнриха», можно предположить, что общее количество аварий на АГЗС составляет около 300 в 2019 г. [6].

Из представленной выше статистики аварий на АГЗС видно, что данные объекты являются объектами повышенной опасности, а аварии на них характеризуются высокой опасностью для населения и высокой сложностью в осуществлении ликвидации. Существует такое понятие, как цепное развитие пожаров и взрывов. Данный сценарий развития аварии возможен тогда, когда небольшое возгорание на одной части объекта может вызвать поражение более опасных технологических аппаратов или емкостей с СУГ или жидкометаллическим теплоносителем (ЖМТ). Такие аварии приводят к большому материальному ущербу.

Проблеме обеспечения пожарной безопасности на АГЗС посвящены работы [7–9]. В работе [7] рассматривается применение риск-ориентированного подхода, при котором выбор интенсивности проведения контрольных мероприятий определяется отношением АГЗС к определенной категории риска. Данный подход особо актуален в настоящее время. 5 ноября 2020 г. на втором Международном пожарно-спасательном конгрессе состоялась панельная дискуссия по вопросам трансформации надзора МЧС России, в результате чего объявлено, что МЧС России перешло на риск-ориентированный подход в государственном

пожарном надзоре. Новый подход направлен на активное использование методов оценки рисков, что позволит повысить эффективность контрольно-надзорной деятельности.

Рассмотрим нормативную базу в области обеспечения пожарной безопасности на АГЗС. В первую очередь следует отметить СНиП 42-01–2002. Газораспределительные системы [10]. Данный документ применяется при проектировании газораспределительных систем, по которым осуществляется движение СУГ, основной целью строительных норм является безопасная эксплуатация систем газораспределения.

Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 г. № 96 [11]. Данные правила направлены на повышение безопасности и сведению к минимуму вероятности возникновения аварий на объектах, где применяются в производстве или обращаются легковоспламеняющиеся газы и горючие жидкости, и, в частности, регламентируют требования осуществления технологического процесса. Поэтому по всем характеристикам данный документ применим к АГЗС.

Руководство по безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2013 г. № 778 [12]. Данное руководство применимо на резервуары с СУГ с давлением паров не более 0,1013 МПа и содержит рекомендации по хранению СУГ. Стоит отметить, оно носит рекомендательный характер и не является нормативным актом.

Правила, утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21 ноября 2013 г. № 558 [12], касаются новых объектов хранения и использования СУГ (либо введенных в эксплуатацию после ремонта или реконструкции), в которых предусматривается обращение газа с избыточным давлением 1,6 МПа. В описании данного документа непосредственно сказано, что он распространяется на АГНКС. Документ регламентирует порядок проведения проверок, а также технического обслуживания объектов.

Требования по эксплуатации АГНКС достаточно подробно изложены в Правилах, утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 декабря 2014 г. № 559 [13]. Данный документ направлен на повышение безопасности при эксплуатации АЗС, АГЗС и МТАЗС, где рассматривается подготовка работников станций, проведение инструктажей, учений и тренировок. Порядок разработки планов мероприятий по локализации и ликвидации аварий, а также порядок установления причин нештатных ситуаций и аварий. В данном документе говорится о выполнении технического обслуживания и ремонта оборудования и устройств систем обеспечения безопасности.

Что касается документов, регламентирующих требования к МТАЗС, можно отметить СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» [14]. Данный свод правил разработан Всероссийским институтом противопожарной обороны МЧС России, он устанавливает требования пожарной безопасности на МТАЗС. В документе изложены общие правила, применимые при проектировании МТАЗС, требования к технической документации, к оборудованию и сооружениям, требования к размещению МТАЗС, где указаны минимальные расстояния до объектов, не относящихся к МТАЗС, а так же расстояния между зданиями на территории МТАЗС. Стоит отметить, что в документе предъявляются дополнительные требования по обеспечению пожарной безопасности к МТАЗС с наличием СУГ или КПП.

Стоит отметить общие нормативно-правовые акты, регламентирующие требования пожарной безопасности, такие как правила пожарной безопасности, изложенные в документе «О противопожарном режиме», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 [15], а также Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [16].



Изучив нормативную базу в области обеспечения безопасности на АГЗС, можно сделать вывод о том, что нормы пожарной безопасности направлены на быструю локализацию и ликвидацию возможной аварии или пожара в случае инцидента и снижение воздействия на близлежащие объекты. Так же в рассмотренных нормативных документах слабо раскрыта тема оценки индивидуального риска в случае аварии на АГЗС. Защита людей в основном сводится к уменьшению количества человек, находящихся в зоне возможного воздействия опасных факторов пожара и взрыва (высадка пассажиров и т.д.).

При изучении состояния нормативной базы были выявлены противоречия в различных документах, регламентирующих обеспечение пожарной безопасности АГЗС. Одним из примеров несоответствия в нормативных документах является то, что в требованиях правил [12] говорится о том, что на АГЗС должна предусматриваться незаполненная емкость для СУГ в целях аварийного опорожнения поверженного резервуара, объем которого должен быть более максимального объема резервуара, находящегося на АГЗС, а документ [10] не предусматривает никаких резервных емкостей для аварийного перелива СУГ. Также из рассмотренных правил не ясно, что делать с заполненным СУГ резервуаром в том случае, если опорожнение невозможно. Кроме того, имеются противоречия, касающиеся оснащения АГЗС средствами противопожарной защиты.

Стоит так же отметить, что в соответствии с Методическими рекомендациями по составлению карточек и планов тушения пожаров, а также Приложением 8 приказа МЧС России от 25 октября 2017 г. № 467 разработка данных документов для АГЗС не является обязательным требованием, хотя АГЗС расцениваются как объекты с повышенной опасностью и требуют предварительного прогнозирования развивающейся обстановки при возникновении пожара и предварительного планирования выбора решающих направлений и действий при тушении пожаров.

Подводя итоги анализа современного состояния обеспечения пожарной безопасности на АГЗС можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время происходит увеличение количества АГЗС, а также их мощностей, развиваются МТАЗС, на территории которых могут располагаться объекты розничной торговли продовольственными товарами, предприятия для обслуживания и ремонта транспортных средств. Данный факт приводит к увеличению числа людей, которые одновременно могут находиться на территории АГЗС, в потенциально опасной зоне, что может привести к увеличению количества человеческих жертв в случае аварии на АГЗС.

2. Статистика аварий показывает, что АГЗС являются объектами повышенной опасности, а аварии на них характеризуются высокой опасностью для населения, и высокой сложностью в осуществлении ликвидации.

3. Несоответствия в нормативных документах создали условия либо нарушения противопожарных требований.

4. Большинство АГЗС, спроектированных по устаревшим нормативным документам, не отвечают требованиям настоящих нормативных документов.

5. АГЗС не относятся к объектам, на которые распространяется требования по обязательной разработке паспортов безопасности объекта, а так же карточек и планов тушения пожаров, что затрудняет действия подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России по ликвидации пожаров на данных объектах.

Исходя из вышесказанного, в целях обеспечения допустимого уровня безопасности на АГЗС необходима разработка комплекса требований пожарной безопасности с учетом специфики эксплуатации различных типов АГЗС (АГНКС, АГЗС, МТАЗС), а так же внесения изменений в нормативно-правовую базу.

## Литература

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. ГОСТ Р 54982–2012. Системы газораспределительные. Объекты сжиженных углеводородных газов. Общие требования к эксплуатации. Эксплуатационная документация // База ГОСТов. URL: [allgosts.ru/75/160/gost\\_r\\_54982-2012](http://allgosts.ru/75/160/gost_r_54982-2012) (дата обращения: 17.11.2020).
3. НПБ 111–98\*. Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000020> (дата обращения: 17.11.2020).
4. СП 156.13130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200110842> (дата обращения: 17.11.2020).
5. Гордиенко Д.М. Оценка пожарного риска автозаправочных станций и разработка способов его снижения: дис. ... канд. техн. наук. М., 2001. 176 с.
6. Фомин А.В., Шахманов Ф.Ф., Нефедьев С.А. Анализ статистики пожаров на автомобильных газозаправочных станциях в России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 87–91.
7. Проблемы применения риск-ориентированного подхода к планированию мероприятий по контролю в области пожарной безопасности на автомобильных газозаправочных станциях / А.В. Фомин [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России. 2016. № 3. С. 33–39.
8. Утечки и взрывы горючих газов – чрезвычайные ситуации в бытовой сфере / И.Д. Чешко [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 12. С. 38–44.
9. Петрова Н.В., Чешко И.Д., Воронцова А.А. Классификация нормативных документов, регламентирующих пожарную безопасность на объектах хранения нефтепродуктов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 1 (49). С. 38–44.
10. СНиП 42-01–2002. Газораспределительные системы // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030906> (дата обращения: 17.11.2020).
11. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (с изм. на 26 нояб. 2015 г.): приказ Федер. службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 года № 96 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499013213> (дата обращения: 17.11.2020).
12. Об утверждении Руководства по безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением: приказ Федер. службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 дек. 2013 г. № 778 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902389567> (дата обращения: 17.11.2020).
13. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы»: приказ Федер. службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21 нояб. 2013 г. № 558 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499061809> (дата обращения: 17.11.2020).
14. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности автогазозаправочных станций газомоторного топлива»: приказ Федер. службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 дек. 2014 г. № 559 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420249913> (дата обращения: 17.11.2020).
15. О противопожарном режиме: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390 (с изм. на 20 сент. 2019 г.) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902344800> (дата обращения: 17.11.2020).

16. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

УДК 62-133.241

## **ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ ДЛЯ СУДОВ ЛЕДОВОГО КЛАССА**

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

Рассматриваются вопросы, связанные с конструкцией и применением погружных электрических машин в морской среде на буровых установках и платформах. Изложен расчет основных геометрических размеров погружного электродвигателя. Приведен математический аппарат расчета мощности асинхронного двигателя с учетом факторов окружающей среды. Также рассмотрены некоторые характерные особенности расчета асинхронных электрических машин открытого исполнения с короткозамкнутым и массивным ротором и показаны исходные параметры для электромагнитного расчета погружного электродвигателя.

*Ключевые слова:* диаметр расточки статора, погружные электрические машины, погружные электрические двигатели, сопротивление изоляции, роторы и статоры двигателей, полезная мощность, синхронная частота вращения

## **FEATURES OF ELECTROMAGNETIC CALCULATION OF OPEN-TYPE ELECTRIC MACHINES FOR ICE-CLASS VESSELS**

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

The article is devoted to the consideration of issues related to the design and application of submersible electric machines in the marine environment on drilling rigs and platforms. The article describes the calculation of the main geometric dimensions of the submersible electric motor. The mathematical apparatus for calculating the power of an asynchronous motor, taking into account environmental factors, is given. Some characteristic features of the calculation of asynchronous electric machines of open design with a short-circuited and massive rotor are also considered, and the initial parameters for the electromagnetic calculation of submersible electric motor are shown.

*Keywords:* stator bore diameter, submersible electric machines, submersible electric motors, insulation resistance, motor rotors and stators, net power, synchronous speed

Как известно, в погружных герметичных электродвигателях (ПЭД), заполненных трансформаторным маслом, в основу электромагнитного расчета принята методика расчета для трехфазных асинхронных двигателей.

Для нефтегазразработок применяются герметичные маслозаполненные ПЭД, а также водозаполненные пресной водой с низким водородным показателем pH=7.

В настоящее время разработаны оптимальные модели машин различных конструкций горизонтального и вертикального исполнения. Замкнутость объема, заполненного, например, трансформаторным маслом, ограничивает рост мощности в одном и том же объеме из-за нагрева обмотки и жидкого диэлектрика. Эти ПЭД по классу изоляции обмоток относятся к классу «А», максимальный нагрев – 105 °С, следовательно, перегрев обмоток относительно заборной воды должен составлять 70 °С. Кроме того, допустимая абсолютная температура нагрева масла

составляет 105 °С, а воды – 80 °С, при 100 °С вода закипает. Поэтому для избежания перегрева машин плотность тока по обмотке статора допускается в пределах 7–9 А/мм<sup>2</sup>.

При расчете энергетических характеристик и КПД электродвигателей определенные трудности составляет расчет механических потерь. Механические потери определяются потерями трения в подшипниках и потерями на трение ротора о жидкость, которые достигают значительных величин в зависимости от частоты вращения, диаметра и длины ротора.

Отличительные особенности расчета электрических машин (ЭМ) открытого исполнения определяются конструкцией машины, в которой все активные части омываются непосредственно забортной морской водой. Тепло, выделяемое обмоткой от прохождения тока, отдается через изоляцию провода охладителю, то есть воде. Потери от трения бочки ротора о воду, трение подшипниковых скользящих пар и потери на гидравлику от винтоканавочной нарезки на роторе также создают нагрев активных частей машины, выделенное тепло поглощается забортной морской водой. Многолетнее изучение различных моделей машин показало, что максимальная абсолютная температура нагрева машины определяется самой обмоткой в пазе, которая равна температуре забортной воды плюс перепад температуры в изоляции провода не превышает 50 °С при температуре забортной воды 32 °С с изоляцией обмоточного провода из облуженного полиэтилена и фторопласта.

Температура воды в пазе при этом будет равна температуре забортной воды плюс перепад температуры в пазовой изоляции и будет меньше на 5–6 °С, чем температура обмотки. Температура подшипников электромеханической стали будет на 2–3 °С больше температуры забортной воды. Из этих физических соображений плотность тока по обмотке можно увеличить в несколько раз при одинаковой линейной токовой нагрузке и рабочей индукции в рабочем немагнитном зазоре по сравнению с герметичной жидкостнозаполненной машиной. Это позволяет значительно уменьшить массогабаритные характеристики ЭМ одинаковой мощности или увеличить полезную мощность при одинаковых габаритах активного ядра герметичного и открытого исполнения, даже при уменьшении коэффициента заполнения пазы медью обмоточного привода в 1,5 раза по сравнению с герметичным маслозаполненным ПЭД.

Исходными параметрами для электромагнитного расчета ЭМ является полезная мощность на валу, частота вращения ротора или число полюсов, напряжение и частота сети переменного тока независимо от приводимого в движение механизма. Линейная токовая нагрузка, магнитные индукции в немагнитном рабочем зазоре, ярме и зубцах по величине принимаются большими, чем для герметичных маслозаполненных ПЭД. Кроме того, для проектирования и расчета погружных асинхронных ЭМ необходимо знать условия работы электропривода в процессе эксплуатации глубоководного аппарата и исходные параметры для данных условий.

Для специальных электроприводов кроме основных электрических характеристик могут быть сформулированы дополнительные требования по габаритным размерам, массе, виброшумовым, регулировочным и другим характеристикам.

На основании вышеизложенного, можно произвести расчет основных геометрических размеров погружных электромашин (ПЭМ).

Основными размерами ПЭМ являются диаметр расточки статора  $D_1$  и его длина  $l_1$ . Геометрические размеры активного ядра, его магнитная и электрические нагрузки связаны между собой постоянной Арнольда, из которой определим эти размеры. Мощность электродвигателя определяется режимами работы исполнительного механизма.

Например, для насосов полезная мощность равна:

$$P_{2н} = N_n = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{102 \cdot \mu_n}, \text{ кВт},$$

где  $N_n$  – потребляемая мощность насоса, кВт;  $Q$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;  $H$  – напор насоса, м;  $\rho$  – плотность забортной воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho = 1035$  кг/м<sup>3</sup> – для морской воды;  $\mu_n$  – КПД насоса.

Как правило, генеральный заказчик, кроме основных энергетических требований выставляет требования по габаритам либо по длине, либо по диаметру ПЭМ без их изменения в сторону увеличения. Если, например, заказчиком задан диаметр корпуса двигателя  $D_{\text{корп}}$ , тогда наружный диаметр сердечника статора будет равен:

$$D_a = D_{\text{корп}} - 2\Delta_{\text{корп}}, \text{ мм},$$

где  $\Delta_{\text{корп}}$  – толщина стенки корпуса, которая для обеспечения жесткости и улучшения высокоасинхронных характеристик ПЭД принимается не менее 10 мм.

Многолетний опыт эксплуатации ПЭМ доказывает, что соотношение внутреннего и внешнего диаметров сердечника статора находится в пределах:

$$K = \frac{D_1}{D_{a1}} = 0,6 - 0,7. \quad (1)$$

В среднем можно принять  $K = 0,65$ .

Длина активной части  $l_1$  и внутренний диаметр сердечника статора являются главными размерами асинхронного двигателя. Связь этих параметров с электромагнитной мощностью, частотой вращения и электромагнитными нагрузками устанавливается уравнением машинной постоянной Арнольда.

Расчетная мощность асинхронного двигателя определяется соотношением:

$$P_i = m_1 * E_1 * I_1 * 10^{-3}, \text{ кВА}; \quad (2)$$

$$E_1 = 4,44 * f * W_1 * K_{061} * \Phi_m, \text{ В}, \quad (3)$$

где  $W_1$  – количество витков фазы;  $f$  – частота сети, Гц;  $\Phi_m$  – полный магнитный поток пары полюсов, Вб;  $K_{061}$  – обмоточный коэффициент статора.

Ток статора  $I_1$  может быть определен из линейной токовой нагрузки:

$$I_1 = \frac{\pi * D_1 * A1}{2m_1 * W_1}, \quad (4)$$

где  $W_1$  – количество последовательных витков фазы;  $D_1$  – диаметр расточки статора;  $A1$  – заданная токовая нагрузка обмотки статора, А/см.

Подставив в расчетную мощность  $P_i$  выражение  $E_1$  по формуле (3) и ток  $I_1$  по формуле (4), получим выражение для постоянной  $C_a$ :

$$C_a = \frac{D_1 * l_1 * \pi}{P_i}. \quad (5)$$

Из вышеприведенных формул можно рассчитать полную расчетную или внутреннюю мощность  $P$  по формуле (2) с учетом падения напряжения в статоре:

$$P = K_E * m_1 * U_\phi * I_\phi, \text{ кВА},$$

где  $K_E = 0,92 - 0,95$  – коэффициент, учитывающий падение напряжения в обмотке статора при номинальной нагрузке;  $U_\phi$  и  $I_\phi$  – фазные напряжения и ток статора.

Диаметр расточки статора из формулы Арнольда (5) будет равен:

$$D_1 = \sqrt[3]{C_a} * \frac{P * 2\rho}{n_1 * \pi \alpha}, \text{ см},$$

где  $n_1$  – синхронная частота вращения, об/мин;  $\alpha$  – отношение длины пакета статора к полюсному делению:

$$\alpha = \frac{l_1}{\tau} = \frac{l_1 * 2\rho}{D_1 * \pi},$$

где  $\tau = \frac{\pi}{2\rho} * D_1$  – полюсное деление, см.

Отношение длины ротора  $l_1$  к диаметру  $D_1$  существенно влияет на величину гидравлических потерь, которые пропорциональны частоте вращения ротора в третьей степени, диаметру ротора в четвертой степени и его длине. Исходя из минимума потерь, необходимо выбирать: при  $n_1$  до 500 об/мин  $\frac{l_1}{D_1} \leq 0,5$ ; при  $n_1=(500-1500)$  об/мин  $\frac{l_1}{D_1} = 0,5 - 1,0$ ; при  $n_1 = (1500 - 3000)$  об/мин  $\frac{l_1}{D_1} = 2,0$ .

Рекомендуемые соотношения  $\frac{l_1}{D_1}$  в зависимости от числа пар полюсов  $\rho$  приведены в таблице.

Таблица. Соотношения длины и диаметра ротора в зависимости от числа пар полюсов

$\rho$	1	2	3	4	5	6
$n_1, \text{об/мин}$	3000	1500	1000	750	600	500
$\frac{l_1}{D_1}$	1,9	1,0	0,75	0,65	0,55	0,5
$\frac{l_1}{\tau_1}$	1,21	1,27	1,53	1,66	1,75	1,91

Наружный диаметр сердечника статора определяется из соотношения (1):

$$Da1 = \frac{D_1}{K}. \quad (6)$$

Кроме того, связь между внешним диаметром пакета статора  $Da1$  и диаметром расточки  $D_1$  можно представить в виде зависимости:

$$Da1 = D_1 * (1 + \frac{\pi}{2\rho + 1,5}). \quad (7)$$

Из сопоставления  $Da1$  по формуле (6) и  $Da1$  по формуле (7) очевидно следует выбрать среднее значение  $Da1$ .

Таким образом, ввиду малости немагнитного рабочего зазора между ротором и статором по сравнению с их диаметрами, можно оценить окружную скорость вращения ротора через внутренний диаметр статора, то есть:

$$\vartheta_2 = \frac{\pi * D_1 * n_1}{60}, \text{ м/с}. \quad (8)$$

Линейная (окружная) скорость ротора по формуле (8) не должна превышать 40 м/с.

Для ПЭМ открытого исполнения, как правило, не требуется радикальных каналов в пакете статора. Поэтому общая аксиальная длина пакета статора с учетом коэффициента заполнения стали равна:

$$l_a = l_1 * K_c, \text{ см},$$

где  $K_c=0,9-0,93$  – коэффициент заполнения для электромеханической стали толщиной 0,5 мм [4].

### Литература

1. Рева Ю.В. Технология изготовления и способ сборки электрических машин открытого исполнения на средствах водного транспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2 (54). С. 36–40.
2. Рева Ю.В. Применение опорно-упорных подшипников скольжения электрических машин открытого исполнения в морской воде Арктической зоны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 27–30.
3. Вешняков А.С. Опыт ОАО «Удмуртнефть» по внедрению штанговых насосов двойного действия // Нефтегазовая вертикаль – Технологии/специальное приложение. 2014.
4. Францев А.В., Юшкин А.Ю., Якимов С.Б. Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса // Научно-технический вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ». 2013. № 6. С. 62–66.
5. Рева Ю.В. Технические средства добычи минеральных ресурсов и полезных ископаемых из глубин Мирового океана // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 1. С. 16–19.
6. Погружные электродвигатели с повышенным напряжением – двойной эффект без инвестиций / С.Б. Якимов [и др.] // Научно-технический вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ». 2014. № 3.
7. Шафиков И.Н. Пути повышения энергоэффективности электроприводов скважинных центробежных насосных установок // Электропривод, электротехнологии и электрооборудование предприятий: сб. науч. трудов III Междунар. (VI Всерос.) науч.-техн. конф. / отв. ред. В.А. Шабанов. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. С. 156–160.
8. Шафиков И.Н. Регулируемый привод скважинного электроцентробежного насоса на основе высоковольтного многоуровневого преобразователя частоты / И.Н. Шафиков // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2019. Т. 15. № 3. С. 53–60.
9. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и создание комплексных аварийно-спасательных центров в Арктике: Междунар. науч.-практ. конф. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012.
10. Марек Е. Обмотки электрических машин постоянного и переменного тока: пер. с франц. М., 2014.



---

---

# ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

---

УДК 614.8.084(614.83)

## МЕТОДИКА РАБОТЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ С ГАЗОАНАЛИЗИРУЮЩИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

**Д.С. Королев, кандидат технических наук.**

**Воронежский государственный технический университет.**

**Д.Ю. Минкин, доктор технических наук, профессор.**

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

Изучен процесс испарения нагретых высокотемпературных продуктов нефтепереработки, разработана теоретическая модель на основе формулы Стефана, описывающая интенсивность испарения. Установлено, что взрывоопасные концентрации будут образовываться при разгерметизации систем нагревания. Разработаны: методика работы интегрированной цифровой системы пожарной автоматики с газоанализирующим оборудованием, электрическая схема. Такой подход обеспечивает мониторинг окружающей среды в режиме реального времени, оптимизирует работу оборудования системы аварийного оповещения всех объектов, подверженных угрозе взрыва и пожара.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, интеллектуальный подход, газоанализатор, цифровой способ прогнозирования, алгоритм

## A METHODOLOGY FOR THE OPERATION OF AN INTEGRATED DIGITAL FIRE AUTOMATION SYSTEM WITH GAS ANALYSIS EQUIPMENT

D.S. Korolev. Voronezh state technical university.

D.Yu. Minkin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The process of evaporation of heated high-temperature oil refining products is studied, and a theoretical model based on the Stefan formula describing the evaporation intensity is developed. It is established that explosive concentrations will be formed during depressurization of heating systems. Developed: methods of operation of the integrated digital fire automation system with gas-analyzing equipment, electrical diagram. This approach provides real-time monitoring of the environment, optimizes the operation of the equipment of the emergency warning system for all objects subject to the threat of explosion and fire.

*Keywords:* fire safety, intelligent approach, gas analyzer, digital forecasting method, algorithm

Доход от продажи полезных ископаемых (нефти, нефтепродуктов, газа, газопродуктов) составляет львиную долю бюджета страны и постоянно варьируется в пределах от 29 до 51 %. Причем сюда не включены налоги с нефтегазовой отрасли: налог на добычу полезных ископаемых, налог на добавочную стоимость, налог на имущество и др.



Анализируя размер финансовых отчислений крупных нефтяных резидентов Российской Федерации, автор отмечает, что в период с 2018–2019 гг. нефтегазовые доходы составляли более 40 % внутреннего валового продукта, но в 2020 г. показатель сильно уменьшился (в первой половине он составил 29,3 %) из-за падения цен на основные энергоресурсы, вызванного новой коронавирусной инфекцией (Covid-19) [1].

Статистика показывает, что многочисленные рассуждения экспертов о необходимости диверсификации экономики страны правильны, но отрицать огромное значение нефтегазовой отрасли бессмысленно. Например, в ней заняты более полумиллиона человек, и она служит основным драйвером экономического развития ряда других отраслей: тяжелого машиностроения, судостроения, нефтехимической и химической промышленности и цифровых технологий.

На сегодняшний день нефтегазовая отрасль апробирует современные цифровые технологии, позволяющие разрабатывать запасы, ранее считавшиеся недоступными. Наиболее характерным примером является огромное Приобское нефтяное месторождение в России, расположенное в Ханты-Мансийском автономном округе. Доказано, что месторождение обладает извлекаемыми запасами в 2,4 млрд т. Ранее считалось, что оно сложное для промышленной разработки, а экономический эффект и вовсе отсутствовал. Но теперь скважина дает более 4 % от всей добываемой нефти Российской Федерации [2].

Повысилась и эффективность работы. Здесь обращаем внимание на крупнейшее Ромашкинское месторождение, расположенное в 20 км от Татарстана. Доказанные и извлекаемые запасы нефтегазовых залежей оценены в 3 млрд т. Скважина разрабатывается с 1948 г. прошлого века и предполагается, что нефти в нем хватит до 2060 г. Вот уже более 65 лет месторождение является своеобразной площадкой для испытания различных современных технологий в области геологоразведки недр, бурения скважин, добычи нефти и нефтепродуктов, которые широко используются во всем мире.

Осваиваются новые месторождения в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Конечно, недра региона не изучены даже на 50 %, но это не мешает добывать уже сейчас более 12 % всей производимой в стране нефти. И это не конец, эксперты предрекают новые неожиданные открытия [2, 3].

Стоит поговорить и про нефтепереработку. В 2019 г. глубина переработки нефти составила около 83 %, хотя в 80-х гг. прошлого века ее процент не превышал 60.

В настоящее время перед нефтегазовой отраслью стоят новые вызовы. Старые месторождения почти исчерпались, количество трудноизвлекаемых залежей увеличивается, а для их разработки необходимо использовать современные технологии, что в условиях санкций практически невозможно. Добыча полезных ископаемых территориально сдвигается в Арктическую зону, на шельф и другие, труднодоступные места. Но при этом количество производимой нефти в стране достигло более 500 млн т в год, и причин по сокращению не наблюдается [4].

Кроме того, на состояние объектов защиты нефтегазовой отрасли влияет и глобальное потепление в виде изменения вечной мерзлоты. Такой критерий опасности практически не учитывается сейчас при генеральном строительстве новых объектов, в том числе при капитальных ремонтах и реконструкции (техническом перевооружении) существующих. Характерным примером экологической катастрофы является чрезвычайная ситуация (ЧС) федерального уровня, случившаяся в мае 2020 г. В результате разгерметизации вертикального резервуара с дизельным топливом на ТЭЦ-3 в Кайеркане (районе г. Норильска) произошла крупнейшая утечка нефтепродуктов в Арктической зоне в истории Российской Федерации, создавшая угрозу для всей глобальной экосистемы Северного Ледовитого океана. Не стоит забывать и о том, что нефтегазовая отрасль является взрывопожароопасной, постоянно меняющейся в угоду современным тенденциям. Следовательно, и обеспечение пожарной безопасности в данной отрасли должно выходить на новый современный уровень [5].

Для обеспечения промышленной и пожарной безопасности на нефтегазовых объектах разрабатывают системы противопожарной защиты, которые являются неотъемлемой частью системы пожарной безопасности, реализуемые в зданиях, сооружениях, промышленных

коммуникациях, наружных установках, входящих в состав сырьевых участков нефтегазовой отрасли [6]. Предназначены для контроля и предотвращения нежелательных последствий превышения максимально допустимых значений в различных технологических процессах. К средствам пожарного мониторинга относятся: газоанализаторы, автоматические датчики температуры и давления, автоматические установки пожарной сигнализации (АПС) и пожаротушения, системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) людей при пожаре и др.

В частности, предельные значения концентрации горючих газозооных смесей отслеживаются газоанализаторами. Конечно, автоматически они имеют в своей структуре систему оповещения, направленную на координацию персонала, однако область оповещения часто ограничивается производственным участком или помещением, в котором расположена.

В статье [7] моделировали ситуацию, в которой произошла разгерметизация железно-дорожной цистерны, при этом площадь разлива предельных кетонов составила порядка 937 м<sup>2</sup>. Далее прогнозировали пожароопасные показатели (удельная скорость выгорания, среднеповерхностная плотность и др.), что позволило расширить существующую базу данных справочных материалов, рассчитать интенсивность теплового излучения пожара пролива и определить минимальное расстояние безопасной границы для человека.

Исследование показало, что о возможной угрозе будет проинформирован только персонал, работающий в зоне, прилегающей к участку разлива. Отметим, что при попадании в горючую среду источника зажигания случится быстрое воспламенение нефти и нефтепродуктов, а, значит, в зону происшествия будут втянуты станции, трубопроводы, хранилища и другие пожаровзрывоопасные помещения и здания [7].

Стоит отметить, что на территории Российской Федерации преобладают низкие температуры окружающей среды, особенно в местах добычи и переработки нефти и нефтепродуктов. Поэтому при ведении различных технологических процессов (транспортирование, перекачивание, хранение) применяют нагретые горючие жидкости (например в качестве теплоносителя): армотерм, мобилтерм, дефинильные смеси и другие высокотемпературные органические теплоносители. Характерными чертами таких горючих веществ является их способность создавать опасные газозооные смеси, а также взрывоопасные аэрозоли, причем не только при авариях, но и внутри технологического оборудования при нормальных режимах работы.

В рамках исследования автором изучен химический процесс испарения нагретых высокотемпературных продуктов, получаемых в ходе крекинга нефти. Результаты были применены для расчета значений массы паров, образование которых возможно при испарении проливов жидкостей, имеющих температуру значительно превышающую рабочую. В результате, на базе формулы Стефана была разработана теоретическая модель, описывающая интенсивность испарения (рис. 1).

Отсюда следует, что взрывоопасные концентрации будут образовываться не только при использовании нефтепродуктов в технологическом процессе, но и при разгерметизации систем нагревания, что также представляет опасность для персонала.

Поэтому перспективным направлением считается цифровой подход в обеспечение пожарной безопасности, к которому, в частности, можно отнести оперативный анализ физико-химических свойств веществ на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). Способ характеризуется экспрессностью, позволяя определить содержание компонента в веществе в режиме реального времени без трудоемких операций и возможностью интеграции в другие системы обеспечения пожарной безопасности. Причем разработка алгоритма работы газоанализирующего оборудования при интегрировании его в системы аварийного оповещения всех объектов защиты, подверженных угрозе посредством управления через ИНС, является основной целью исследования.

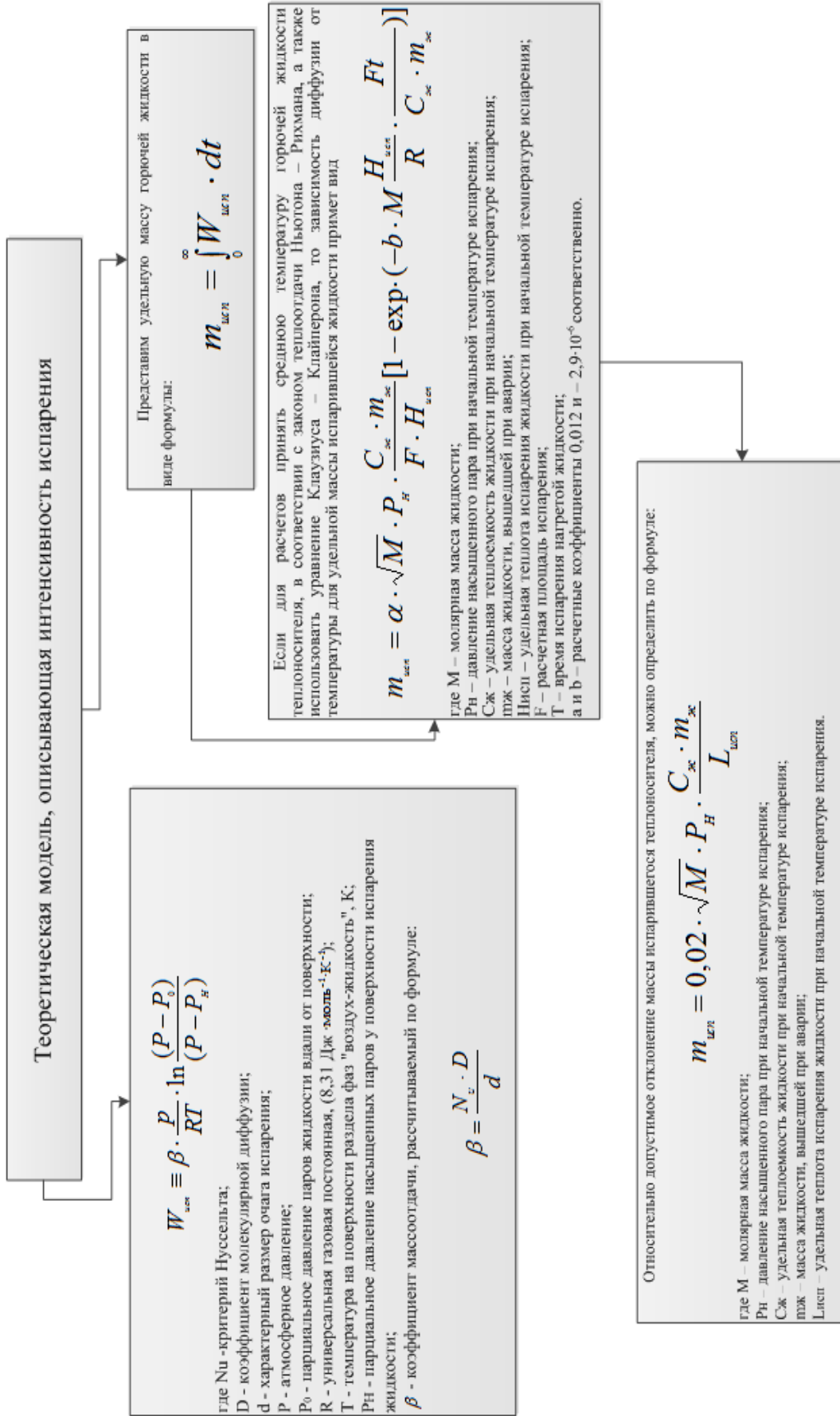


Рис. 1. Теоретическая модель описания интенсивности испарения высокотемпературных органических теплоносителей

Для своевременного оповещения и эвакуации людей необходимо использование современной интеграционной системы на базе искусственных нейронных сетей. Работа такой системы будет осуществляться от автоматизированного рабочего места (АРМ), посредством протокола RS 232. АРМ должно обладать мощным центральным процессором, который позволит оперативно проводить анализ баз данных (БД). Предметом анализа будет являться поиск информации о составных компонентах газообразной смеси и пожароопасных свойствах вещества. В случае необходимости обеспечит прогнозирование недостающих свойств веществ и формирование отчета. В специализированную базу данных возможно сохранение экспериментальных значений и настроек работы искусственных нейронных сетей, построенных по алгоритму [8], хорошо зарекомендовавшему себя при прогнозировании пожароопасных свойств продуктов нефти и нефтепереработки [9, 10]. Это позволило разработать оригинальный алгоритм аналитического контроля и прогнозирования свойств кислородсодержащих органических соединений с использованием газоанализатора. На рис. 2 представлена схема работы интегрированной цифровой системы АПС и СОУЭ с газоанализирующим оборудованием.

Основными элементами такой системы будут являться:

- приемно-контрольный прибор Сигнал – 20 М;
- оповещатели системы СОУЭ, охватывающие основные объекты защиты нефтегазового предприятия;
- газоанализатор (начальный преобразователь, который улавливает и вычисляет пропорции паров в воздухе; измерительный модуль, сопоставляющий заданные пропорции с улавливаемыми) – ОГС-ПГП.

Поскольку газоанализатор подключается к системе автоматической пожарной сигнализации как техническое устройство, реагирующее на определенный показатель, то следует уделить особое внимание приемно-контрольной аппаратуре. Причем подключение необходимо осуществить по типу «сухой контакт», то есть путем использования электромеханического реле, пропускающего через себя электрический ток практически любых выбранных параметров. Это позволит приемно-контрольному прибору автоматически управлять цепью – разрывая или наоборот, соединяя контакты, влияя тем самым, дойдет ли выбранный сигнал до потребителя (оповещателя) на другом конце цепи или нет. Усеченная электрическая схема интегрированной системы представлена на рис. 3.

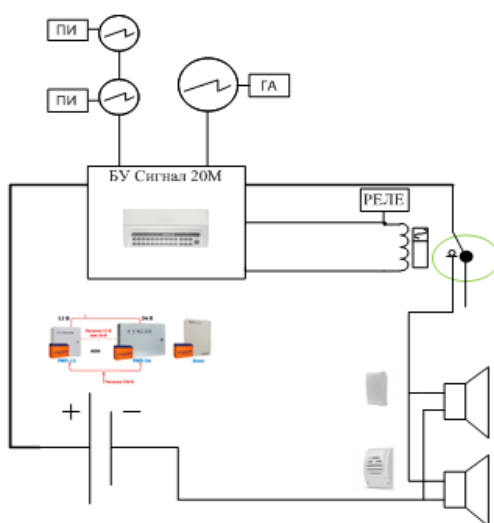


Рис. 3. Электрическая схема интегрированной системы

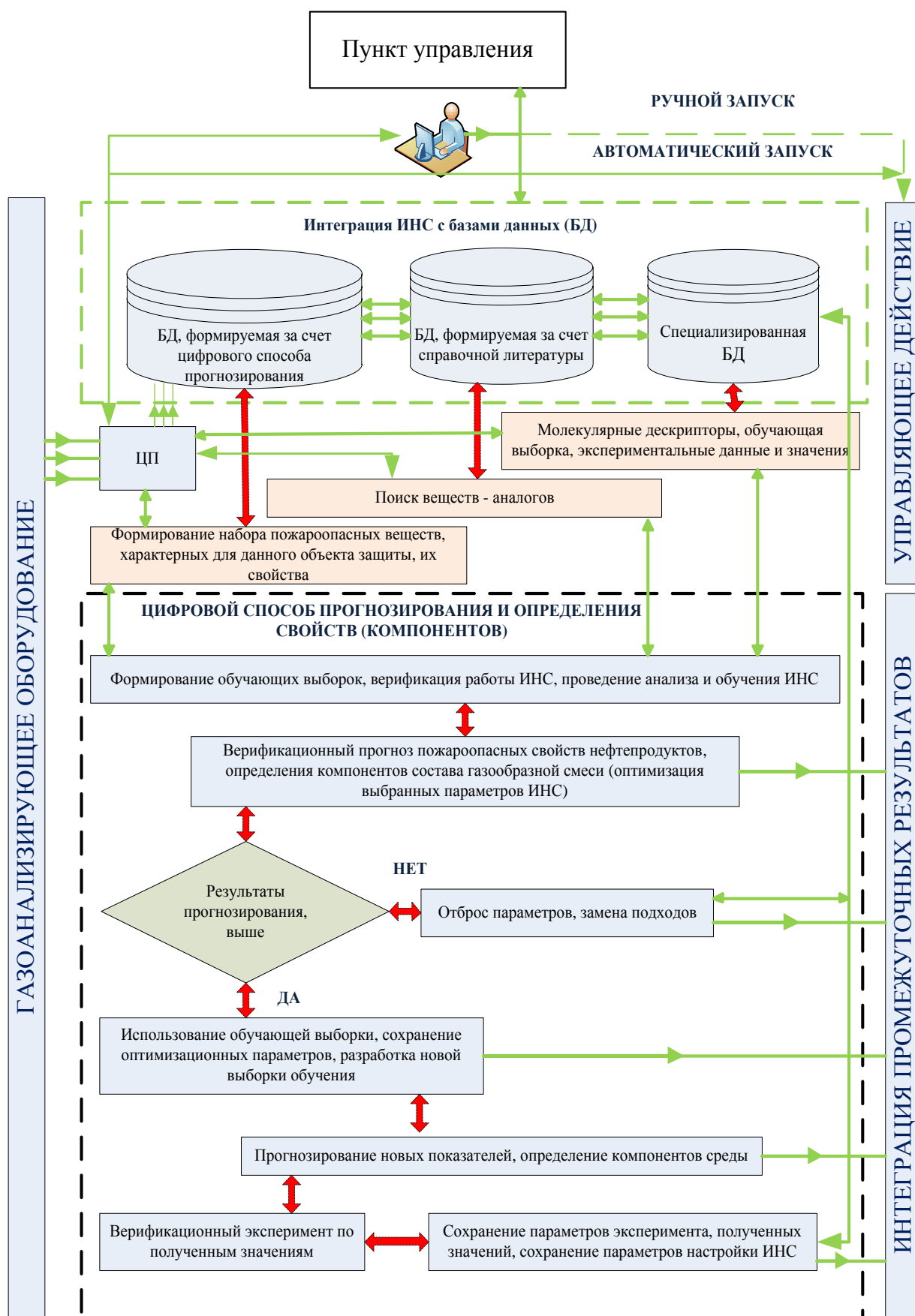


Рис. 2. Методика работы интегрированной цифровой системы АПС и СОУЭ с газоанализирующим оборудованием:  
ЦП – центральный процессор

Таким образом, в работе представлен оригинальный алгоритм работы газоанализирующего оборудования, который позволяет оптимизировать работу оборудования при интегрировании его в системы аварийного оповещения всех объектов защиты, подверженных угрозе взрыва и пожара. В основе алгоритма заложена модель интеллектуальной обработки информации, построенная на базе ИНС, ранее применяемых в цифровом способе прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки. Такая особенность позволяет функционировать системе в условиях неполноты и противоречивости данных, а также повышает уровень обеспечения пожарной безопасности производственного комплекса нефтегазовой отрасли.

### Литература

1. Ларченко Л.В. Нефтегазовая отрасль России: современное состояние и направления развития в условиях неопределенности // Общество. Среда. Развитие. 2019. № 1 (50). С. 9–13.
2. Степанец Л.Ю., Акопян Э.А. Анализ развития и эффективности внедрения цифровизации в нефтегазовую отрасль // Инновационная наука. 2018. № 7–8. С. 69–72.
3. Пляскина Н.И., Харитонов В.Н., Вижина И.А. Освоение нефтегазовых ресурсов Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия): государственная политика и социальные ожидания // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. Т. 1. № 3. С. 117–124.
4. Митина Н.Н., Сунь Х. Освоение Арктики как фактор экономического развития России и энергетической безопасности Китая // Государственное управление: электронный вестник. 2020. № 79. С. 135–153.
5. Сазонов А.Д., Комаров Р.С., Передера О.С. Разлив нефтепродуктов в Норильске 29 мая 2020 года: предполагаемые причины и возможные экологические последствия // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2020. Т. 1. № 5. С. 173–177.
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (одобр. Сов. Федерации 11 июля 2008 г.) // Рос. газ. 2008. № 163; Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 30 (Ч. I). Ст. 3579.
7. Королев Д.С., Батуро А.Н. Определение интенсивности теплового излучения пожара пролива ЛВЖ нефтегазового комплекса с учетом спрогнозированных пожароопасных показателей веществ // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2020. № 2 (17). С. 20–26.
8. Korolev D.S., Vytovtov A.V., Kargashilov D.V., Odnolko A.A., Denisov M.S. Mathematical simulation of the forecasting process of the fire hazard properties of substances // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 52025.
9. Королев Д.С., Калач А.В., Сорокина Ю.Н. Сравнительный анализ способов прогнозирования физико-химических свойств веществ // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2016. № 1 (23). С. 78–84.
10. Королев Д.С., Вытовтов А.В. Эффективность применения цифрового способа прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 3. С. 137–144.

УДК 347.771:699.81

## **АНАЛИЗ ПАТЕНТОВ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ, СВЯЗАННЫХ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ**

**И.В. Дашко, кандидат химических наук.**

**Федеральный институт промышленной собственности.**

**Л.В. Дашко, кандидат химических наук.**

**Экспертно-криминалистический центр Министерства внутренних дел Российской Федерации**

Приведен анализ патентов на получение и применение композиций, снижающих горючие свойства древесины. Приведены общие сведения, касающиеся горючих свойств древесины, наиболее распространенных типов огнезащитных покрытий и пропиток с разделением огнезащитных составов по типам (пропитки, покрытия), по химической природе, по способу применения и пр., применяемых для снижения горючести древесины, а также основные нормативно-правовые акты, регулирующие техническую и правовую стороны в области пожарной безопасности в части, касающейся применения огнезащитных составов.

*Ключевые слова:* патентные документы, пропитка древесины, огнезащита древесины, антипирены, пожарная безопасность

## **ANALYSIS OF PATENTS FOR INVENTIONS OF FLAME RETARDANTS FOR TREATMENT OF WOOD**

I.V. Dashko. Federal institute of industrial property.

L.V. Dashko. Forensic science center of Ministry of internal affairs of Russia

The article provides an analysis of applications for inventions filed with Rospatent and patents for fire retardant compositions for wood. The article gives an overview of flammability characteristics of wood and most common types of flame retardants (impregnations, coatings (thin layer, spraying), as well as its chemical nature, mode of application, etc. It also considers the main legislative acts regulating technical and legal aspects related to application of flame retardants.

*Keywords:* patent documents, wood impregnation, fire retardant for wood, flame retardants, fire safety

В качестве строительного материала древесина используется с древнейших времен. Благодаря своим характеристикам (доступность, легкость обработки, высокие прочностные и теплоизоляционные свойства и др.) древесина на сегодняшний день является одним из наиболее распространенных строительных материалов, используемых при малоэтажном жилищном строительстве, при проведении строительно-монтажных (возведение лесов, опалубки и подмостей) и отделочных работ.

Однако при всех своих неоспоримых преимуществах древесина как материал имеет существенные недостатки, значительно ограничивающие сферу применения. К основным можно отнести подверженность биологическому воздействию и высокую горючесть. Если грибковое поражение или повреждение насекомыми деревянных конструкций наносит в первую очередь экономический ущерб, то возникновение пожара приводит к значительным человеческим жертвам и более серьезным последствиям [1].

Согласно Техническому регламенту [2], который устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), в том числе к зданиям и сооружениям, производственным объектам, пожарно-технической продукции и продукции общего назначения, все вещества и материалы подлежат классификации по пожарной опасности на основе их свойств и способности к образованию опасных факторов пожара или взрыва.

В соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ, исходя из требуемого класса конструктивной пожарной опасности здания, определяются минимально необходимые классы пожарной опасности строительных конструкций. В настоящее время класс конструктивной пожарной опасности здания и необходимая степень огнестойкости определяется в соответствии сводом правил [3]. Согласно им, деревянные конструкции должны соответствовать минимально необходимым требованиям по пределу огнестойкости и по классу пожарной опасности.

В соответствии с Техническим регламентом и системой стандартов безопасности труда [4], древесина без обработки специальными составами, снижающими горючесть, относится к горючим материалам, которые способны загореться от источника открытого огня и продолжать самостоятельного гореть после его удаления [5].

Для снижения пожароопасных свойств древесины и изделия на ее основе обрабатывают специальными составами, влияющими на такие параметры, как горючесть, воспламеняемость, скорость распространения огня, дымообразующие свойства, токсичность.

Действующий национальный стандарт [6] обуславливает общие требования к огнезащитным составам для обработки древесины и материалов на ее основе, а также методы определения огнезащитной эффективности.

Огнезащитные составы классифицируются на пять основных видов:

- лаки огнезащитные, которые представляют собой растворы или эмульсии, при застывании образующие тонкую прозрачную пленку;
- краски огнезащитные, которые представляют собой однородную суспензию, при застывании образующие тонкую непрозрачную пленку;
- пасты (обмазки) огнезащитные, представляющие собой однородную пастообразную консистенцию, при застывании образующие на защищаемой поверхности слой покрытия большей толщины, чем лаки и краски;
- огнезащитные пропитки, которые представляют собой растворы, не образующие пленку, обеспечивающие образование поверхностного огнезащитного слоя (поверхностная пропитка) или огнезащиту в объеме древесины (глубокая пропитка);
- комбинированные огнезащитные составы, которые представляют собой комплекс из двух или нескольких видов огнезащитных составов, нанесение каждого из которых на защищаемую поверхность осуществляется последовательно.

Первые нормативно-правовые акты, направленные на обеспечение пожарной безопасности объектов деревянного строительства, известны с первой половины XIX в. Так, после Московского пожара 1812 г. был введен запрет на строительство новых деревянных домов в центре города, а существующие деревянные конструкции должны были быть оштукатурены глиной. Вторым способом снижения горючих свойств в то время являлась обработка древесины известковым раствором. Научные исследования в области огнезащитных составов начали проводиться только после Октябрьской Социалистической революции. В 1927 г. разработкой огнезащитных составов занимался химический отдел Центральной научно-исследовательской лаборатории, а в 1937 г. эти функции были переданы в Центральный научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ЦНИИПО) НКВД СССР [7]. Благодаря исследованиям советских ученых ЦНИИПО НКВД СССР были разработаны первые отечественные огнезащитные составы на основе глины, извести, фосфатов и отходов производства хлорсодержащих продуктов. Данные составы показали свою эффективность во время Великой Отечественной войны. В тех домах, где ими



были обработаны горючие элементы, пожар от применения зажигательных авиабомб не получал значительного распространения [8].

Бурное развитие огнезащитных составов началось в послевоенные годы. Процессами горения материалов занимались известные ученые: С.И. Таубкин, Э.В. Конев, М.Я. Ройтман, С.Н. Горшин, А.А. Леонович, А.Я. Корольченко, Д. Драйздейл, Д. Робертс, А.Н. Баратов, Н.П. Копылов, Я.С. Киселев, И.Г. Романенков, И.С. Молчадский, Б.Б. Серков, Г.М. Шутов, В.М. Хрулев, Н.А. Максименко, Е.Н. Покровская, которые внесли весомый вклад в подготовку теоретических основ снижения горючести древесины, определение механизмов огнезащиты, в создание средств и способов огнезащитной обработки [9].

В период 50–60 гг. XX в. была создана широкая номенклатура огнезащитных средств на основе солей аммония, широко применялись силикатные краски. Огнезащитную обработку проводили как методом глубокой пропитки древесины, так и поверхностными средствами. С начала 70-х гг. начинается активное использование огнезащитных вспучивающихся красок на основе карбамидных смол, солей аммония с добавлением соединений кремния, титана, железа. В это время совершенствовались как составы огнезащитных пропиток, так и способы их нанесения [8]. В 80-е гг. продолжились исследования по совершенствованию вспучивающихся покрытий и расширение области применения. Так был создан антипирен факкор, который существенно отличается от ортофосфатов за счет высокого содержания азота и фосфора [10].

В настоящее время используется широкая номенклатура огнезащитных составов, от солей аммония с добавлением фосфо- и азотосодержащих соединений до новейших средств, обеспечивающих стабильно высокие показатели по огнезащите. В соответствии со сводом правил [11] для обеспечения пожарной безопасности для деревянных конструкций рекомендуется применять огнезащитные составы первой и второй групп огнезащитной эффективности, согласно ГОСТ Р 53292–2009. Огнезащитные составы на основе солей аммония способны обеспечить вторую группу огнезащитной эффективности [12] и гарантированную сохранность огнезащитных свойств в течение одного года, однако одним из их недостатков является их плохая совместимость с другими средствами обработки древесины и малоэффективность в качестве биозащиты. Современные средства, как правило, обеспечивают первую группу огнезащитной эффективности, совместимы с большим количеством покрытий и обладают высокими биозащитными свойствами [13].

Основным направлением в создании современных огнезащитных средств для обработки древесины является разработка комплексного состава, сочетающего ряд характеристик: высокую огнезащитную эффективность, биозащиту, химическую стойкость. При этом также необходимо учитывать экологичность, ввиду того, что данный фактор является одним из основных при выборе огнезащитного состава для обработки деревянных конструкций жилых домов, так как при прочих равных предпочтение будет отдаваться тем составам, применение которых не представляет опасности для жизни и здоровья человека и не наносит вреда окружающей среде [14].

Таким образом, создание новых составов и совершенствование способов огнезащитной обработки древесины является весьма актуальной задачей.

Проследить тенденции в совершенствовании огнезащиты, создании новых рецептур и модификации методов обработки возможно на основе анализа патентной литературы, так как в ней отражены задачи, которые ставили перед собой изобретатели, недостатки предыдущего уровня техники, а также, в определенной степени, потенциальные направления интереса в анализируемой области с точки зрения развития современной технологии. В связи с чем сегмент патентной литературы подчас отражает наиболее актуальные стороны развития исследуемой области.

Патент – это охранный документ, удостоверяющий исключительное право, авторство и приоритет изобретения. Патент защищает права обладателя на несанкционированное использование результата его интеллектуальной деятельности, при этом само возникновение патента продиктовано развитием рыночных отношений [15].

В статье проведен анализ патентов и заявок, опубликованных в российском патентном ведомстве, которые связаны с разработкой различных средств и способов огнезащитной обработки древесины и изделий на ее основе. Основной группой классов при анализе огнезащиты выбраны В27К 3/00 – В27К 3/52, относящиеся к различным аспектам пропитки древесины, например, для защиты, а также С09D 5/18, характеризующий огнеупорные краски.

В ходе патентного поиска было найдено большое количество патентов в области огнезащитных составов для обработки древесины, большая часть которых зарегистрирована в США, Китае, Англии, Корее, Канаде. При этом среди российских патентообладателей также наблюдается значительный интерес, хоть и в меньшей степени, в области огнезащитных составов. Проведенное исследование ориентировано именно на отечественные патенты.

Анализ патентной литературы позволил выделить ряд проблем, на разрешение которых направлены технические решения, и основные способы их преодоления.

Огнезащитные составы для древесины подразделяются на пропитывающие и покрывающие составы (краски, лаки, эмали, грунтовки и т.д.). Рассмотрение этих двух видов составов будет проведено отдельно.

Анализ патентов, относящихся к огнезащитным покрытиям, выявил основные направления интересов производителей. Так большая часть патентов относится к вспучивающимся покрытиям, особенностью этого вида покрытий является увеличение слоя покрытия при термическом разложении вспучивающихся добавок, обеспечивающих образование пористого карбонизированного слоя, обладающего высокими теплоизоляционными свойствами.

Вспучивающиеся покрытия относятся к особому классу огнезащитных покрытий и отличаются от огнестойких покрытий, задачей которых является снижение воспламеняемости и отсрочивание горения древесины, при этом само вспучивание для таких покрытий не является необходимым или существенным.

Недостатки предыдущего уровня техники в отношении вспучивающихся красок заключаются в использовании токсичных растворителей при их производстве, необходимости использования связующих, которые разлагаются при повышенных температурах с высоким дымообразованием, в коротком времени жизни готовых составов на основе мочевиноформальдегидных смол, а также необходимости улучшения прочностных, адгезионных, износо- и атмосферостойких свойств покрытий, наряду с улучшением огнезащитных свойств.

Так, в патенте [16] описано изобретение, предлагающее использовать в качестве связующего компонента водную акриловую или винилацетатную дисперсию, а в качестве вспучивающих добавок смесь пентаэритрита и полифосфата аммония при отношении 1:1,3–2,6 в присутствии наполнителей и других компонентов, при этом состав обеспечивает первую группу огнезащитной эффективности в соответствии с нормами [17] пожарной безопасности.

Способ получения огнезащитного покрытия на поверхности горючих и негорючих материалов, включающий последовательное нанесение нескольких слоев покрытия, описан в патенте [18]. Особенностью данного изобретения является то, что один из слоев огнезащитного покрытия наносят в виде матрицы, содержащей микрокапсулированный агент, оболочка которого заполнена вспучивающимся веществом.

В патенте [19] представлена жидкая вспучивающаяся композиция покрытия, содержащая эпоксидную смолу с отвердителем, соли фосфорной или серной кислот, а также борную кислоту, меламин и изоцианурат. При воздействии температуры на данное покрытие происходит взаимодействие между эпоксидной смолой и солями, а также борной кислотой, приводящее к образованию газовой фазы, которая действует как вспучивающий агент.

Авторами изобретения отмечено, что введение в композицию традиционных вспучивающих агентов (меламин и изоцианурата) приводит к снижению теплозащиты, ухудшению прочности и адгезии обуглившегося материала. Таким образом, для достижения

наилучших теплоизоляционных и прочностных свойств данная композиция должна содержать минимально возможное количество вспучивающего агента.

Известна также вспучивающая композиция, включающая карбонизирующее вещество, вспениватель, латентный источник органической кислоты, пигменты, наполнитель и загуститель. Отличие данного технического решения заключается в использовании редиспергируемого полимерного связующего, которое обеспечивает расширение ареала использования композиции, поскольку исключается негативное влияние водных составов, связанное с возможностью их замерзания и расслоения при транспортировке и хранении при низких температурах [20].

Отдельным видом огнезащитных составов являются композиции на основе жидкого стекла. Данные покрытия основаны на неорганическом негорючем связующем материале, обладают привлекательным внешним видом, однако имеют недостатки, связанные с их влагостойкостью, растрескиванием и шелушением.

Состав [21] огнезащитного покрытия включает жидкое стекло, молотый вермикулит и кварцевый песок с размером частиц 1–7 мкм. Применение кварцевого песка позволяет повысить огнестойкость покрытия, при этом уменьшение размеров частиц кварцевого песка в указанном диапазоне положительно сказывается на прочностных характеристиках покрытия.

Также одним из путей решения задачи по улучшению прочности и огнетеплозащиты силикатного покрытия является введение в качестве наполнителя огнеупорного волокна и отвердителя из смеси солей железа, алюминия и кальция, которые обеспечивают полную полимеризацию покрытия, что способствует улучшению ее водо- и атмосферостойкости [22], а также введение анизометрического наноксида алюминия [23]. Потеря массы образца древесины, извлеченного из керамического короба, подвергнутого воздействию в течение 5 мин температуры  $200 \pm 5$  °С, составила не более 18 %, что соотносится со второй группой огнезащитной эффективности.

Одно из первых упоминаний данного класса покрытий представлено в техническом решении А.А. Брюшкова, опубликованного в 1929 г., согласно которому задача по улучшению огнестойкости, прилипаемости, эластичности и водоупорности покрытия решается путем введения в жидкое стекло плавиковой кислоты, а также смеси эмульсола и асидола [24].

Также разрабатывались покрытия на основе синтетических смол, огнезащитные свойства которых формировались путем введения полисилоксановых смол, основная цепь макромолекул в которых состоит из чередующихся звеньев, образованных атомами кремния и кислорода. Данная особенность влияет на то, что полисилоксановые смолы не изменяют свои свойства при более высоких температурах по сравнению со всеми смолами органического происхождения [25].

Для улучшения огнестойких свойств разрабатываемых рецептур на основе полиорганосилоксановой смолы вводятся дополнительно синтетические смолы в качестве инициатора отверждения, огнестойкие наполнители, пигмент и антипирены в виде солей фосфорной кислоты либо высокохлорированные парафины. При этом инициатор отверждения на основе синтетических смол (эпоксидная диановая смола ЭД-20, полиуретановая смола или фенолформальдегидная смола) при высокотемпературном воздействии позволяет изменить направление термодеструкции полимерного комплекса в сторону образования преимущественно нелетучих и негорючих продуктов разложения, что в совокупности с использованием антипиренов значительно повышает огнестойкость покрытия [26]. Разложение данного состава наступает только при температуре свыше 600 °С.

Случаи введения борной кислоты и наполнителя (смесь оксида магния или слюды и гидроксила алюминия) в композицию на основе полиорганосилоксана приведены в патенте [27]. Данная композиция обладает высокой эффективностью и переводит древесину в класс трудностгораемых материалов.

В качестве связующего компонента для огнезащитных покрытий также используют аминформальдегидные или карбамидформальдегидные смолы в сочетании с антипиренами, огнестойкими наполнителями и функциональными добавками для улучшения свойств

покрытия. Целью таких технических решений, как правило, является увеличение огнезащитных свойств покрытия и его надежного сцепления с обрабатываемой поверхностью [28].

В патенте [29] предложено огнезащитное покрытие, где в качестве пленкообразователя используют стирол-акриловую смолу, а также растворитель, биоцидно-реологическую добавку, антипирен полифосфат аммония, неорганический загуститель на основе бентонитовой глины и трис(2-хлорэтил)фосфат, который является наиболее эффективным в зоне пиролитического разложения. На начальных стадиях процесса горения происходит дегидратация полимера с последующей стадией коксования, что препятствует разогреву защищаемой поверхности. Эффективность фосфоросодержащих соединений в качестве антипиренов обусловлена спецификой их влияния на горение в газовой фазе, образованием стеклообразного поверхностного слоя, который выступает барьером между пламенем и поверхностью, предотвращая перенос кислорода, тепла и продуктов пиролиза, а также способностью образовывать углеродный кокс. Данные покрытия соответствуют первой группе огнезащитной эффективности.

Помимо огнезащитных покрытий в виде лаков, красок и грунтовок используют составы для пропитки древесины, которые подразделяются по типу основы, в которую вводятся действующие вещества, растворимые и в воде, и в органических растворителях. Такие составы, как правило, выполняют наряду с огнезащитными свойствами еще и биоцидные.

Водорастворимые пропитки чаще пригодны для бытового использования, так как они являются более экологичными.

При создании новых пропитывающих составов основное внимание уделяется получению комплексного действия в отношении улучшения огне-, био- и влагостойкости материала.

Как правило, в качестве антипиренов в такие составы вводятся соединения брома или фосфора. При создании рецептур на их основе одной из актуальных задач является предотвращение их вымывания из древесины в ходе эксплуатации.

В качестве примера можно привести один из известных биоогнезащитных пропитывающих составов для древесины на водной основе [30], включающий в себя соединение фосфора, в качестве которого используют фенилвинилфосфиновую кислоту в количестве 5–20 мас.%. Изобретение обеспечивает получение несмываемого состава за счет химического взаимодействия фенилвинилфосфиновой кислоты с древесиной.

В патенте [31] на получение огнебиозащитной пропитки древесины представлен состав, включающий фосфатное соединение, в котором в качестве фосфатного соединения используется кальций-цинк-фосфатнитратное связующее в сочетании с аминокислотными производными. Использование сочетания диаммонийфосфата с фторидом щелочного металла или аммония позволяет получать пропиточный состав с низкой вымываемостью, влагопоглощением, высокими огнезащитными свойствами и биостойкостью.

Для улучшения пропиточных составов с экологической точки зрения используют пропитки на основе силикатов щелочных металлов, которые относятся к экологичным материалам и обеспечивают высокие огнезащитные свойства. Однако основная проблема при использовании силикатов щелочных металлов для пропитки древесины связана с их высокой растворимостью в воде, что приводит к вымыванию таких составов из обработанной древесины при воздействии осадков. Поэтому, при улучшении стойкости пропиточных составов к внешним воздействиям, в конечном счете, повышается огнестойкость материала за счет сохранности исходного количества огнезащитных добавок. Так, например, в патенте [32] описан способ получения огнестойкой древесины с помощью которого задача устойчивости антипирена к вымыванию и повышению уровня огнестойкости решается путем двухстадийной пропитки: на первой стадии – водно-спиртовым раствором метилсиликата натрия в присутствии метилсиликоната натрия, на второй стадии – раствором хлорида магния, который способствует образованию нерастворимой соли метилсиликата магния, не вымываемой из древесины, а также труднорастворимого метилсиликоната магния, обладающего гидрофобными свойствами.

Также известен способ [33] повышения огнестойкости за счет образования углеродсодержащего слоя. Данный способ включает в себя обработку древесины раствором силиката с последующей пропиткой раствором солей сульфаминовой кислоты. В этом изобретении сульфамат выступает как средство повышения огнестойкости материала за счет подкисления силиката и образования силиказоля. В результате протекающей реакции происходит образование прочного водонерастворимого каркаса с высокой огнестойкостью.

Помимо водорастворимых пропиточных составов используются также смеси на основе органических растворителей. Применение органических растворителей обусловлено в первую очередь выбором антипиреновых добавок, растворимость которых в воде ограничена.

Так, в патенте [34] описан огнезащитный состав для пропитки древесины, содержащий органический галогенсодержащий антипирен (бромированный 4-винилциклогексен) и растворитель (хлороформ). Изобретение направлено на повышение огнезащитной эффективности, снижение дымообразования, а также на препятствование распространению пламени по поверхности древесины.

В патенте [35] описано применение спиртовых растворов производных перфторированных карбоновых кислот в качестве противопожарного антисептика для древесины, который способствует улучшению огнестойкости древесины.

Биоогнезащитный состав для обработки древесины на основе четыреххлористого углерода или перхлорэтилена, содержащего диметилфосфит или диэтилфосфит, приведен в патенте [36]. Используемые алкилфосфиты вступают в химическое взаимодействие с компонентами древесины (целлюлозой и лигнином) и увеличивают содержание фосфора в модифицированных образцах, что способствует усилению огнезащитных свойств.

Также опубликован патент [37], содержащий сведения об огнезащитном составе на основе органических соединений: трихлорэтилфосфата в качестве антипирена и петролатума в качестве экологичного гидрофобизирующего агента.

Профилактическая обработка древесины пропиточными составами может быть осуществлена различными методами. Наиболее простым и распространенным методом является нанесение кистью или окунание.

Так, например, известен комплексный огнебиозащитный пропиточный состав [38], содержащий растворенные в воде кремнефтористый аммоний, антипирены, включающие сульфат аммония и нитроаммофоску и дополнительно поверхностно-активное вещество. Указанный состав может быть нанесен на защищаемую поверхность в виде водного раствора кистью, окунанием или при помощи пульверизатора, причем способ нанесения не оказывает существенного влияния на огнезащитную эффективность.

Для усиления огнезащиты древесины при пропитке используют более сложный технологический метод, такой как глубокая пропитка.

Метод глубокой пропитки древесины позволяют достичь глубины пропитки до 5 мм, более глубокому проникновению пропиточного состава в древесину препятствуют растворенные в нем газы [39]. В процессе вакуумного автоклавирования древесины на границе раздела фаз пропиточного состава и вакуумированной поверхностью образуется слой газа, который снижает проникновение пропиточного состава в поры. Для улучшения эффективности пропитки проводят несколько циклов обработки, однако они сопряжены с экономическими и временными затратами. На решение указанного недостатка предыдущего уровня техники направлены ряд технических решений.

В патенте [40] представлен способ пропитки древесины, который включает в себя следующие стадии: загрузка материала в камеру, заполнение камеры пропиточной жидкостью с последующей герметизацией и разряжением до образования глубокого вакуума, подача пропиточной жидкости под давлением, выдержка материала под давлением, снижение давления до атмосферного и откачка жидкости, извлечение материала. Импульсное разряжение, создаваемое в процессе обработки, способствует исключению воздушных мешков на поверхности, что приводит к более глубокой пропитке древесины. Кроме того, такая обработка исключает обратное вытекание пропиточного раствора из пор.

Существуют технологии, способствующие еще более глубокой и качественной пропитке древесины, направленные на улучшение огнезащитных свойств материала.

Способ глубокой пропитки древесины, включающий предварительное вакуумирование пропиточного раствора и древесины до установления постоянного, не изменяющегося во времени давления порядка 0,05–0,08 МПа описан в патенте [41]. Создание подобных условий приводит к дегазации пропиточного раствора и древесины, что исключает возможность образования «газовых пробок» в древесине и обеспечивает полную (сквозную) пропитку в одном цикле. После заливки провакуумированной древесины нагретым дегазированным пропиточным раствором вакуум поддерживают в течение 180–240 мин, затем увеличивают давление до атмосферного или создают избыточное давление и проводят пропитку древесины огнезащитным составом. По завершении пропитки осуществляют сушку древесины и обработку фиксирующим составом, образующим при взаимодействии с пропиточными растворами термически стабильные и нерастворимые в воде вещества.

Анализ отечественных патентных материалов показал, что основные цели технических решений в области физических огнезащитных составов заключаются в улучшении огнезащитной эффективности. Большая часть направлена исключительно на создание рецептур по снижению горючести, что обусловлено в первую очередь существующей методологией оценки эффективности огнезащитных составов для древесины, которая основывается лишь на определении группы огнезащитной эффективности [42]. Однако наблюдается тенденция увеличения количества патентов на получение составов широкого спектра действия. Создание пропиточных материалов в первую очередь ориентировано на достижение одновременно нескольких свойств, таких как огне-, био- и влагозащита, в то время как для лаков и красок характерно усовершенствование баланса огнезащитных и эксплуатационных качеств покрытия, проявляющихся в прочностных, адгезионных и других параметрах.

Патентный анализ позволяет получить объективное представление о состоянии науки и техники в области огнезащиты, а именно получить исчерпывающую информацию, основанную на опыте использования таких составов, выявленных недостатках и способах их устранения, что в конечном счете позволит выбрать наиболее конкурентоспособный сегмент исследуемой области и сосредоточить научные исследования по совершенствованию огнезащитных составов в нужном направлении.

Если эффективность подготовительной работы конкретного исследования во многом зависит от полноты проведенного патентного анализа, то получение самого патента подтверждает статус изобретения, подводя черту под исследованием, подтверждая и защищая права патентообладателя.

### Литература

1. Проблемные вопросы производства повторных судебных пожарно-технических экспертиз в системе МВД России / В.Ю. Крисанова [и др.] // Энциклопедия судебной экспертизы. 2020. № 3 (26). С. 22–30.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. а) СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты;  
б) СНиП 21-01–97\*. Пожарная безопасность зданий и сооружений // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.11.2020).
4. ГОСТ 12.1.044–2018. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.11.2020).

5. Дашко Л.В., Ключников В.Ю., Плотникова Г.В. Использование методов синхронного термического анализа для исследования углей при производстве пожарно-технических экспертиз // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 9. С. 13–18.
6. ГОСТ Р 53292–2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.11.2020).
7. Пожарная безопасность: энциклопедия / науч.-ред. совет: С.К. Шойгу [и др.]. М.: ФБГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. 416 с.
8. Собурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций: учеб.-справочное пособие. 5-е изд., перераб. М.: ПожКнига, 2014. 256 с.
9. Тычино Н.А. Высокоэффективные огнезащитные средства комбинированного действия для обработки древесины: дис. ... д-ра техн. наук. Минск, 2005. 256 с.
10. Огнезащитный вспучивающийся состав для покрытий: пат. 902450 Советский Союз / М.Н. Колганова, Ф.А. Левитес [и др.]. – № 2928352; заявл. 04.04.1980; опубл. 30.07.1986, Бюл. № 28. 5 с.
11. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.11.2020).
12. ГОСТ 16363–98. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.11.2020).
13. Тычино Н.А. Опыт огнезащиты деревянных конструкций в республике Беларусь // Пожаровзрывобезопасность. 2004. Т. 13. № 5. С. 33–39.
14. Анализ патентов и материалов заявок на изобретения, связанных с огнезащитой пенополистирола / Л.В. Дашко [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 1. С. 17–25.
15. О введении в действие части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации: Федер. закон от 18 дек. 2006 г. № 231-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
16. Огнезащитная вспучивающаяся краска: пат. 2174527 Рос. Федерация / Е.В. Потапова. – № 2001106493/04; заявл. 13.03.2001; опубл. 10.10.2001, Бюл. № 28. 8 с.
17. НПБ 251–98. Нормы пожарной безопасности. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.11.2020).
18. Способ получения огнезащитного покрытия на поверхности горючих и негорючих материалов, микрокапсулированный агент для создания огнезащитного покрытия на поверхности горючих и негорючих материалов, способ его получения и способ создания огнезащитного вспучивающегося покрытия: пат. 2580132 Рос. Федерация / В.И. Забегаев. – № 2014100479/05; заявл. 09.01.2014; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 20. 26 с.
19. Вспучивающаяся композиция покрытия: пат. 2664515 Рос. Федерация / Батлер Рэйчел, Киттл Кевин Джеффри, Хоуп Томас Уилльям. – № 2016103906; заявл. 11.07.2014; опубл. 20.08.2018, Бюл. № 23. 23 с.
20. Огнезащитная вспучивающаяся краска: пат. 2521060 Рос. Федерация / А.В. Печников, М.А. Печников. – № 2011130755/05; заявл. 25.07.2011; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 11. 8 с.
21. Композиция для получения огнезащитного покрытия: пат. 2148066 Рос. Федерация / В.Е. Райхер, И.Р. Фишман. – № 98123674/04; заявл. 25.12.1998; опубл. 27.04.2000, Бюл. № 12. 6 с.
22. Огнезащитная композиция для древесины «Эврика»: пат. 2510751 Рос. Федерация / Ю.В. Кузнецов. – № 2011150109/05; заявл. 09.12.2011; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10. 4 с.
23. Состав для огнезащитного покрытия с использованием наноксида алюминия: пат. 2458951 Рос. Федерация / В.В. Петров, Е.А. Тютинина, А.А. Шпилева, Н.В. Захарова, Н.В. Бердников, Д.С. Денисенко, О.А. Грачева. – № 2011109969/05; заявл. 16.03.2011; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23. 4 с.

24. Способ получения силикатных красок для дерева: пат. 12418 Советский Союз № 30414 / А.А. Брюшков; заявл. 05.07.1928; опубл. 31.12.1929. 2 с.
25. Малышев А.И., Николаев Г.Н., Шувалов Ю.А. Технология металлов и конструкционные материалы: учеб. пособие для немашиностроит. сред. спец. учеб. заведений. М.: Высш. школа, 1963. 430 с.
26. Огнестойкий состав: пат. 2148605 Рос. Федерация / С.В. Рябов, С.А. Матвеев. – № 99104530/04; заявл. 09.03.1999; опубл. 10.05.2000, Бюл. № 13. 8 с.
27. Композиция для огнезащитного покрытия древесины: пат. 1812199 Советский союз № 4914470 / Т.В. Васильева, Л.А. Орлова, Ф.А. Левитес, Н.А. Толпекина, Л.А. Черных, В.Н. Евстигнеев, О.А. Киселева, Е.А. Чернышев; заявл. 25.02.1991, опубл. 30.04.1993, Бюл. № 16. 4 с.
28. а) состав для огнезащитного покрытия: пат. 1126584 Советский Союз № 3557681 / А.И. Щипанов, В.М. Пискурев, Г.Н. Подольная, Р.Я. Овечкина, П.Е. Жаворонков, Р.И. Рыков; заявл. 17.11.1982; опубл. 13.11.1984, Бюл. № 44. 3 с.
- б) состав для огнебиозащитного покрытия: пат. 1168577 Советский Союз № 3624726 / А.И. Щипанов, В.М. Пискурев, Г.Н. Подольная, Р.Я. Овечкина, П.Е. Жаворонков, Р.И. Рыков, С.А. Жолондзь, В.П. Татаринцева; заявл. 24.04.1983; опубл. 23.07.1985, Бюл. № 27. 3 с.
- в) состав для огнезащитного покрытия древесины: пат. 1668373 Советский Союз / К.М. Деменкова, А.И. Козлюк, Р.Ф. Снисаренко, В.А. Люев, Н.А. Кузь. – № 4616796; заявл. 06.12.1988; опубл. 07.08.1991, Бюл. № 29. 2 с.
29. Огнезащитный лак на органической основе: пат. 2642792 Рос. Федерация / Т.Ю. Еремина, Е.А. Николаева. – № 2017101403; заявл. 17.01.2017; опубл. 26.01.2018, Бюл. № 3. 5 с.
30. Биоогнезащитный состав для пропитки древесины: пат. 631336 Советский Союз / С.Л. Сосин, Е.Н. Покровская. № 2474492; заявл. 15.04.1977; опубл. 05.11.1978, Бюл. № 41. 2 с.
31. Композиция для огнебиозащитной пропитки древесины: пат. 2538256 Рос. Федерация / Н.А. Лукьяненко, К.Н. Лукьяненко, Э.М. Веренкова. 2012129756/05; заявл. 16.07.2012; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. 7 с.
32. Способ получения огнестойкой древесины: пат. 1541056 Советский Союз / М.В. Михайлова, Г.М. Шутов, Г.Д. Легчилова, Л.П. Трищанович. № 4352577, заявл. 30.12.1987, опубл. 07.02.1990. Бюл. № 5. 2 с.
33. Способ повышения огнестойкости углеродсодержащих материалов: пат. 2431706 Рос. Федерация / С.П. Бардаханов, Т.А. Биспен, В.Н. Говердовский, Д.Д. Молдавский. – № 2010108954/05; заявл. 07.05.2010; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 29. 9 с.
34. Огнезащитный состав для древесных конструкций и изделий: пат. 2689741 Рос. Федерация / Н.С. Никулина. – № 2018120019; заявл. 30.05.2018; опубл. 28.05.2019, Бюл. № 16. 6 с.
35. Производные перфторированных карбоновых кислот в качестве противопожарного антисептика древесины: пат. 2430829 Рос. Федерация / Ю.В. Сергиенко, М.Б. Межидов, Я.В. Зачиняев, Д.С. Орлов. № 2010108833/05; заявл. 09.03.2010; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 28. 5 с.
36. Биоогнезащитный состав для древесины: пат. 2011512 Рос. Федерация / Е.Н. Покровская, Т.П. Никифорова, Ю.Л. Маковский, В.И. Сидоров. № 4953382/05; заявл. 24.04.1991; опубл. 30.04.1994. 4 с.
37. Состав для защиты древесины: пат. 1061996 Советский Союз / Г.Н. Мышелова, Г.И. Костина, Е.А. Абрамушкина, Е.Н. Покровская, Т.П. Никифорова. № 3434716; заявл. 04.05.1982; опубл. 23.12.1983, Бюл. № 47. 3 с.
38. Полимеризационно-пропиточный раствор для модифицирования древесины: пат. 2479422 Рос. Федерация / М.И. Романенко, И.И. Романенко, Г.И. Шаронов, С.П. Титов. – № 2011131674/13; заявл. 27.07.2011; опубл. 20.04.2013, Бюл. № 11. 8 с.
39. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1991. 320 с.



40. Способ пропитки пористых материалов и устройство для его осуществления: пат. 2011511 Рос. Федерация / Д.А. Беленков, В.Г. Новоселов, Ю.А. Серов, А.Е. Озерский, С.А. Аксельрод. № 5024856/05; заявл. 12.18.1991; опубл. 13.04.1994. 8 с.

41. Способ глубокой пропитки древесины: пат. 2339504 Рос. Федерация / А.В. Хисамиев, А.Л. Хисамиева, А.Б. Бабилов. – 2006126748/04; заявл. 21.07.2006; опубл. 27.11.2008.

42. Анализ способов и средств огнезащиты для снижения пожарной опасности и повышения огнестойкости деревянных конструкций / Г.И. Визгалова [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2014. № 3. С. 13–20.

УДК 614, 622.691.4

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «СЕРВИСНЕЙРО» ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙ В СИСТЕМАХ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

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

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

**Д.А. Колесников.**

**Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал**

**Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.**

**А.В. Баландин.**

**ООО «СервисНейро»**

Приводятся результаты анализа данных основных технологических показателей сетей газораспределения и газопотребления. Сбор данных организован на основе систем телеметрии. Показано, что аналитические решения с помощью программно-аппаратного комплекса приносят ощутимые преимущества процесса эксплуатации и прямую экономическую выгоду. Объемы получаемых данных достаточны для обучения аналитических систем. Средства связи позволяют производить аналитические вычисления в режиме реального времени объекта.

*Ключевые слова:* газопровод, система телеметрии, анализ данных

## **EXPERIENCE OF APPLICATION AND PROSPECTS OF USING THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX «SERVISNEYRO» FOR PREVENTING ACCIDENTS IN GAS SUPPLY SYSTEMS**

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

**D. A. Kolesnikov. Far eastern fire and rescue academy –**

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

**A. V. Balandin. LLC «ServisNeuro»**

The results of data analysis of the main technological indicators of gas distribution and gas consumption networks are presented. Data collection is organized on the basis of telemetric systems. It is shown that analytical solutions using a software and hardware complex bring tangible benefits to the workflow and direct economic benefits. The received amount of data is sufficient for training analytical systems. Communication means allow to carry out analytical calculations of the object in real time.

*Keywords:* gas pipeline, telemetry system, data analysis

Верхний уровень диспетчеризации телеметрии газораспределительных сетей – оснащение устройствами сбора информации, ее обработки и принятия решений позволяет обеспечить прогнозирование поведения системы. Этот прогноз можно получить, установив соответствующие датчики в систему обработки информации, реализовав аналитику данных в режиме реального времени с помощью программно-аппаратных средств.

На основе экспертного опыта, приобретенного за годы работы с действующими объектами газовой сети, собраны значительные, пригодные для обучения аналитических систем, структурированные базы данных объектов телеметрии. На основе имеющихся баз данных проведена интеграция аналитических решений в существующие интерфейсы телеметрии сетей газораспределения, разработан программно-аппаратный комплекс «СервисНейро», выполняющий функции по решению задач, возникающих ввиду недооснащенности газопроводов системами телеметрии.

Основным средством поддержания режима функционирования технологического процесса газораспределения в заданных пределах значений его параметров является учет взаимосвязи анализируемых данных и последовательности расположения объектов в сети. Выявлять и учитывать взаимозависимость показателей процесса позволяет разработка «цифровых двойников» объекта в аналитической системе. Подобный подход организации мониторинга параметров функционирования объекта позволяет выявлять нарастающие неисправности за несколько месяцев до критического их проявления и проводить предиктивное обслуживание основного оборудования [1].

Внедрение и эффективное использование мониторинговых сервисов в области безопасности – это один из первых шагов, которые позволят оптимизировать ситуацию в сфере обеспечения промышленной, а также в сфере пожарной безопасности на объектах газопроводов [2].

Указанный подход реализован на практике в качестве программно-аппаратных средств, базовым звеном которых является компактное одноплатное устройство (рис. 1), устанавливаемое непосредственно на ключевых объектах телеметрии.

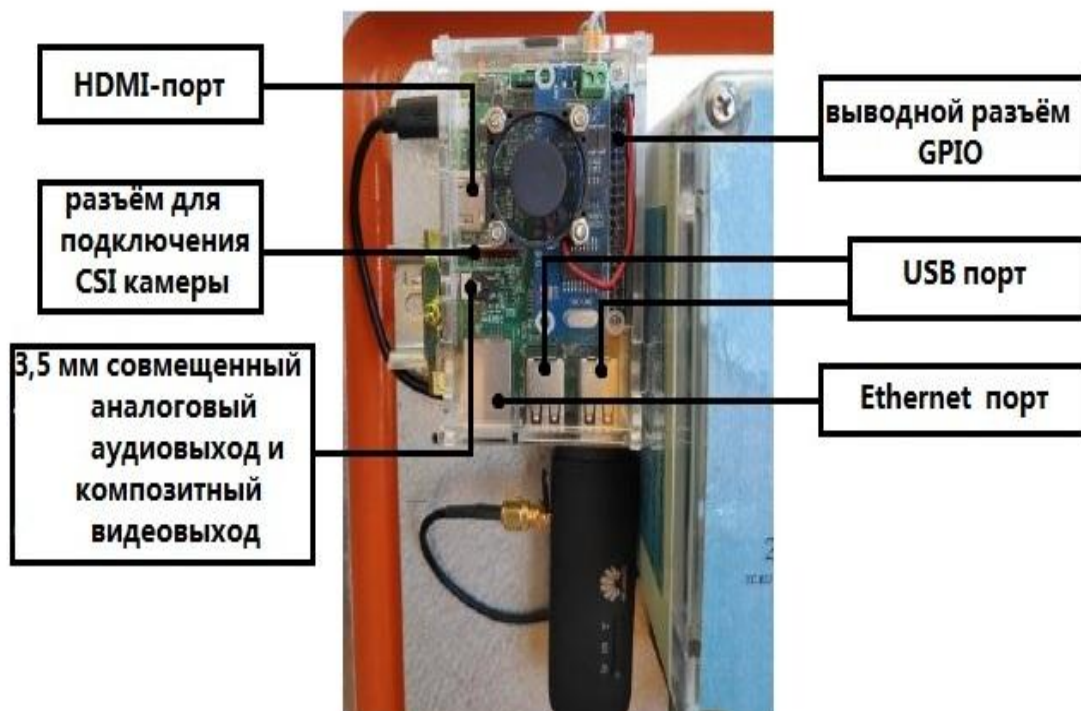
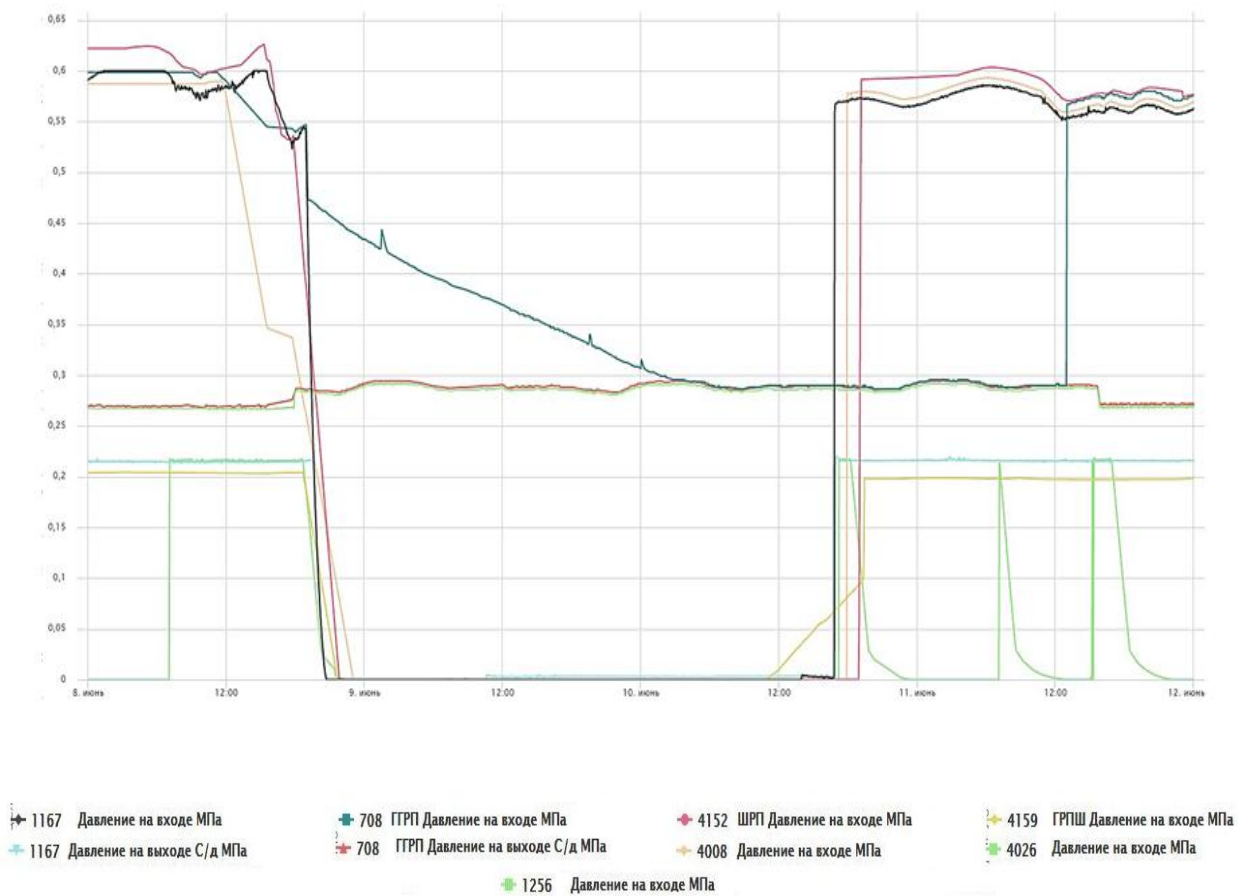


Рис. 1. Принцип размещения аналитического блока обработки данных в шкафу системы телеметрии объекта газораспределения

Спроектированная система, в которой блок обработки данных находится непосредственно в шкафу системы телеметрии, позволяет оперативно определять прорывы на газопроводе при расхождении показателей на смежных точках контроля одной линии газопровода.

С помощью блока обработки данных выполняется контроль основных показателей регрессионной нейросетью [3]. Нейронная сеть, обученная на архивных данных по конкретному каналу значений давления, способна прогнозировать показания в режиме реального времени на 2–4 ч вперед с минимальным расхождением (менее 1 %). Расхождение реального показания с прогнозом выше дельты в 5 % свидетельствует о нештатном уровне давления и формирует соответствующее предупреждение в программное обеспечение верхнего уровня. Сводный график событий развития нештатной ситуации на газопроводе вблизи газораспределительной станции на основе анализа данных представлен на рис. 2.



**Рис. 2. Сводный график событий по каналам входов и выходов среднего давления на контрольных объектах**

В ходе анализа аварии события разделены по четырем основным фазам.

В ходе первой – предварительной фазы, рассматриваются данные телеметрии, из которых фиксируются изменения параметров на ряде объектов, отличающиеся от нормальной стабильной работы в их технологических режимах, и которые можно гипотетически рассматривать в качестве предпосылок к нештатной ситуации.

В ходе второй фазы – фазы развития аварии, рассматриваются данные телеметрии, указывающие на падение давления на основных каналах, компенсации падения давления регуляторами, поступающими на верхний уровень аварийными сообщениями.

В ходе третьей фазы – фазы отключения газоснабжения, показатели всех основных каналов давления газа принимают значение ноль либо находятся в пределах минимальных поддерживаемых показателей (за счет подключения давления из сети Горгаз).

В заключительной фазе – фазе восстановления газоснабжения, наблюдается последовательность хода восстановительных работ с возвращением режима работы объектов в технологическую норму, соответствующую показателям до начала развития рассматриваемой нештатной ситуации.

Исходя из анализа описанной ситуации, можно сделать следующие выводы:

1. Произошедшая авария достаточно масштабна и затронула практически все объекты участка газораспределительной сети на длительный период (до 4 дней).

2. Сеть газораспределения от газораспределительной станции недостаточна оснащена средствами телеметрии (всего 7 объектов из более чем 25 на данном участке), что затрудняет восстановление всей картины произошедшей нештатной ситуации и тем более затрудняет работу диспетчера по обнаружению и восстановлению порыва газопровода. Вместе с тем аналитическая система позволяет достаточно подробно, в хронологическом порядке восстановить ход событий.

3. Реакция диспетчера на нештатное событие более чем оперативная. Тем не менее отсутствие квитирования сообщений от системы телеметрии могло привести к недооценке масштаба ситуации.

4. Аналитическая система, основанная на прогностической оценке данных телеметрии, позволяет сделать вывод о возможной аварии на всем участке газопровода. Наличие аналитической системы на базе нейрокompьютеров по данному участку позволило бы определить аварию на ранних стадиях развития и упростило бы для диспетчерской службы задачу диагностики и оценку масштаба аварии.

На основании объективных данных систем телеметрии составлена база данных, имеющая описательный характер событий при развитии нештатных ситуаций на объектах газораспределения [4]. Проведено моделирование ситуаций с целью определить возможности прогнозирования возникновения этих ситуаций нейронной сетью. Исследование выполнено средствами аналитической платформы Loginom Personal 6.2.5.

В качестве опытной была выбрана простая нейронная сеть типа MLP (многослойный персептрон) с двумя скрытыми слоями, пятью входными нейронами (пять аналоговых значений периодами по 30 мин вглубь на 2 ч) и одним выходным аналоговым значением в качестве прогноза на 2 ч вперед. Для получения непрерывной серии значений с пятиминутными диапазонами данные газораспределительных пунктов были структурированы скользящими окнами по пятиминутным интервалам.

Для обучения сети использовались данные работы объекта (всего 110 781 запись базы данных), в ходе переструктурирования и интерполяции преобразованы в набор из 117 456 записей на 5 входов сети.

При обучении оптимальная структура сети была подобрана автоматически, она представляет собой сеть с двумя скрытыми слоями – с 11 и 12 нейронами в скрытых слоях соответственно. Результатом обучения стала модель с очень высоким уровнем качества [5], сводка качества модели и график соответствия по обучающим данным представлена на рис. 3.

На основании тестовых данных, взятых за период нештатной ситуации, проведена обработка нештатной ситуации, на основе полученных данных составлен прогноз развития нештатной ситуации [6, 7].

Результаты моделирования указывают на то, что при стандартной установке дельты между прогнозом и реальностью величиной в 50 кПа нейронная сеть (посредством встроенной системы push-уведомлений о технологических событиях) отправила бы предупреждение диспетчеру через 1 ч после начала развития аварии, за 3 ч до первых предаварийных сообщений телеметрии и за 5 ч до факта реакции диспетчера на ситуацию, что существенно сократило бы работу по диагностике ситуации за счет увеличения времени на анализ ситуации аварийно-диспетчерской службой [8].

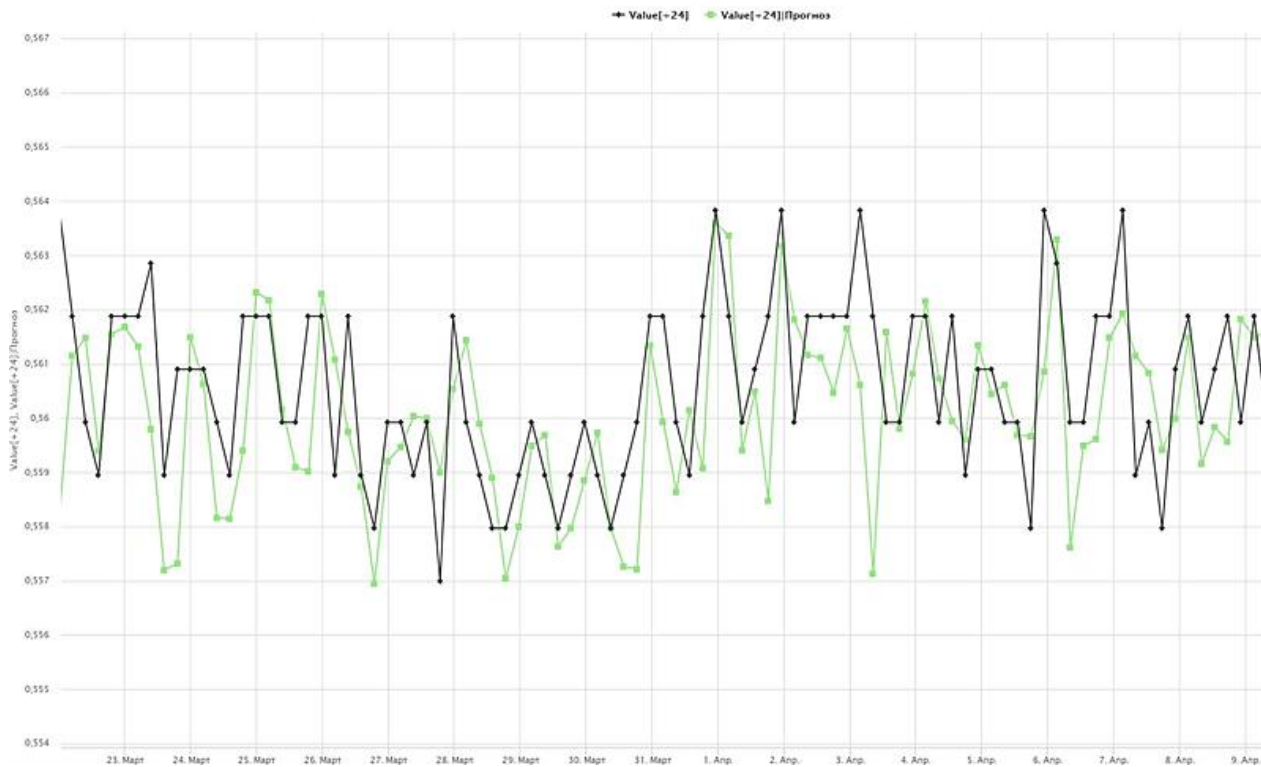


Рис. 3. График оценки данных объекта и прогноза обученной сети

Таким образом, опыт практической реализации нейросетевых моделей на объектах газораспределения позволяет сделать вывод о сокращении времени реагирования аварийно-диспетчерскими службами на нештатные ситуации и возможной минимизации последствий аварий [9, 10].

Положительный опыт применения, а также дальнейшее развитие и совершенствование функционала аппаратно-программного комплекса «СервисНейро» в качестве средств прогнозирования нештатных ситуаций и раннего оповещения об авариях формируют вектор исследований по внедрению комплекса на объектах, относящихся к магистральным газопроводам.

### Литература

1. Balogh M., Parente A., Benocci C. RANS simulation of ABL flow over complex terrains applying an enhanced k-ε model and wall function formulation: implementation and comparison for Fluent and OpenFOAM // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2012. Vol. 104. № 106. P. 360–368.
2. Савенкова А.В., Завьялов Д.Е. Удаленная система мониторинга обеспечения пожарной безопасности объекта защиты // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2020. № 3 (55). С. 49–52.
3. Keshavarz M.H., Gharagheizi F., Ghanbarzadeh M. A simple correlation for prediction of autoignition temperature of various classes of hydrocarbons // *J. Iran. Chem. Soc.* 2013. Vol. 10. № 3. P. 545–557.
4. Технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности эксплуатации сетей газораспределения и газопотребления / С.В. Гутов [и др.] // *Научно-практический журнал «Газовая промышленность»*. 2019. Спецвыпуск № 3 (789). С. 88–93.
5. Корольков А.П., Минкин Д.Ю., Колесников Д.А. Нейросетевая модель функционирования системы мониторинга пожаровзрывоопасности линейной части магистральных газопроводов // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2017. № 3 (43). С. 95–101.

6. Шидловский Г.Л., Корольков А.П., Колесников Д.А. Обоснование функциональной зависимости параметров математической модели системы мониторинга пожаровзрывобезопасности линейной части магистрального газопровода // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 58–64.

7. Шарпов С.В., Корольков А.П., Колесников Д.А. Методы расчета показателей техногенного риска линейной части магистральных газопроводов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 3 (51). С. 80–89.

8. Capitan J., Merino L., Ollero A. Cooperative decision-making under uncertainties for multi-target surveillance with multiples UAVs // Journal of Intelligent and Robotic Systems. 2016. Vol. 84. № 1–4. pp. 371–386. DOI: 10.1007 / s10846-015-0269-0.

9. Utilization of remote sensing techniques for the quantification of fire behavior in two pine stands / E.V. Mueller, N. Skowronski, K. Clark, etc // Fire Safety Journal. 2017. Vol. 91. pp. 845–854. DOI: 10.1016 / j.firesaf. 2017.03.076.

10. Rawluk A., Ford R.M., Neolaka F.L., Williams K.J. Public values for integration in natural disaster management and planning: A case study from Victoria, Australia // J. Environ. Manage. 2017. V. 185. P. 11–20.

УДК 614.841.2

## **ЭКСПЕРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОВЫХ БЫТОВЫХ ПРИБОРОВ ПОСЛЕ ПОЖАРА**

**Т.П. Сысоева, кандидат технических наук;**

**П.М. Агеев, кандидат технических наук.**

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

**А.В. Калач, профессор, доктор химических наук.**

**Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний**

Рассмотрены наиболее частые причины возникновения пожара газовых бытовых приборов с проведением анализа отдельных экспертных версий и рассмотрением особенностей экспертного исследования после пожара на примере газовых бытовых плит, часто используемых в старых жилых фондах и деревнях на территории Российской Федерации.

*Ключевые слова:* газ, взрыв, пожар, газовое оборудование, экспертное исследование, нагрев

## **EXPERT IN THE STUDY OF GAS APPLIANCES AFTER THE FIRE**

**T.P. Sysoeva; P.M. Ageev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.**

**A.V. Kalach. Voronezh institute of the Russian federal penitentiary service**

The most frequent causes of fire, gas, domestic appliances, with the analysis of the individual expert of versions and peculiarities of expert research after a fire, for example, the gas stoves commonly used in old housing funds and villages in Russia are considered in the article.

*Keywords:* gas, explosion, fire, gas equipment, expert research, heating

Газовое оборудование, используемое в промышленности, сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве чрезвычайно разнообразно и его невозможно рассмотреть в рамках одной статьи.

Поэтому в данной статье рассматривается преимущественно бытовая газовая техника, которая чаще, чем промышленная, становится объектом пожарного исследования.

Ввиду того, что топливом в подобных установках является природный газ (метан) или сжиженный углеводородный газ (пропано-бутановая смесь), возникновение и развитие пожара с их участием часто связано с процессами дефлаграционного горения и взрыва газозвушных смесей [1].

В данной статье речь пойдет о газовых плитах и других устройствах для приготовления пищи, водонагревателях и т.п.

Очевидно, что анализ версии о причастности газовой установки к возникновению пожара и конкретном механизме возникновения аварийной ситуации должен базироваться на результатах осмотра самой установки и окружающих предметов (термические поражения, очаговые признаки), а также известных из показаний свидетелей обстоятельствах возникновения пожара.

Расположение очаговой зоны позади, вокруг или над газовой установкой, время возникновения загорания (во время включения, розжига, после длительной работы, после ремонта, настройки и т.д.) являются важной информацией, на основе которой определяется круг версий о причине загорания газовой установки. При этом должен учитываться очевидный факт, про который почему-то часто забывают – многие тысячи подобных установок годами работают без инцидентов, поэтому сама по себе потенциальная пожароопасность установки при ее исправности и правильной эксплуатации ничего не объясняет. Для возникновения пожара должны иметь место какая-нибудь неисправность, неправильная установка или другой просчет или дефект [2]. Его и предстоит выявить, указав на причинную связь с возникновением пожара.

Пожаровзрывобезопасность газовых плит и других аппаратов обеспечивается установкой в них специальных устройств – механических терморегуляторов (термостатов), регуляторов давления, устройств контроля пламени, многофункциональных регулирующих устройств.

Но нужно иметь в виду, что количество (и качество) установленных средств автоматики зависит от класса (стоимостной категории) изделия.

Кроме того, уже установленные системы могут не работать сразу, быть плохо отрегулированы или выйти из строя уже в процессе работы.

Очевидно, что выход из строя одной или нескольких систем автоматики, в принципе, может привести к возникновению пожара.

Одна из немногих ситуаций, когда газовая установка может служить причиной пожара, это одновременный выход из строя термостата и регулятора потока воздуха (регулятора тяги). Данное устройство является вторым термостатом, расположенным в трубе циркуляции воздуха. В ряде систем он объединен с обычным термостатом и предназначен для прерывания цепи при максимуме допустимой температуры. Этот максимум бывает разным, но обычно выше 90 °С. Одновременный выход из строя обоих термостатов дает возможность аппарату нагреваться без ограничений и часто приводит к пожару [3].

Газовая установка может стать причиной пожара и из-за выхода из строя регулятора давления.

Хотя такие регуляторы обычно не являются частью установки, выход из строя может привести к тому, что пламя вырывается из отсека горения печи или водонагревателя. Это пламя может зажечь находящиеся рядом горючие материалы путем тепловой радиации или прямого контакта.

В водонагревателе или ином газовом приборе может быть неправильно отрегулирована подача воздуха, и это может служить причиной избыточного образования сажи. Затем в отложениях этой сажи может возникнуть тление [4], которое, в свою очередь, может привести к воспламенению отложений и выбросу пламени за пределы установки или воздуховода либо загоранию находящихся рядом горючих материалов.

Некоторые установки могут быть установлены неправильно, в результате чего не имеют достаточного зазора и подвергают нагреву стены или пол. Если пожар возник именно по этой причине, то в очаговой зоне, как правило, должны наблюдаться характерные следы локального теплового воздействия.

Из практики известно, что температура отдельных участков кожухов газовых аппаратов может достигать 80–120 °С. В случае прямого и достаточно длительного контакта такой температуры может оказаться достаточно для зажигания веществ и материалов, склонных к тепловому самовозгоранию, самоподдерживающемуся тлению. Произойти это может при случайном попадании или складировании таких материалов рядом с газовым аппаратом [5].

Еще большую температуру (до 200 °С) могут иметь отходящие газы, поэтому не менее опасен контакт указанных материалов с горячими стенками металлических воздухопроводов. Это обстоятельство надо учитывать при выдвигении и анализе соответствующих версий.

Выброс пламени (в зарубежной литературе его часто называют «встречная (или обратная) вспышка») может происходить на стадии розжига газового устройства. Например, при зажигании газовой колонки или духовки в газовой плите.

Для того чтобы получилась такая «обратная вспышка», необходимо накопление некоторого количества газа в камере сгорания до зажигания. При зажигании происходит вспышка, и пламя может быть выброшено через открытую переднюю часть установки [5].

Стандарты на некоторые газовые приборы, например на проточные водонагреватели, требуют, чтобы конструкция аппарата обеспечивала исключение возможности выброса пламени основной горелки за пределы кожуха при ее включении и отключении. Однако из практики известно, что при позднем зажигании такие выбросы иногда происходят, при этом могут происходить загорания горючих материалов вне аппарата [6], а находящиеся рядом люди получать ожоги. Не исключено, что это может стать началом пожара.

Необходимо отметить, что при пилотном зажигании не так легко накопить достаточно газа для существенной вспышки, хотя при некоторых видах неисправностей это может произойти.

Если же пилотное зажигание не работает, то газ не будет зажигаться, пока не распространится до какого-либо другого источника зажигания и, если будет накоплено достаточно газа, произойдет вспышка (взрыв).

Если забита вентиляция газового нагревателя, отсутствие тяги может вызвать достаточное обратное давление для того, чтобы пламя вырвалось из отсека горения и загло горючие материалы. «Исследуя такие устройства, необходимо проверять, не убрана ли нижняя задвижка защиты от пламени (под отсеком горения) и находятся ли дверцы на своем месте. Люди часто допускают небрежность в обращении с газовыми приборами и не возвращают на место дверцы после запуска пилотного зажигания» [5].

Открытое пламя вне объема газового аппарата применяется в качестве источника тепла в кухонных плитах, лабораторных и промышленных горелках, некоторых специальных нагревательных устройствах. Безусловно, оно потенциально более опасно, чем пламя внутри аппарата. Достаточно часто происходит зажигание (вспышка) паров масла и других жиров, загорание возле открытого пламени полотенец, скатертей, занавесок и т.п.

Загорания перегретых масел на сковородах, во фритюрницах чаще бывают причиной пожаров в кафе и ресторанах, где готовится много еды и не всегда проводится регулярная чистка вытяжных устройств [7]. Такие пожары могут распространяться вверх по вентиляционным каналам, покрытым слоем жира и копоти, и развиваться с нарастающей скоростью и интенсивностью.

Пожар может возникнуть, когда над пламенем горелок газовой плиты сушат какие-либо изделия из тканей или иные предметы. На плите с включенными горелками могут забыть кастрюлю, сковородку с пищей, и пища в конечном счете загорится. При отработке версий возникновения пожара по данным причинам не лишним будет внимательный осмотр поверхности плиты.



Небольшие газовые установки могут быть смещены или перевернуты случайно. Особенно опасны в этом смысле лабораторные горелки. Они могут быть причиной пожара при контакте пламени с поверхностью деревянного стола или других горючих материалов. То же относится к маленьким портативным газовым нагревателям, иногда используемым в жилых домах и подобных помещениях [8].

Маловероятной, но возможной причиной пожара могут стать изменения в трубке Вентури газовой форсунки при частичной или полной разборке форсунки. В этом случае на сгорание поступает больше газа, чем предусмотрено конструкцией газового аппарата, что чревато его перегревом и нарушением штатного режима работы. Подобные эксцессы возможны после ремонта аппарата или неумело произведенных изменений в настройке. Такие пожары обязательно происходят при первом же использовании устройства после ремонта (регулировки), что облегчает установление причины пожара [9].

Зарубежные коллеги, часто имеющие дело с поджогами, указывают также на то обстоятельство, что газовая установка может быть объектом инсценировки технической причины пожара. Преступник устраивает поджог под газовой установкой или возле газовой установки для того, чтобы считали, что причиной пожара была именно она. Для этого вокруг установки могут, например, разлить горючую жидкость и зажечь ее либо самостоятельно, либо с помощью запальника самой установки. Начинается пожар, причем картина пожара выглядит так, как будто источником зажигания была газовая установка [5]. В подобных ситуациях рекомендуется тщательно осматривать пол. При поджоге горючая жидкость стекает вниз и происходит характерное для горения жидкости обугливание пола и даже его внутренних конструкций, если жидкость просочится в щели пола, под ним могут возникнуть вторичные очаги горения. При утечке и горении природного газа пламя распространяется вверх от уровня установки газового аппарата, где и возникают соответствующие термические поражения.

Поджог может быть устроен путем разгерметизации одного из узлов топливной системы газового прибора. В этом случае при осмотре объекта после пожара могут быть обнаружены отвинченные штуцера и гайки, ослабленные винтовые соединения и т.д.

Естественно, имитация загорания газового устройства может носить и более изощренный характер – газовый прибор может быть просто разрегулирован таким образом, чтобы реализовался один из возможных пожароопасных режимов. Такие поджоги, однако, достаточно редки хотя бы ввиду того, что требуют определенной квалификации поджигателя.

Вопреки здравому смыслу люди иногда хранят легковоспламеняющиеся жидкости в шкафах и на полках рядом с газовыми плитами и нагревателями. При утечке и разливе этих жидкостей образуются пары, которые проникают в отсек сгорания. Если паров достаточно, чтобы образовалась взрывоопасная концентрация, происходит вспышка (взрыв).

Пожар может возникнуть и при разрыве аэрозольного баллона с каким-либо косметическим средством или препаратом бытовой химии, поставленным на (или вблизи) газового нагревательного устройства.

Из газовых приборов чаще всего объектами экспертного исследования после пожара бывают бытовые газовые плиты, предназначенные для приготовления пищи.

Возникновение пожара от газовой плиты в основном возможно в результате:

- утечки газа из негерметичных соединений – или открытых незажженных (или по тем или иным причинам погасших) газовых горелок;
- загорания горючих веществ и материалов в посуде, стоящей на плите или непосредственно на поверхности плиты;
- загорания веществ и материалов от контактного нагрева горячими поверхностями корпуса плиты;
- аварийных режимов в электрической цепи плит с электроподжигом.

В случае если питание плиты осуществляется от газового баллона, необходимо выяснить и зафиксировать в протоколе положение запорной арматуры (вентиля) на баллоне (закрыт, открыт полностью или частично).

Учитывая, что причиной пожара (взрыва) могла быть утечка газа, необходимо изучение состояния газовых магистралей или их остатков, особенно места присоединения плиты к газовой магистрали.

Присоединение плиты может быть осуществлено:

- через неподвижное соединение;
- через гибкий присоединительный шланг.

В соответствии с нормативными документами, плиты для несжиженного газа соединяются через присоединительный патрубок с наружной или внутренней резьбой номинальным диаметром  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$  дюйма.

Плиты для сжиженного газа могут иметь штуцеры с наружной или внутренней резьбой таких же диаметров, а также гладкий цилиндрический штуцер без резьбы, на котором гибкий газовый шланг фиксируется с помощью стяжных колец.

При осмотре после пожара необходимо изучить и описать состояние этих соединений. Следует обращать внимание на локальные закопчения, образующиеся в зоне выхода и сгорания газа из магистрали, наличие прогаров в гибких шлангах, проплавлений, прожогов в металлических трубах. Должны быть выявлены и фиксированы в протоколе прочие признаки явной негерметичности газовых линий, в частности подвижность отдельных винтовых соединений [10, 11].

Из наличия последних признаков напрямую не следует их причастность к возникновению пожара – неплотность, подвижность соединения может возникнуть уже в ходе пожара за счет выгорания прокладок и сальников. Тем не менее наличие и место нахождения таких соединений (а также отсутствие подобных признаков в других аналогичных узлах и соединениях) должно быть зафиксировано. Подобная информация может оказаться полезной при установлении причины пожара.

Вышеизложенное касается не только бытовых газовых плит, но и более сложного газового оборудования, установленного как на стационарных, так и передвижных объектах (типа экспресс-кафе, вагончиков для приготовления шавермы и т.п.). Там количество соединений на газовых линиях многократно больше, чем в кухне квартиры и, как показывает опыт исследования пожаров, утечка газа в неплотных соединениях часто приводит к взрыву и пожару.

Данные познания помогут не только пожарно-техническим экспертам в установлении очага и причины пожара, но и укажут на определенные правила соблюдения требований пожарной безопасности при применении газовых бытовых приборов в домашних условиях, что в дальнейшем поможет предотвратить возникновение пожаров и гибель людей.

### Литература

1. Калач А.В., Черепяхин А.М., Калач Е.В. Методика оценки пожарной опасности горючей среды на основе веществ, обращающихся на объектах нефтегазового комплекса // Техносферная безопасность. 2019. № 4 (25). С. 58–62.
2. Поландов Ю.Х., Корольченко Д.А., Евич А.А. Условия возникновения пожара в помещении при газовом взрыве. Экспериментальные данные // Пожаровзрывобезопасность. 2020. № 1. Т. 29. С. 9–21.
3. Левит В.А., Семичева Н.Е., Кобелев Н.С. Сложное бытовое газовое оборудование. Курск: Гос. техн. ун-т, 2006. 185 с.
4. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд.: в 2 кн. / А.Н. Баратов [и др.]. М.: Химия, 1990.
5. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2 кн. СПб.: ООО «Береста», 2012.
6. Лабинский А.Ю. Моделирование процесса изменения параметров газовой среды при пожаре в помещении // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2020. № 3. С. 31–37.

7. Чешко И.Д., Лобатова О.В., Теплякова Т.Д. Пожары, исследованные судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России в 2017 г. // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 93–100.

8. Сысоева Т.П., Минкин Д.Ю., Крутолапов А.С. Особенности исследования взрывов газа в жилых домах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 63–67.

9. Монашков В.В., Ключ В.В., Демехин Ф.В. Причины аварий при использовании природного газа в зданиях жилого назначения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 40–44.

10. Чешко И.Д., Смирнов А.С., Тумановский А.А. Загорание утечек бытового газа, инициированное электрическими аварийными режимами // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2017. № 4 (25). С. 80–89.

11. Утечки и взрывы горючих газов – чрезвычайные ситуации в бытовой сфере / И.Д. Чешко [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 12. С. 38–44.

УДК 654.924.5

## **ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА СИСТЕМАМИ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗМА «РЕГУЛЯТОРНОЙ ГИЛЬОТИНЫ»**

**Н.В. Лоскутов;**

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

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

**А.Г. Чижков.**

**Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы  
«Испытательная пожарная лаборатория» по Архангельской области**

Рассмотрены основные принципы построения систем пожарной сигнализации и автоматизации противопожарной защиты и условия соответствия проектных решений изменениям, внесенным в нормативную базу, принятым в развитие механизма «регуляторной гильотины». Произведен анализ требований и раскрыта их реализация на аппаратном и программном уровне в зависимости от технической возможности существующего оборудования.

*Ключевые слова:* пожарная сигнализация, регуляторная гильотина, техническое регулирование

## **IMPLEMENTATION OF STATE CONTROL FOR FIRE ALARM SYSTEMS UNDER THE CONDITIONS OF THE USE OF THE «REGULATORY GUILLOTINE «MECHANISM»**

N.V. Loskutov; A.V. Mironchev.

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

A.G. Chizhkov.

Forensic expert institution of the federal fire service «Test fire laboratory» in the Arkhangelsk region

The article describes the main principles of fire alarm systems and automation fire protection and eligibility of design decisions to changes in the regulatory framework adopted in the development of the «regulatory guillotine». The requirements are analyzed and their

implementation at the hardware and software level is disclosed, depending on the technical capability of the existing equipment.

*Keywords:* fire alarm system, regulatory guillotine, technical regulation

В Российской Федерации в настоящее время активно внедряется механизм «регуляторной гильотины» и риск-ориентированный подход, что повлекло за собой значительные изменения в нормативной базе. Данные изменения коснулись, в том числе системы автоматической противопожарной защиты, вследствие чего проектные организации вынуждены изменить концепции построения систем пожарной автоматики, а заводы-изготовители постепенно перестраивают номенклатуру выпускаемого оборудования для удовлетворения требований законодательства и потребностей заказчиков. Качественное выполнение проектных работ позволяет не только обеспечить пожарную безопасность объекта и выполнение нормативных требований, но и снизить затраты на дальнейшую эксплуатацию систем пожарной сигнализации. При этом на представителей государственного пожарного надзора возлагается особая ответственность не только за осуществление грамотного контроля и надзора объектов, но и разъяснение вновь введенных требований заинтересованным лицам. Основой внедрения в систему технического регулирования новых требований для систем пожарной сигнализации (СПС) являлось обеспечения исполнения конституционного права рисковать собственным имуществом не в ущерб третьим лицам [1], а так же опыт применения механизма «регуляторной гильотины» на национальных рынках других государств [2, 3]. При этом продолжается интеграция отечественных требований с техническими требованиями иностранных государств, прежде всего, европейских [4].

С 1 марта 2021 г. в Российской Федерации в действие вступает новый нормативный документ, который повлек за собой значительные изменения в части построения систем автоматической пожарной сигнализации. Данный нормативно-правовой акт – СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» (СП 484.1311500.2020) заменит ранее действующий СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» (СП 5.13130.2009), в части, соответствующей названию документа. В СП 484.1311500.2020 предусматриваются значительные изменения структуры построения пожарной сигнализации и зависимость типов систем от фактической категории риска объекта защиты. Необходимо проанализировать и раскрыть суть введенных требований и рассмотреть их.

Прежде всего, впервые в нормативную базу введены требования по установке адресной либо безадресной СПС. Ранее выбор типа пожарной сигнализации полностью зависел от желания заказчиков и проектных решений, установленных разработчиками. С введением СП 484.1311500.2020 установка адресной системы является обязательной для объектов с массовым пребыванием людей и при достижении установленной площади помещений объекта защиты. В целом требования таблицы А.1 СП 484.1311500.2020 по применению адресных СПС отражают более опасные виды объектов в системе риск-ориентированного подхода, реализуемого в России в последние годы.

Следующим нововведением, относящимся к реализации политики риск-ориентированного подхода к объектам защиты, является выбор алгоритма принятия решения о пожаре СПС, что значительно упрощает понимание выбора минимального количества извещателей, установленных в помещениях [5–8]. Требованиями подраздела 6 СП 484.1311500.2020 установлено три варианта. В зависимости от алгоритма предусматривается установка разного количества пожарных извещателей в зоне контролируемой непосредственно извещателем. Предусматривается три варианта алгоритма принятия решения о пожаре (рис. 1): алгоритм А – по срабатыванию одного пожарного извещателя – наиболее целесообразен для ручных пожарных извещателей; алгоритм В – по срабатыванию одного пожарного извещателя система переходит в режим повышенной готовности и обнуляет информацию в линии, после

чего схема срабатывает при повторном извещении от любого датчика в зоне контроля; алгоритм С – схема «И» по срабатыванию двух пожарных извещателей в одном помещении, разрешается организовать работу по схеме «ИЛИ», в случае если в зоне контроля находится извещатель в статусе «неисправен». Соответственно впервые нормативными требованиями закреплено, что приоритетным является поступление сигнала «Пожар» над сигналом «Неисправность».

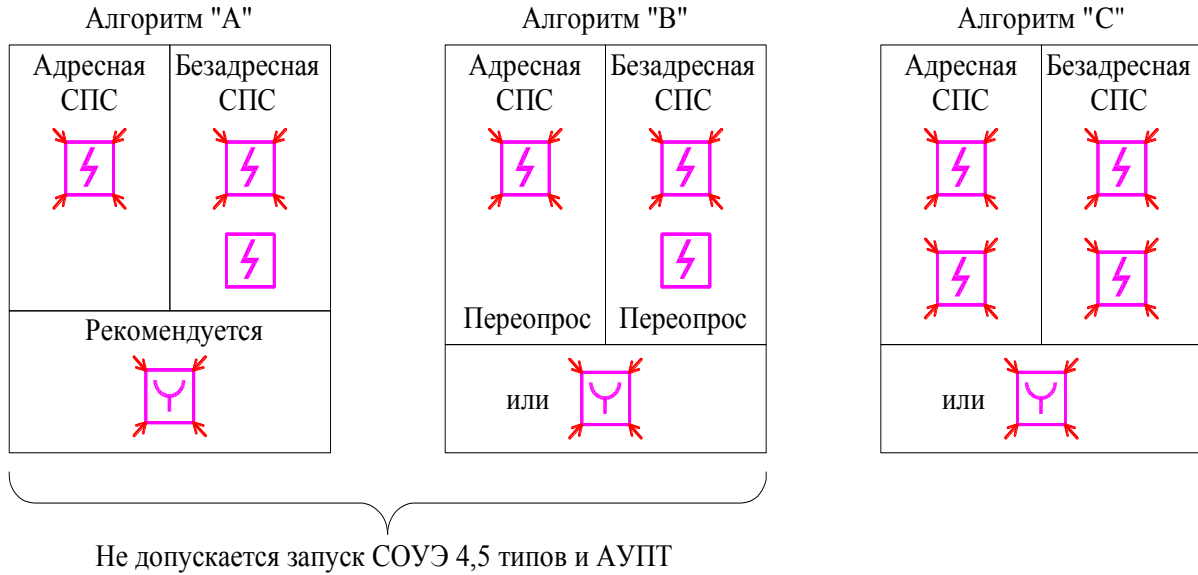


Рис. 1. Алгоритмы принятия решений СПС

Способ А и В возможно использовать для любых СПС за исключением объектов, на которых установлены системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 4 и 5 типов и автоматические установки пожаротушения.

Введенный документ СП 484.1311500.2020 изменяет принцип расстановки извещателей в помещениях по сравнению с действующим ранее СП 5.13130.2009 [9].

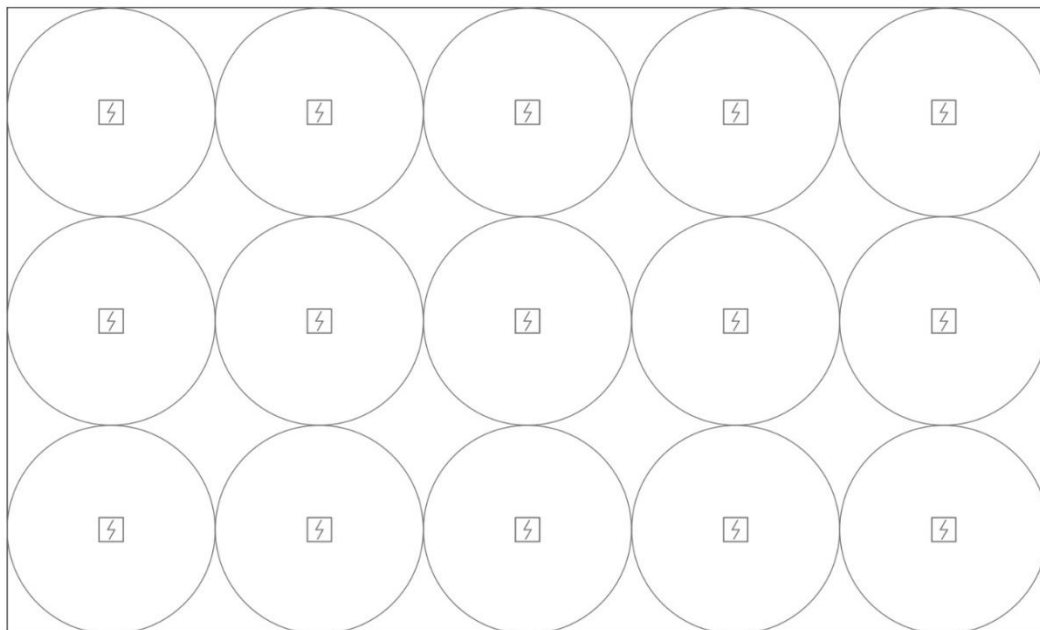


Рис. 2. Схема расстановки пожарных извещателей по СП 5.13130.2009

Для каждого типа пожарного извещателя согласно СП 5.13130.2009 предусмотрена таблица с параметрами размещения его в пространстве помещения: расстояние до стены и между пожарными извещателями в зависимости от высоты помещения (рис. 2). При таком расположении видны слепые зоны, что приводит к более позднему обнаружению пожарными извещателями опасных факторов пожара. В СП 484.1311500.2020 размещение извещателей осуществляется в зависимости от их рабочей площади, а требования по расстоянию между пожарными извещателями и между стеной исключены. Извещатели при этом будут покрывать 100 % площади помещения, не образуя слепых зон (рис. 3, 4). При этом количество извещателей, установленных в условной материальной точке, выбирается в зависимости от алгоритма принятия решения о пожаре СПС. Для адресных систем при реализации алгоритма А или В расстановка извещателей рассмотрена на рис. 3.

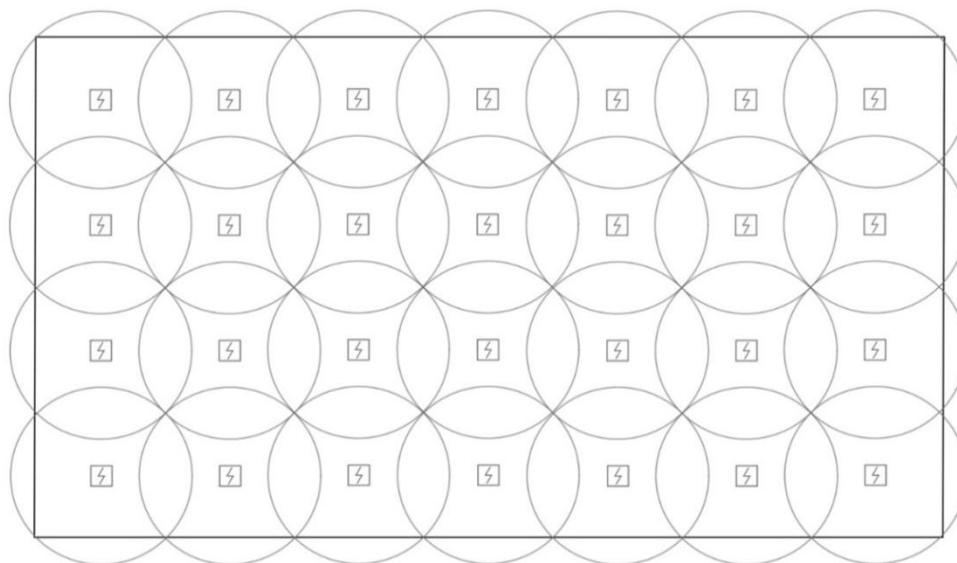


Рис. 3. Схема построения адресной СПС по алгоритму А, В

Для осуществления работы неадресной сигнализации по алгоритмам А, В или С, а также адресной по алгоритму С предусматривается вариант расстановки, показанный на рис. 4.

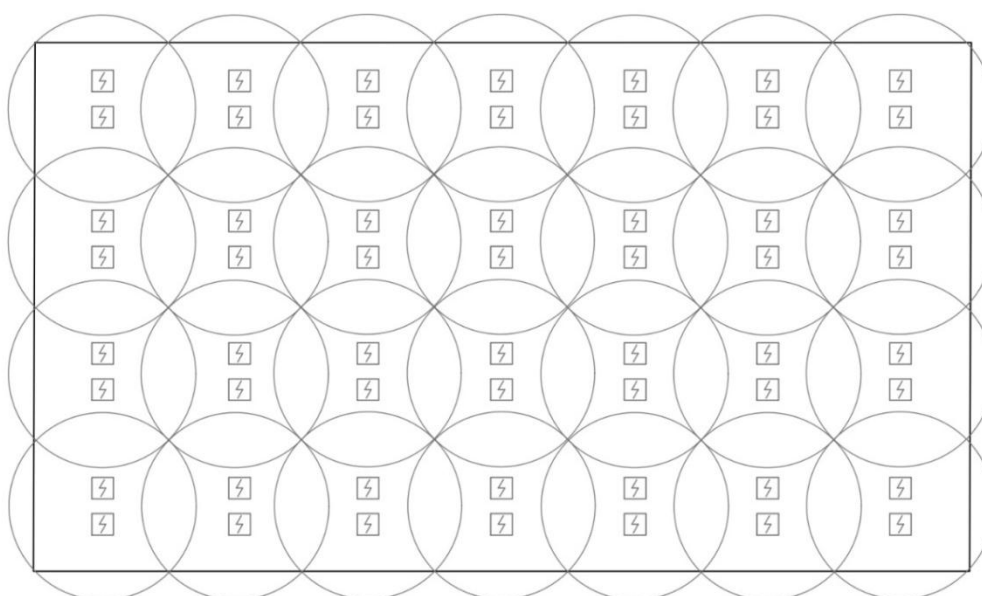


Рис. 4. Схема построения неадресной системы пожарной сигнализации по алгоритму А, В, С, а также адресно по алгоритму С

Существенным введенным отличием в новом своде правил СП 484.1311500.2020 является повышение надежности СПС и получение в приоритетном порядке прибором приемно-контрольным сигнала «Пожар» [10]. Так п. 5.3 СП 484.1311500.2020 указывает, что «когда защите подлежат объекты, разделенные на пожарные отсеки, комплексы отдельно стоящих зданий или сооружений, то единичная неисправность линий связи систем пожарной автоматики (СПА) в одной части объекта (в здании, сооружении, отсеке и т.п.) не должна влиять на работоспособность СПА в других частях объекта и возможность отображения сигналов о работе СПА на пожарном посту». Соответственно, соблюдение данного требования и обеспечение надежности СПА достигается одним из двух вариантов. Либо каждый пожарный отсек оснащается самостоятельным приемно-контрольным прибором. Либо предусматриваются приемно-контрольные приборы и периферийное оборудование, связанное между собой кольцевой линией связи и устройством изоляторов коротких замыканий на границах зон контроля. Структурно системы пожарной сигнализации возможно разделить на централизованную и децентрализованную (рис. 5).

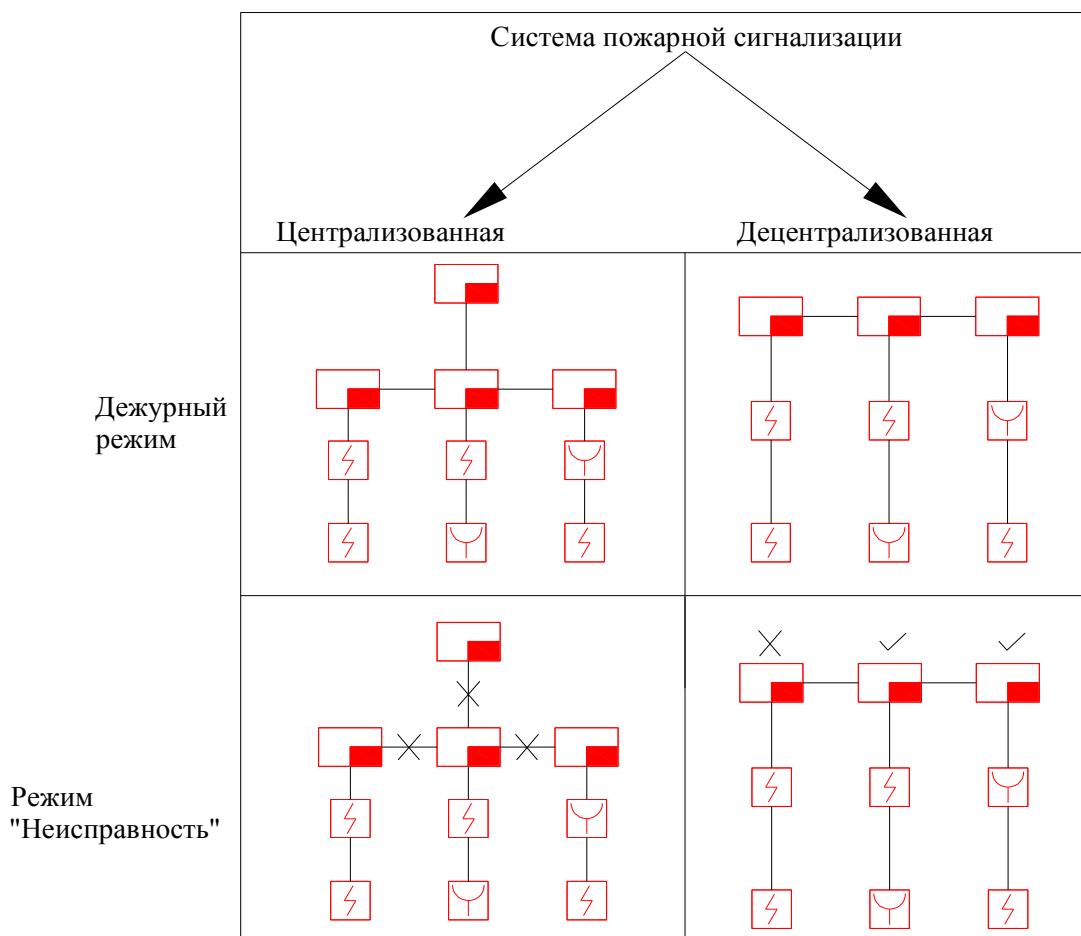


Рис. 5. Схема типов построения СПС

Каждый вид обладает определенными преимуществами и недостатками. Централизованная система построения характеризуется тем, что существует один головной прибор, который осуществляет управление всеми устройствами в совокупности. Данная схема имеет преимущества в том, что есть одно основное устройство, на котором строится вся система и которому она подчиняется, вся настройка и изменение параметров происходит при помощи этого устройства. Основным недостатком централизованной схемы построения является то, что при обрыве связи с головным устройством теряется в целом вся СПС на объекте.

Децентрализованная схема построения пожарной сигнализации изначально определяет то, что не существует главного или основного приемно-контрольного прибора, все приборы между собой равны и взаимодействуют между собой. В такой системе нарушение работы линии связи приборов или выхода из строя одного из приборов не ведет к потере всей системы, а лишь к тому участку, на котором оборвалась связь. Вся остальная система продолжает функционировать и осуществляет защиту объекта.

Связь с головным или основным прибором в централизованной СПА может прервать два основных вида неисправностей: обрыв и короткое замыкание.

Обрыв линии связи может быть вызван многими факторами: перепадами температур, механическим воздействием на кабель и др. Для того чтобы обеспечить надежность системы СПА необходимо применять схему соединения приборов в топологию типа «кольцо». Преимущество данной топологии перед стандартной топологией типа «шина» в том, что при обрыве не теряется связь между приборами, так как обмен информации осуществляется по радиальным направлениям (рис. 6).

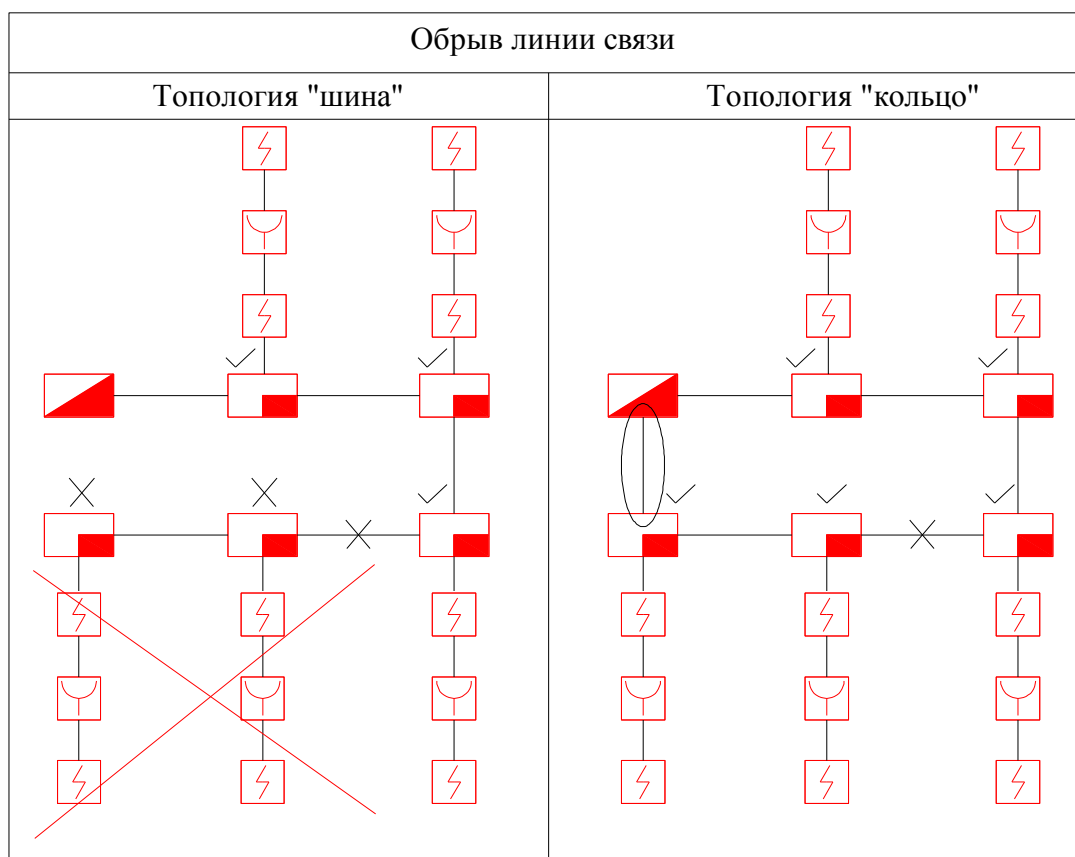


Рис. 6. Схема работы централизованной системы в случае обрыва

Короткие замыкания приводят к нарушению работы СПА и могут вывести ее из строя. Для того чтобы минимизировать утрату СПС, следует предусматривать изоляторы короткого замыкания. В СП 484.1311500.2020 впервые в нормативной практике в России установлены требования по размещению данных изоляторов. Так установлено требование о том, что ручные пожарные извещатели должны быть подключены в систему через изолятор короткого замыкания (рис. 7).

Значительное количество отечественных производителей оборудования либо имеют, либо уже внедряют в составе периферийных блоков и оконечных устройств встроенные изоляторы короткого замыкания.



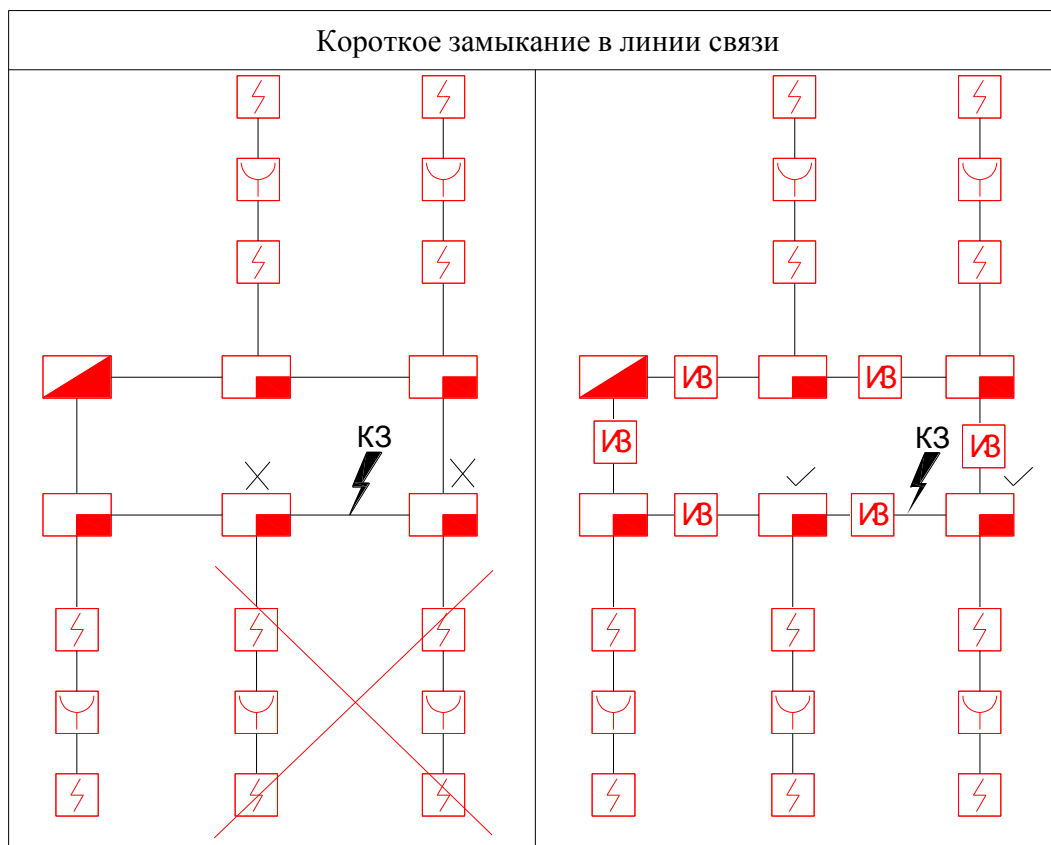


Рис. 7. Схема работы централизованной системы в случае короткого замыкания

Следующей особенностью введения новых требований является зонирование СПС [11]. При проектировании СПА должно закладываться деление на зоны контроля пожарной сигнализации (ЗКПС), о чем гласит п. 5.11 СП 484.1311500.2020: «Объект должен быть разделен на ЗКПС и зоны защиты (зоны пожаротушения, оповещения и т.п.)...». Также предусмотрен порядок разделения на зоны в зависимости от функций защищаемого пространства. Пунктом 6.3.3 СП 484.1311500.2020 установлено, что в отдельные ЗКПС должны быть выделены:

- квартиры, гостиничные номера и иные помещения, которые находятся во временном или постоянном пользовании физическими или юридическими лицами;
- лестничные клетки, кабельные и лифтовые шахты, шахты мусоропроводов, а также другие помещения или пространства, которые соединяют два и более этажей;
- эвакуационные коридоры (коридоры безопасности), в которые предусмотрен выход из различных пожарных отсеков;
- пространства за фальшпотолками;
- пространства под фальшполами.

Исходя из этих требований, теперь не допускается проектировать один шлейф пожарной сигнализации для пожарных извещателей, расположенных на перекрытии, на фальшпотолке и под фальшполами.

Кроме того, согласно п. 6.3.4 СП 484.1311500.2020 ЗКПС должна удовлетворять следующим условиям:

- площадь одной ЗКПС не должна превышать 2 000 м<sup>2</sup>;
- одна ЗКПС должна контролироваться не более чем 32 пожарными извещателями;
- одна ЗКПС должна включать в себя не более пяти смежных и изолированных помещений, расположенных на одном этаже объекта и в одном пожарном отсеке, при этом изолированные помещения должны иметь выход в общий коридор, холл, вестибюль и т.п., а их общая площадь не должна превышать 500 м<sup>2</sup>.

При этом указано, что «единичная неисправность в линии связи ЗКПС не должна приводить к одновременной потере автоматических и ручных извещателей пожарных (ИП), а также к нарушению работоспособности других ЗКПС».

Структурно схемы построения пожарной сигнализации с учетом зон ЗКПС показаны на рис. 8, 9.

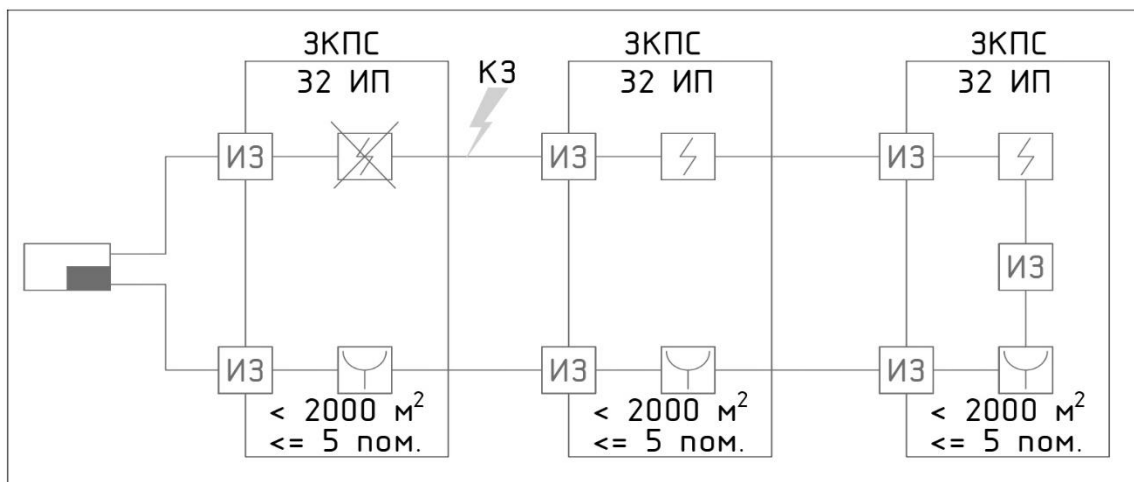


Рис. 8. Схема построение адресной системы с учетом ЗКПС

На схеме (рис. 8) так же отображено размещение изоляторов короткого замыкания. Как можно заметить, они располагаются между зонами, а также внутри ЗКПС между ручными и дымовыми ИП.

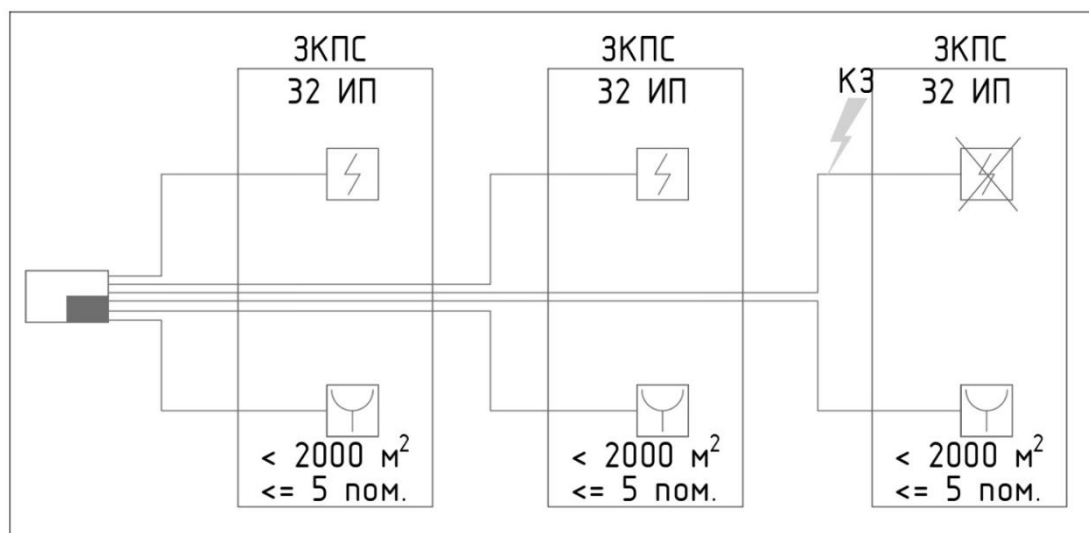


Рис. 9. Схема построение неадресной системы с учетом ЗКПС

В неадресной СПС не требуется установка изоляторов короткого замыкания, так как при нарушении работы в одном шлейфе происходит нарушение только в одной ЗКПС, не теряя других, кроме того ручные ИП продолжают функционировать, так как размещаются в самостоятельных шлейфах.

В проекте могут быть использованы разные методы отображения ЗКПС. Рассмотрим два наиболее информативные – это деления посредством отображения на плане и путем отображения сводной таблицы. При первом случае получают наглядное изображение зон

на планировках. Маркировка оборудования может производиться с учетом ЗКПС (например 1.ВТН 1.1.2; 15.ВТМ 1.2.75), где первая цифра означает номер зоны, буквенное обозначение – тип ИП, а последующие цифры – номер прибора, шлейфа, порядковый номер извещателя. Также такой способ из-за своей наглядности удобен для монтажных организаций. Основным недостатком данного метода является трудоемкая процедура корректировки нумерации зон в процессе проектирования, что позволяет применять способ фактически только к небольшим объектам.

Второй способ – это сводные (адресные) таблицы. Удобство этого способа заключается в быстрой корректировке файла посредством программного обеспечения электронных таблиц, таких как Excel или Access. Данный способ наиболее целесообразен для таблиц программирования оборудования и может применяться на объектах любой сложности и размеров. Недостатком данного способа является то, что для понимания логики работы нужно использовать два документа: планировки объекта и таблицу адресов.

Перечисленные ключевые нововведения в техническом регулировании, определенные в СП 484.1311500.2020, учитывают, в том числе опыт иностранных государств и их требования в построении пожарной сигнализации [12–14], что требует от отечественных производителей качественного изменения в линейке выпускаемого оборудования.

Таким образом, в статье были рассмотрены схемы построения пожарной сигнализации, их положительные и отрицательные стороны, алгоритмы работы СПС, их применение, а так же описан принцип работы каждого алгоритма. Показано, что принятая нормативная база по техническому регулированию требований к размещению пожарной сигнализации претерпела значительные качественные изменения.

### Литература

1. Актуализация требований пожарной безопасности на основе риск-ориентированного подхода / В.Б. Коробко [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. 27 (6). С. 7–17.
2. Александров О.В. «Регуляторные гильотины»: международный опыт устранения препятствий для бизнеса и инвестирования // Торговая политика. 2019. № 1 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regulyatornye-gilotiny-mezhdunarodnyy-opyt-ustraneniya-prepyatstviy-dlya-biznesa-i-investirovaniya> (дата обращения: 08.11.2020).
3. Бушнев Г.В., Украинцева Т.В., Савонин С.В. «Регуляторная гильотина» и ее влияние на эксплуатацию опасных производственных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 18–27.
4. Европейские стандарты (EN-54) // Информационно-аналитический журнал «РУБЕЖ». URL: <https://ru-bezh.ru/evropejskij-standart-en-54/> (дата обращения: 20.12.2020).
5. Здор В.Л. Сколько нужно пожарных извещателей? // Пожарная безопасность. 2014. № 4. С. 84–87.
6. Порошин А.А., Сурков С.А. Направления развития методов испытания извещателей пожарных газовых // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 2 (38). С. 33–37.
7. Лобова С.Ф., Принцева М.Ю. Оценка влияния исходных данных на результаты моделирования распространения горения при оценке эффективности работы автоматической установки пожарной сигнализации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 3. С. 70–80.
8. Куватов В.И., Анашечкин А.Д., Хадзиев С.Н. Оценка достоверности факта возгораний по сигналам пожарных извещателей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2011. № 1. С. 13–18.
9. Неплохов И.Г. Новый СП по проектированию СПС: 12+ нововведений // Информационно-аналитический журнал «РУБЕЖ». URL: <https://ru-bezh.ru/blog-5662/33603-novuyj-svod-pravil-po-proektirovaniyu-sps-12-novovvedenij> (дата обращения: 15.12.2020).

10. Неплохов И.Г. Расстановка и число пожарных извещателей по СП 484.1311500.2020 // Алгоритм Безопасности. 2020. № 2. URL: <https://algorithm.org/arch/arch.php?id=104&a=2480> (дата обращения: 18.12.2020).
11. Павлов А.А. Ужесточение требований к живучести пожарных систем. Новые нормы // Системы безопасности. 2020. № 2. С. 96–97.
12. Европейские стандарты (EN-54) // Информационно-аналитический журнал «РУБЕЖ». URL: <https://ru-bezh.ru/evropejskij-standart-en-54/> (дата обращения: 20.12.2020).
13. Шрак Интеграл. Описание системы. V 2.0. URL: <http://blagoseng.com/test/images/PDF/Schrack%20Seconet.pdf> (дата обращения: 22.12.2020).
14. National Fire Alarm and Signaling Code, Prior Editions NFPA 72. URL: [https://catalog.nfpa.org/NFPA-72-National-Fire-Alarm-and-Signaling-Code-Prior-Editions\\_P1198.aspx](https://catalog.nfpa.org/NFPA-72-National-Fire-Alarm-and-Signaling-Code-Prior-Editions_P1198.aspx) (дата обращения: 20.12.2020).

УДК 614.841.343:539.097

## **РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАСТУПЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА**

**Г.К. Ивахнюк, доктор химических наук, профессор;**

**С.О. Столяров.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приведены результаты решения регрессионной задачи с целью моделирования предела огнестойкости металлической конструкции с абляционно-десорбционным огнезащитным покрытием и оценки вклада цеолитов на эксплуатационные характеристики огнезащитных покрытий. Предложены рекомендации по увеличению эксплуатационных показателей огнезащитных покрытий в условиях факельного горения углеводородов.

*Ключевые слова:* регрессионная модель, огнезащита, цеолиты, углеводородный пожар, эксплуатационные характеристики

## **REGRESSION MODEL OF THE PROCESS OF OCCURRENCE OF THE LIMIT STATE OF FIRE-RESISTANT COATINGS IN THE CONDITIONS OF A HYDROCARBON FIRE**

G.K. Ivakhnyuk; S.O. Stolyarov.

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

The paper presents the results of solving a regression problem in order to simulate the fire resistance of a metal structure with an ablation-desorption fire retardant coating and assess the contribution of zeolites to the performance characteristics of fire retardant coatings. Recommendations for increasing the performance of fire retardant coatings under conditions of flaring combustion of hydrocarbons are proposed.

*Keywords:* regression model, fire protection, zeolites, hydrocarbon fire, performance

Пожарная опасность объектов нефтегазового комплекса (НГК) во многом связана с показателями пожарной опасности обращающихся веществ. Особенность горения углеводородов заключается в высокой температуре пламени (1 100–1 200 °С) и эрозийным

воздействием на несущие металлические конструкции [1]. Под воздействием опасных факторов пожара металлические конструкции теряют свои прочностные характеристики, что приводит к обрушению элементов сооружений и оборудования и каскадному развитию аварии [2].

Одним из средств противопожарной защиты объектов выступает огнезащитная обработка конструкций, которая позволяет в течение необходимого времени элементам сооружений и оборудования обеспечить несущую способность [3]. Наиболее распространенными средствами огнезащиты выступают огнезащитные вспучивающиеся лакокрасочные покрытия, которые под воздействием высоких температур способны образовывать защитный теплоизолирующий слой на защищаемой поверхности. Проблемой применения таких покрытий на объектах НГК являются недостаточные показатели эксплуатационных характеристик и невозможность прогнозирования времени наступления предельного состояния [4], что и определило цель исследования – построение регрессионной модели процесса времени наступления предельного состояния огнезащитных покрытий в условиях теплового и эрозийного воздействия факельного горения углеводородов.

Объектом исследования является огнезащитное вспучивающееся лакокрасочное покрытие, модифицированное компонентами абляционно-десорбционного механизма огнезащитного действия. Модифицирующими компонентами выступают микропористые цеолиты с микрокапсулированной водой, адсорбированной методом активной диффузии. В работе [5] определены условия синтеза абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий, выявлены основные эксплуатационные характеристики. Исследование отражает повышение термической стабильности, адгезионной прочности, огнезащитной эффективности, более высокие показатели мощности эндо- и экзотермических реакций в процессе интумесценции, коксовый остаток, уменьшение горючести и скорости потери массы вещества, что связано со снижением поверхностного натяжения, уменьшения работы когезии, поглощением тепловой энергии на десорбцию воды и полиморфные модификации [6].

С целью решения регрессионной задачи проведено моделирование времени наступления предельного состояния защищаемой поверхности и оценки вклада модифицирующих компонентов на эксплуатационные характеристики огнезащитных покрытий. Моделирование осуществлялось с помощью программного продукта для ЭВМ REGRAN [7]. Для решения регрессионной задачи необходимо определить воздействующие факторы (ВФ) –  $X_1 \div X_7$  (табл. 1) на выходной параметр (ВП) – наступление предельного состояния ( $Y$ ), ранжировать факторы по степени влияния и спрогнозировать значения ВП. Для получения достоверной оценки эксперименты проводились пять раз.

Для построения модели необходимо решить уравнение регрессии:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k,$$

где  $b$  – параметры, коэффициенты регрессии.

Таблица 1. Состав переменных для регрессионного анализа

Обозначение	Характеристика	Единицы измерения
$X_1$	Концентрация цеолитов в отвердителе, $\varphi$	% об.
$X_2$	Адгезионная прочность	кгс/см <sup>2</sup>
$X_3$	Коэффициент вспучивания ( $K_{вс}$ )	$h_{вс}/h_0$
$X_4$	Горючесть (кислородный индекс)	%
$X_5$	Удельная теплота экзотермических реакций в диапазоне температур	Дж/г
$X_6$	Теплота экзотермического пика 2	Дж/г
$X_7$	Теплота экзотермического пика 3	Дж/г
$Y$	Время достижения предельного состояния защищаемой поверхности	мин

Построение модели процесса наступления предельного состояния защищаемой поверхности с огнезащитным составом в условиях воздействия факельного горения углеводородов включает в себя четыре этапа:

- получение уравнений нелинейных по факторам, но линейных по оцениваемым параметрам;
- подбор условных факторов;
- расчет коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов;
- оценка адекватности результатов регрессионного анализа с помощью критерия Фишера и вычислением критерия минимального рассогласования между экспериментальными и расчетными значениями выходных параметров [8].

Результаты регрессионного анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2. Полученные регрессионные модели

Уравнения регрессии	$F$	$\Delta$
$Y_1 = 17,29 \cdot X_1 \cdot X_3^2 - 2,416 \cdot X_1^2 \cdot X_3^2 - 38,03X_3 + 34,93X_3^2$	21,0	6,96
$Y_1 = -8,814 - 11,09 \cdot X_6^2 + 11,84 \cdot X_3^2 \cdot X_6$	72,6	4,91
$Y_1 = 9,751 \cdot X_1^2 \cdot X_3 \cdot X_6^2 - 1,081 \cdot X_1^2 \cdot X_3 \cdot X_6 + 13,17 \cdot X_1 \cdot X_3^2 + 16,11 \cdot X_3^2$	777,0	1,32
$Y_1 = -842,7 \cdot X_1^2 \cdot X_6^2 - 11,27 \cdot X_2 \cdot X_6 + 47,77 \cdot X_3 \cdot X_6$	210,0	3,31

где  $F$  – критерий Фишера;  $\Delta$  – критерий минимального рассогласования между экспериментальными и расчетными значениями.

На основе результатов регрессионного анализа выявлены основные влияющие факторы (в последовательности убывания их влияния на ВП):

- $X_1$  (концентрация цеолитов в отвердителе);
- $X_3$  (коэффициент вспучивания);
- $X_6$  (теплота экзотермического пика 2).

Входные факторы  $X_2$ ,  $X_4$ ,  $X_5$  и  $X_7$  не использовались в связи с высокой взаимной корреляцией.

Применение регрессионной модели процесса наступления предельного состояния защищаемой поверхности с нанесенным огнезащитным составом в условиях факельного горения углеводородов для исследования огнезащитной эффективности абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий позволяет сформулировать рекомендации по применению данной технологии с целью повышения эксплуатационных характеристик огнезащитных покрытий для условий факельного горения углеводородов.

Решение задачи внедрения методики повышения огнезащитной эффективности огнезащитных покрытий может быть осуществлено в процессе технологического аудита предприятия НГК, при этом необходимо выявить соответствие имеющихся систем противопожарной защиты уровню модернизации объекта. В случае несоответствия производится выбор наилучших доступных технологий в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности объекта защиты.

### Литература

1. Beyler C.L. Fire hazard calculations for large, open hydrocarbon fires // SFPE handbook of fire protection engineering. Springer, New York, NY, 2016. С. 2 591–2 663.
2. Leonard A. Energy cascade in large-eddy simulations of turbulent fluid flows // Advances in geophysics. Elsevier, 1975. Т. 18. С. 237–248.
3. Green C.D., Johnson H. Acrylic Coatings for Automotive Trim // Metal finishing. 1992. Т. 90. № 9. С. 19–21.
4. Цой А.А. Влияние условий факельного углеводородного горения на огнезащитные покрытия стальных конструкций // Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2016. Ч. 2. С. 211–213.

5. Ивахнюк Г.К., Столяров С.О., Дементьев Ф.А. Исследование эксплуатационных характеристик модифицированных огнезащитных покрытий на основе эпоксидных смол // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 4 (52). С. 141–151.

6. Исследование эксплуатационных характеристик огнезащитных покрытий на основе эпоксидных смол, модифицированных астраленами / А.В. Иванов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29. № 1.

7. Исследование влияния факторов химической и физической природы на реализацию нулевой макрофазы роста и развития растений методом регрессионного анализа / А.А. Таранцев [и др.] // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2015. № 30. С. 53–58.

УДК 614.841

## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ КАПИТАЛЬНО РЕМОНТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**И.Б. Елисеев, кандидат технических наук;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Статья посвящена исследованию актуальной проблемы организации тушения и проведения аварийно-спасательных работ капитально ремонтируемых зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. Пожары на объектах данной категории зачастую сопровождаются высокими показателями гибели людей, могут нанести значительный материальный ущерб, а также характеризуются привлечением большого количества сил и средств для тушения пожаров. Проведен статистический анализ пожаров капитально ремонтируемых зданий и сооружений на территории Санкт-Петербурга, комплексно изучены наиболее крупные из них. Обоснованы рекомендации по тушению пожаров в данной категории зданий и сооружений.

*Ключевые слова:* капитально ремонтируемые здания, пожары, ущерб, действия по тушению пожаров, руководитель тушения пожара

## **ANALYSIS OF THE STATE AND PROBLEMS OF FIRE EXTINGUISHING OF CAPITALLY REPAIRED BUILDINGS IN SAINT-PETERSBURG**

**I.B. Eliseev; A.V. Matveev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The article is about the research of the actual problem of organizing extinguishing and carrying out emergency rescue operations on overhauled buildings and structures in Saint-Petersburg. The fires on objects of this category are often accompanied by high rates of death of people, can cause significant material damage, and are also characterized by the involvement of a large number of forces and means to extinguish fires. The article provides a statistical analysis of the fires of overhauled buildings and structures on the territory of Saint-Petersburg; the largest of them are comprehensively researched. Recommendations for extinguishing fires in this category of buildings and structures are substantiated.

*Keywords:* overhauled houses, fires, causes of fires, fire extinguishing operations, head of fire extinguishing

За последние годы на территории Санкт-Петербурга возросло количество капитально ремонтируемых зданий и сооружений (КРЗ) [1]. Ввиду отсутствия финансирования и проведения ремонтно-восстановительных работ, большинство таких сооружений признаются неэксплуатируемыми.

В этой связи пожары и загорания в таких зданиях происходят с наибольшей частотой. Проблема тушения пожаров в КРЗ является актуальной и требует значительного внимания.

В большинстве случаев при тушении пожаров КРЗ пожарно-спасательные подразделения сталкиваются со многими трудностями:

- отсутствие должной информации о КРЗ при поступлении информации о пожаре;
- сложность в определении точного месторасположения КРЗ;
- отсутствие точной информации о местах нахождения или проживании людей в КРЗ.

В условиях возникновения пожаров в КРЗ люди могут столкнуться со стремительным распространением пожара и, как следствие, блокированием опасными факторами пожара путей эвакуации. Приоритетным направлением деятельности для руководителя тушения пожара (РТП) в данных условиях будет спасение людей [2, 3]. Данная задача может быть решена лишь в случае оперативных и слаженных действий пожарных. От быстрой оценки обстановки и принятия правильно решения РТП в целом зависит и исход тушения пожаров [4, 5].

Пожары в зданиях и сооружениях КРЗ зачастую сопровождаются обрушением несущих строительных конструкций, гибелью и травмированием не только людей, находящихся внутри зданий, но и личного состава пожарно-спасательных подразделений, наличием угрозы распространения огня на соседние здания, привлечением сил и средств по повышенным номерам пожара, большим количеством пожарно-спасательных и аварийно-спасательных автомобилей, увеличением расхода эксплуатационных материалов и ресурса техники [6, 7]. Данные факторы определяют необходимость комплексного анализа проблем организации пожаротушения в КРЗ.

В табл. 1 представлены результаты анализа статистических данных по пожарам КРЗ в разрезе административных районов Санкт-Петербурга [8].

Таблица 1. Результаты анализа данных по пожарам КРЗ 2018–2020 гг.

№ п/п	Административный район	2018 г.	2019 г.	1 квартал 2020 г.
1	Адмиралтейский	30	27	8
2	Василеостровский	10	6	2
3	Выборгский	30	14	1
4	Калининский	22	6	1
5	Кировский	29	22	2
6	Колпинский	112	42	1
7	Красногвардейский	40	21	1
8	Красносельский	15	1	1
9	Кронштадтский	5	7	1
10	Курортный	16	11	3
11	Московский	18	13	3
12	Невский	66	31	3
13	Петроградский	10	19	6
14	Петродворцовый	36	2	3
15	Приморский	14	13	2
16	Пушкинский	25	29	3
17	Фрунзенский	21	2	1
18	Центральный	22	31	5



Результаты анализа позволили выделить административные районы Санкт-Петербурга с наибольшим количеством пожаров КРЗ в период 2018–2020 гг. (рисунок).

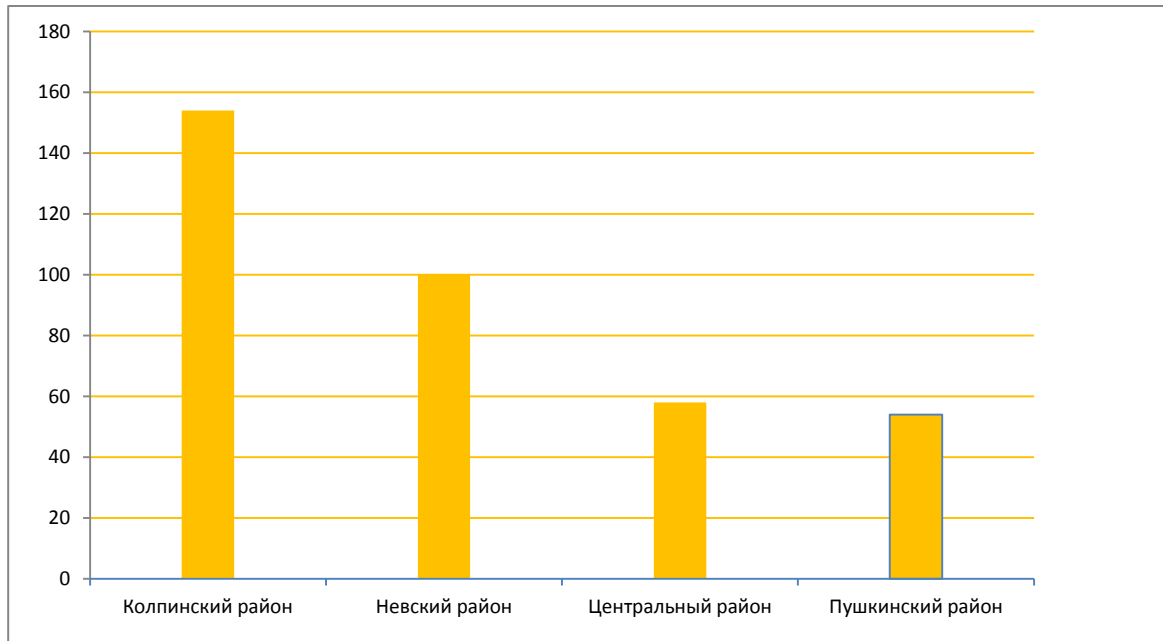


Рис. Статистические данные по пожарам КРЗ в административных районах Санкт-Петербурга

Несмотря на то, что общее количество пожаров КРЗ в целом за последние годы несколько уменьшилось, необходимо отметить, что при этом наметилась тенденция к увеличению числа пострадавших людей, в том числе участников тушения пожаров [8].

В табл. 2 представлены результаты анализа наиболее крупных пожаров КРЗ и их последствий на территории административных районов Санкт-Петербурга за 2018–2020 гг.

Таблица. 2. Результаты последствий пожаров КРЗ Санкт-Петербурга

№ п/п	Административный район	Адрес	Последствия пожара
1	Адмиралтейский	ул. Розенштейна, д. 39	В КРЗ с 1 по 5 этажи обгорели оконные рамы на общей площади 50 м <sup>2</sup> . Эвакуировано в общей сложности более 40 чел.
2	Адмиралтейский	наб. Обводного канала, д. 134–136	В КРЗ «Красный треугольник» горел мусор на первом этаже на площади 20 м <sup>2</sup> . Пострадавших и погибших нет
3	Центральный	ул. Печатника Григорьева, д. 10	В КРЗ горел мусор, площадь горения достигла 70 м <sup>2</sup> . В результате пожара пострадало 2 чел.
4	Центральный	наб. реки Мойки, д. 26	В КРЗ размером 30х40 м на третьем этаже горела обстановка на площади 50 м <sup>2</sup> . В результате пожара пострадало 4 чел.
5	Центральный	ул. Черняховского, д. 56	В КРЗ размером 20х30 м в помещении площадью 30 м <sup>2</sup> горел мусор на площади 10 м <sup>2</sup> . Пострадавших и погибших нет
6	Красногвардейский	ул. Магнитогорская, д. 57	В реконструируемом здании горела обстановка на площади 30 м <sup>2</sup> . В результате пожара пострадало 2 чел.

7	Петроградский район	ул. Пионерская, д. 13	В здании КРЗ кирпичном, крытом железом по дощатой обрешетке, в комнате площадью 10 м <sup>2</sup> выгорела обстановка по всей площади. Спасено 10 чел. при помощи самоспасателей. В результате пожара пострадало 8 чел.
8	Василеостровский	5 Линия В.О., д. 66., лит. А	В кирпичной, крытой железом по деревянной обрешетке, размером 1х5 м, неэксплуатируемой пристройке горел мусор и обгорела деревянная обрешетка крыши на площади 3 м <sup>2</sup> . Из рядом стоящего здания типографии эвакуировано 30 чел. с ограниченными возможностями по маршевой лестнице. В результате пожара пострадало 3 чел.
9	Кировский	ул. Зои Космодемьянской, д. 6, корп. 2	В кирпичном здании размером 20х60 м, частично расселенном, горел мусор на площади 17 м <sup>2</sup> . В результате пожара пострадал 1 чел.
10	Курортный	г. Зеленогорск, ул. Березовая, д. 2	В неэксплуатируемом здании размером 20х15 м обгорела обстановка на площади 1,5 м <sup>2</sup> . В результате пожара пострадал 1 чел.
11	Центральный	Лиговский пр., д. 141	В неэксплуатируемом, кирпичном, крытом металлом по дощатой обрешетке здании, размером 15х10 м, горел бытовой мусор на площади 70 м <sup>2</sup> . В результате пожара пострадало 4 чел., погиб 1 чел.
12	Невский	Октябрьская набережная, д. 86, корп. 2	В подвальном помещении площадью 50 м <sup>2</sup> горел мусор на площади 15 м <sup>2</sup> . В результате пожара пострадало 2 чел.

Исходя из статистических данных по пожарам КРЗ и их последствиям, можно сделать вывод о том, что основными причинами пожаров были:

- 1) проведение огневых работ;
- 2) неосторожное обращение с огнем;
- 3) возгорание электроприборов;
- 4) короткое замыкание.

#### *Рекомендации руководителю тушения пожара (РТП) при тушении пожаров КРЗ*

При поступлении сообщения о пожаре КРЗ необходимо выполнить следующие действия:

1. Диспетчеру пункта связи части уточнить информацию об объекте.
2. Направить дежурный караул пожарно-спасательного гарнизона.
3. РТП в пути следования должен связаться с заявителем, уточнить точный адрес места пожара.
4. По прибытии РТП должен произвести тщательную разведку места пожара, получить информацию от заявителя о наличии людей, животных в здании КРЗ, количестве эвакуированных и спасенных.
5. Выбрать решающее направление, способствующее быстрому спасению людей, материальных и культурных ценностей, определить ранг пожара, при необходимости привлечь дополнительные силы и средства (СиС) и незамедлительно сообщить об этом диспетчеру пункта связи части гарнизона.
6. Достичь полного прекращения горения в кратчайшие сроки.

При детальном взаимодействии с заявителем и получении точной информации об объекте КРЗ РТП может направить СиС одновременно по нескольким направлениям, создав боевые участки [9]. Если СиС будет достаточно, то несколько отделений пожарных и спасателей могут проводить работы по спасению и эвакуации людей и животных, по тушению пожара, по защите соседних зданий и сооружений и достижению условий ликвидации полного горения.

Проведенный анализ пожаров КРЗ на территории Санкт-Петербурга и их последствий позволил сделать вывод, что их масштабы по сравнению с пожарами других зданий достаточно велики.

Отличительной особенностью явилось то, что объекты КРЗ представляют собой прямоугольной формы здания, 4 и 5 степени огнестойкости. Системы автоматической пожарной сигнализации и системы оповещения людей о пожаре в данной категории зданий зачастую отсутствуют. Пожары на данных объектах приводят к быстрому развитию пожара, блокированию путей эвакуации, гибели людей [10–12], требуют привлечения большого количества СиС.

Таким образом, для сокращения риска возникновения пожаров в КРЗ необходимо проводить периодические профилактические мероприятия, способствующие знаниям и выработке ответственности у собственников и жильцов КРЗ. Несоблюдение основных правил пожарной безопасности может повлечь гибель людей, привести к большим экономическим потерям [13] и необратимым последствиям в результате пожара.

### Литература

1. Об утверждении правил содержания и ремонта фасадов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге: постановление Правительства Санкт-Петербурга от 14 сент. 2006 г. № 1135. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
2. Об утверждении Боевого устава пожарной охраны (БУПО), определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ (АСР): приказ МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
3. Ермилов А.В., Белорожев О.Н., Наумов А.В. Повышение качества принимаемых решений на начальном этапе тушения пожара // Совершенствование тактики действий спасательных воинских формирований (СВФ) МЧС России: сб. трудов XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 36–40.
4. Алехин М.Ю., Янченко А.Ю., Крымский В.В. О прогнозировании экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2012. № 2. С. 84–88.
5. Станкевич Т.С. Исследование процесса принятия решений руководителем тушения пожара в морском порту // Безопасность жизнедеятельности. 2016. № 1 (181). С. 55–59.
6. Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: приказ МЧС РФ от 5 мая 2008 г. № 240. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
7. Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны: приказ МЧС России от 26 окт. 2017 г. № 472. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
8. Оперативная информация Главного управления МЧС России по городу Санкт-Петербургу // МЧС России. URL: <https://78.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 03.08.2020).
9. Максимов А.В. Организационное обеспечение информационной системы по разработке планов реагирования на чрезвычайные ситуации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 32–38.
10. Кеда Д.П., Кутузов В.В., Уткин О.В. Оценка организации эксплуатации пожарной автоматики многофункциональных зданий повышенной этажности с применением нечеткой логики // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 52–60.
11. Матвеев А.В. Организационные и методические аспекты обеспечения безопасности потенциально опасных объектов. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 144 с.

12. Косачев А.А. Анализ пожарной опасности навесных фасадных систем в реконструируемых зданиях // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 11. С. 77–80.

13. Крымский В.В., Ищенко А.Д., Таранцев А.А. О построении функции ущерба // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 54–59.

УДК 624.001.4

## **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОВРЕЖДЕННЫХ ПРИ ПОЖАРАХ**

**С.Н. Савин, доктор технических наук.**

**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.**

**И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Обсуждается достаточно редкий случай повреждения железобетонных монолитных конструкций здания, незавершенного строительством, в Санкт-Петербурге. Пожар произошел ночью. Внутри дворового проезда загорелся компрессор. Сгорел сам агрегат и две двухсотлитровые бочки солярки. В результате продолжительного воздействия высоких температур и пламени возникли повреждения бетона в уже «работающих» конструкциях здания, которые существенно отличаются от типовых, описанных в нормативных документах. В рассматриваемом случае формально конструкции имеют повреждения, свидетельствующие об их критическом состоянии, и требуют полной или частичной замены. Однако некоторых характерных признаков этого аварийного состояния обнаружено не было. По результатам обследования было принято решение разработать проект восстановления поврежденной части здания, используя как традиционные, так и инновационные технологии и материалы. Предложенные способы не оказывают значительной дополнительной нагрузки на строительные конструкции и позволяют быстро и эффективно провести восстановление несущей способности здания с минимальными финансовыми затратами.

*Ключевые слова:* монолитная железобетонная конструкция, поражающие факторы пожара, особенности повреждения современных железобетонных конструкций, оценка степени повреждения строительных конструкций, нормативные документы по противопожарной безопасности

## **SOME FEATURES OF THE RESTORATION OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES DAMAGED IN FIRES**

**S.N. Savin. Saint-Petersburg state university of architecture and civil engineering.**

**I.L. Danilov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The article discusses a rather rare case of damage to reinforced concrete monolithic structures of a building that has not been completed in Saint-Petersburg. The fire occurred at night. Inside the courtyard passage, the compressor caught fire. The unit itself burned down and two two-hundred-liter barrels of diesel fuel. As a result of prolonged exposure to high temperatures and flames, concrete damage occurred in the already «working» structures of the building, which significantly differ from the standard ones described in the regulatory documents. In this case,

the structures are formally damaged, indicating their critical condition, and require complete or partial replacement. However, some characteristic signs of this emergency condition were not found. Based on the results of the survey, it was decided to develop a project to restore the damaged part of the building, using both traditional and innovative technologies and materials. The proposed methods do not have a significant additional load on building structures and allow you to quickly and efficiently restore the load-bearing capacity of the building with minimal financial costs.

*Keywords:* monolithic reinforced concrete structure, striking fire factors, features of damage to modern reinforced concrete structures, assessment of the degree of damage to building structures, regulatory documents on fire safety

### **Введение. Краткий обзор проблем противопожарной безопасности**

Известно, что повреждения конструкций при пожарах происходят в результате воздействия его поражающих факторов, в основном пламени и высоких температур. При этом в зависимости от типа материала строительной конструкции происходит либо ее полное или частичное разрушение, либо ухудшение, в той или иной степени, эксплуатационных качеств. Это связано в первую очередь с воздействием высоких температур на прочность строительных материалов, силу сцепления арматуры с бетоном, уменьшение размеров рабочего сечения.

В литературе и нормативных документах достаточно подробно рассматриваются как вопросы оценки степени повреждения строительных конструкций при пожаре, так и возможные методы их восстановления [1–7].

В последнее время значительное внимание так же уделяется пожарам, возникновение которых связано с сейсмическим воздействием, возможным несчастным случаем, катастрофой или терактом [8–11]. В результате таких пожаров строительные конструкции зданий и сооружений могут дополнительно разрушаться, что приводит к переходу «средних и сильных разрушений» в класс «полных разрушений» [12].

Тем не менее, несмотря на изученность и предсказуемость чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, количество происшествий не только не уменьшается, но и продолжает расти, пугая многочисленными жертвами и чудовищным разнообразием причин и последствий [13].

Многие из таких пожаров возможно было предотвратить или ослабить их критические последствия, если бы соблюдались нормативы противопожарных ОСТов и ГОСТов.

Однако, с другой стороны, появление на рынке и применение в строительстве целого ряда новых строительных материалов с особыми прочностными и тепловыми характеристиками [14–17] требуют быстрого реагирования контролирующего строительного органов с точки зрения внесения изменений и дополнений в подобные нормативные документы.

### **Методы неразрушающего контроля и укрепления строительных конструкций**

Основные методы неразрушающего контроля строительных конструкций перечислены в ГОСТе 18353–79. Но со времени введения этого ГОСТа появились и совершенствовались некоторые новые способы анализа прочностных характеристик зданий и сооружений. Например, в Министерстве обороны России и МЧС России в качестве одной из основных подобных методик исследования рекомендуется «метод свободных колебаний» [18], основанный на возбуждении и регистрации собственных колебаний здания или отдельных строительных конструкций.

Среди современных способов усиления зданий и сооружений при ремонте и реконструкции можно выделить метод на основе элементов внешнего армирования из фиброармированных углеволокном пластиков [19].

### Результаты исследования повреждения железобетонных монолитных конструкций при пожаре

В предлагаемом ниже материале рассматривается достаточно редкий случай повреждения железобетонных монолитных конструкций здания, незавершенного строительством, в Санкт-Петербурге. Пожар произошел ночью. Внутри дворового проезда загорелся компрессор. Сгорел сам агрегат и две двухсотлитровые бочки солярки. Общий вид дворового проезда представлен на рис. 1, а сгоревший компрессор на рис. 2.



Рис. 1. Дворовый проезд



Рис. 2. Сгоревший компрессор

В результате продолжительного воздействия высоких температур и пламени возникли повреждения бетона в уже «работающих» конструкциях здания, которые существенно отличаются от типовых, описанных в нормативных документах. Так, в изгибаемых элементах вместо типичных для данной ситуации прогибов и трещин практически был полностью утрачен защитный слой бетона (рис. 3). А во внецентренно сжатых вместо типичной потери устойчивости также «исчез» защитный слой бетона, оголилась и изменила цвет арматура (рис. 4, 5). При этом пластических деформаций в арматуре не наблюдалось.

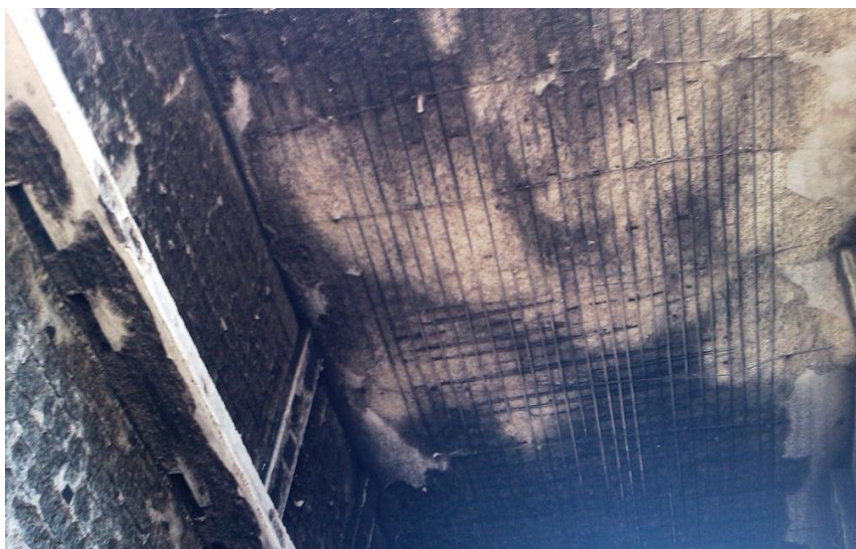


Рис. 3. Разрушение монолитного железобетона на перекрытии дворового проезда



Рис. 4. Утрата защитного слоя бетона. Оголенная арматура



Рис. 5. Изменение цвета арматуры в результате воздействия высоких температур

Таким образом, перед специалистами по обследованию возникли две задачи, причем, если первая задача по возможным методам ликвидации последствий пожара была поставлена в Техническом задании заказчика, то вторая – объяснение особенностей выявленных последствий требовала предметного анализа всех субъективных факторов.

В соответствии с нормативными документами [3–7] степень повреждения железобетонных конструкций после пожара характеризуется следующими показателями.

Повреждения, снижающие несущую способность конструкций: изменение серого цвета бетона до розового и буро-желтого; элементы, полностью покрытые сажей и копотью; наличие сколов бетона по углам; обнажение арматурной сетки на плоских элементах площадью около 10 %; обнажение угловой арматуры в пределах прямоугольной формы; отделение наружных слоев бетона без их обрушения; трещины шириной до 0,5 мм.

Повреждения, значительно снижающие несущую способность конструкции: цвет бетона – желтый, сколы бетона – до 30 % сечения элемента; обнажение арматурной сетки в плоских элементах на площади более 10 %; обнажено более 50 % рабочей арматуры прямоугольных элементов; выпучен один стержень арматуры элемента; отвалились поверхностные слои бетона; трещины шириной до 1 мм.

Повреждения, свидетельствующие о критическом состоянии конструкции: цвет бетона – желтый; сколы бетона – от 30 до 50 % площади сечения элемента; обнажено до 90 % арматуры; выпучилось более одного стержня арматуры; нарушена анкеровка, сцепление арматуры с бетоном; нагрев арматуры свыше 300 °С; отрыв закладных и опорных деталей; зыбкость конструкции; прогибы свыше 1/50 пролета; трещины шириной более 1 мм.

По итогам анализа повреждений принимаются решения о ремонте или усилении конструкций. Так, например, конструкции, имеющие слабую степень повреждений, подвергают косметическому ремонту, при средней степени повреждений конструкции ремонтируют путем инъектирования трещин или наращиванием сечения бетона, при сильной степени повреждений конструкции усиливают введением дополнительных опор, наращиванием сечения бетона и арматуры или другими методами, обеспечивающими прочность, жесткость и долговечность конструкции. При полной степени повреждений состояние конструкций считается аварийным и восстановление их нецелесообразно. Конструкции в этом случае требуют полной или частичной замены.

В рассматриваемом случае формально конструкции имеют повреждения, свидетельствующие об их критическом состоянии, и требуют полной или частичной замены. Однако некоторых характерных признаков этого аварийного состояния обнаружено не было. Не было трещин, прогибов, деформаций арматуры. Более того, поврежденный блок, будучи частью здания, не мог быть заменен частично или полностью без осуществления сложных и затратных мероприятий.

Более подробный анализ позволил выявить некоторые особенности данной конкретной ситуации, которые ранее не могли быть учтены. А именно, подвергшиеся воздействию пожара конструкции были выполнены из «молодого» монолитного железобетона, а не из сборных железобетонных элементов заводского изготовления, которые, как правило, и рассматривались в «старых» нормативно-методических документах. Таким образом, можно предположить, что защитный слой «молодого бетона» (не более 1–2 месяцев) сыграл роль эффективного теплоизолятора, что не позволило высоким температурам воздействовать на более глубокие сечения и нагреть арматуру до «критических значений».

По результатам обследования, было принято решение разработать проект восстановления поврежденной части здания, используя как традиционные, так и инновационные технологии и материалы.

Для вертикальных элементов предложено провести очистку арматуры и бетона с последующим торкретированием поврежденной поверхности двумя слоями ремонтного состава на бетонной основе [20].

Для конструкций перекрытия кроме очистки и торкретирования рекомендуется усиление внешним армированием строительных конструкций композитными материалами на основе арамидных, стеклянных или углеродных волокон.

Приведенные способы не оказывают значительной дополнительной нагрузки на строительные конструкции (за исключением торкретирования) и позволяют быстро и эффективно провести восстановление несущей способности конструкций с минимальными финансовыми затратами и без привлечения большого количества рабочей силы и строительной техники.

Приведенный пример наглядно показывает, что для современных зданий и сооружений существует ряд особенностей, связанных с последствиями воздействия пожара на их конструкции. Эти особенности обусловлены использованием новых технологий в строительстве, новых материалов и должны учитываться при принятии решений по ликвидации последствий огневых воздействий.

### **Литература**

1. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001.
2. Бойко М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. Л.: Стройиздат, 1975.
3. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1989.
4. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром. М.: Стройиздат, 1987.



5. Методические рекомендации по оценке свойств бетона после пожара. М.: Стройиздат, 1985.
6. СТО 3655450-006–2006. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций // Библиотека нормативной документации. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/48/48556/> (дата обращения: 11.12.2020).
7. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: [docs.cntd.ru/document/1200100908](https://docs.cntd.ru/document/1200100908) (дата обращения: 11.12.2020).
8. Хасанов И.Р. Особенности пожарной обстановки в зонах разрушений // X Рос. нац. конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию: тезисы докладов. М., 2013. С. 157.
9. Копылов Н.П. Огнестойкость строительных конструкций с механическими повреждениями // X Рос. нац. конф. по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию: тезисы докладов. М., 2013. С. 154.
10. Savin S.N., Smirnova E. Evaluation of mechanical safety of building structures using elastic vibrations varying in wave length // World applied sciences journal. 2013. 23 (11): 1448–1454. issn 1818–4952. © idosi publications, 2013. doi: 10.5829/idosi.wasj.2013.23.11.13161.
11. Савин С.Н., Данилов И.Л. Экспериментальное обоснование мероприятий по совершенствованию проектных решений строительных конструкций зданий и сооружений АЭС // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 2. С. 14–21. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.02.14-21.
12. Савин С.Н., Данилов И.Л. Сейсμβезопасность зданий и территорий. СПб.: Изд-во «Лань», 2015. С. 156–163.
13. Хамитова Э.В., Юдина Ю.В. Анализ причин и последствий пожара в ТК «Синдика» // Безопасность в строительстве: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2017. С. 169–173.
14. Park S.J., Yim H.J., Kwak H.G. Nonlinear Resonance Vibration Method To Estimate The Damage Level On Heat-Exposed Concrete // Fire Safety Journal. 2014. No 69. pp. 36–42. DOI: 10.1016/j.firesaf.2014.07.003.
15. Теплотехнические свойства бетона, торкрет-бетона и торкрет-фибробетона в условиях углеводородного пожара / С.А. Швырков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 12. С. 5–12. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.5-12.
16. Курлапов Д.В. Воздействие высоких температур пожара на строительные конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 4. С. 41–43.
17. Тамарзян А.Г., Аветисян Л.А. Прочность и несущая способность сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях повышенных температур // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 56–60.
18. Савин С.Н. Техническая диагностика прочностных характеристик зданий и сооружений на основе анализа форм их собственных колебаний. М.: МО РФ, 2006. 141 с.
19. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: [docs.cntd.ru/document/1200113273](https://docs.cntd.ru/document/1200113273) (дата обращения: 11.12.2020).
20. Руководство по применению торкрет-бетона при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций зданий и сооружений. М.: ОАО «ЦНИИ Промзданий», 2007.



---

---

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

---

---

УДК 614.841.33

## ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИИ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ ИЗ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

**К.С. Плотникова;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Сформулирована проблема обеспечения прав маломобильных групп населения на реализацию и осуществление наравне с другими всех прав и свобод человека. Проанализированы российские нормы проектирования объектов капитального строительства, в частности общественных зданий, призванные обеспечить доступ маломобильных групп населения к указанным объектам и обеспечение их защиту при пожаре. Даны рекомендации по доработке нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности в части обеспечения эвакуации и спасения маломобильных групп населения при пожаре.

*Ключевые слова:* маломобильные группы населения, эвакуация, пожаробезопасная зона, общественное здание

## PROBLEMS OF RATIONING EVACUATION OF LOW-MOBILITY GROUPS OF THE POPULATION FROM PUBLIC BUILDINGS

K.S. Plotnikova; A.V. Vagin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The problem of ensuring the rights of people with limited mobility to exercise and exercise on an equal basis with others all human rights and freedoms is formulated. Analyzed are the Russian standards for the design of capital construction facilities, in particular, public buildings, designed to provide access for low-mobility groups of the population to these facilities and ensure their protection in case of fire. Recommendations are given for the revision of regulatory legal acts and regulatory documents on fire safety in terms of ensuring the evacuation and rescue of people with limited mobility in case of fire.

*Keywords:* people with limited mobility, evacuation, fireproof zone, public building

13 декабря 2006 г. на Генеральной Ассамблее Организации Объединенных Наций (ООН) была принята резолюция № 61/106 «Конвенция о правах инвалидов» [1], целью которой были определены «поощрение, защита и обеспечение полного и равного осуществления всеми инвалидами всех прав человека и основных свобод, а также поощрение уважения присущего

им достоинства». На практике данный документ означал признание за инвалидами права реализации и осуществления наравне с другими всех прав и свобод человека. Государства-участники Генеральной Ассамблеи ООН, в том числе и Российская Федерация, взяли на себя обязательства принимать надлежащие законодательные меры для осуществления прав, признаваемых в Конвенции, одним из которых является доступность окружающей среды для инвалидов.

Нельзя сказать, что в современной России вопрос доступности объектов капитального строительства инвалидам никогда не поднимался. Еще в рамках федеральной целевой программы «Социальная поддержка инвалидов на 2000–2005 годы» по заказу Министерства труда был разработан и утвержден СНиП 35-01–2001 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения». В дополнение к нему были утверждены своды правил СП 35-101–2001 «Проектирование зданий и сооружений с учетом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения»; СП 35-102–2001 «Жилая среда с планировочными элементами, доступными инвалидам»; СП 35-103–2001 «Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным посетителям»; СП 35-104–2001 «Здания и помещения с местами труда для инвалидов». Однако при всей значимости перечисленных документов обязательность исполнения указанных в них требований была нечеткой, ведь в СНиП 35-01–2001 открыто указывалось на рекомендательный характер документа с отнесением ряда технических вопросов к заданию на проектирование (которое утверждается заказчиком объекта проектирования), согласованию с «территориальным органом социальной защиты населения и с учетом мнения общественных объединений инвалидов» [2]. Последнее вообще было трудно реализовать, поскольку процедура нигде не была прописана.

Все это привело к тому, что при проектировании новых и реконструкции существующих общественных зданий право инвалидов на равную среду практически не реализовывалось. Заказчики читали нормативные документы в соответствии со своей выгодой, так как реализация инженерно-технических решений, обеспечивающих доступ инвалидов к объекту проектирования, требовало значительных экономических затрат. Таким образом, в период с 2001 до 2012 г. исполнение нормативных требований СНиП 35-01–2001 практически не обеспечивалось, и страна получила немалое количество бизнес-центров и торговых комплексов, объектов здравоохранения, бытовой, социальной и транспортной инфраструктуры, абсолютно не учитывающих потребности инвалидов. Всю глубину данной проблемы можно оценить, зная реальное количество этой категории граждан в России – около 11 875 тыс. человек на 2020 г., что составляет около 8 % населения Российской Федерации [3].

### **Защита маломобильных граждан при пожаре**

Ситуация прояснилась, когда 3 мая 2012 г. вступил в силу Федеральный закон № 46-ФЗ «О ратификации Конвенции о правах инвалидов» и был введен в действие СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001». В данном нормативном документе было указано, что он «предназначается для разработки проектных решений общественных, жилых и производственных зданий, которые должны обеспечивать для инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения (маломобильные группы населения) равные условия жизнедеятельности» [4]. В документе уточнялось, что к категории маломобильных групп населения (МГН) относятся люди, испытывающие затруднения при самостоятельном передвижении, получении услуги, необходимой информации или при ориентировании в пространстве – беременные женщины, люди с временным нарушением здоровья, инвалиды, граждане старшего возраста, сопровождающие ребенка в детской коляске и т.п. Таким образом, понятие «маломобильный» оказалось значительно шире понятия «инвалид», и привело к трансформации вопроса о доступности среды в вопрос обеспечения

безопасности указанных категорий граждан, ведь главное не войти в здание, а быстро и безопасно его покинуть в случае чрезвычайной ситуации.

Также следует правильно употреблять понятие «эвакуация» применительно к МГН. Неоднократно в отечественной литературе под понятием «эвакуация инвалидов» понимается перемещение МГН из здания с помощью специального персонала [5–7], что не соответствует термину «эвакуация», утвержденному в Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности. Эвакуацией может быть только процесс самостоятельного перемещения наружу или в безопасную зону, а перемещение с помощью окружающих людей или специального персонала по действующему пожарному нормированию может считаться только «спасением».

Эвакуация маломобильных групп населения осложнена по ряду объективных причин:

- низкая скорость движения человека;
- сложность восприятия сигналов систем оповещения;
- необходимость использования вспомогательных средств движения (трость, костыли, инвалидная коляска и т.п.);
- трудности в преодолении сложных участков путей эвакуации и преград (повороты, двери, лестничные марши, крутые пандусы, пороги и т.п.)

Осложняет эвакуацию маломобильных групп населения и тот факт, что большинство пенсионеров и неработающих инвалидов не проходят обучение мерам пожарной безопасности и о действиях по эвакуации при пожаре имеют представление из телевизионных передач, фильмов и книг и просто не знают о мероприятиях, предусмотренных проектными решениями для их спасения при пожаре [8, 9].

С учетом перечисленного была продумана возможность не покидать здание в случае чрезвычайной ситуации, а остаться в пределах пожаробезопасной зоны. Несмотря на отсутствие четкого определения понятия пожаробезопасной зоны, совокупность нормативных требований по ее организации определяла достаточно жесткий перечень мероприятий к ее обустройству как объемно-планировочному элементу здания. Это дало возможность маломобильным гражданам находиться в пожаробезопасной зоне до прибытия пожарных подразделений либо осуществлять эвакуацию более продолжительное время. Также было продумано сокращение воздействия на эвакуирующихся таких губительных опасных факторов пожара, как повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения и снижение видимости в дыму (согласно статистике более 60 % погибших на пожарах отравляются токсичными продуктами горения [10]). Нормативным документом, регламентирующим проектирование систем противодымной вентиляции, стал СП 7.13130.2009, введенный в действие 1 мая 2009 г. Дополнительно стоит отметить, что одновременно были принят целый ряд нормативных указаний значений параметров эвакуационных путей и выходов, которые учитывали, в том числе, и некоторые потребности маломобильных групп населения (СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы», введенный 1 мая 2009 г.) [11].

По мере практического применения СП 1.13130.2009 у профессионального сообщества проектных и строительных организаций стали накапливаться серьезные вопросы по эвакуации из общественных зданий [12, 13]. Застройщики начали все чаще обращаться за разъяснениями во Всероссийский институт противопожарной обороны МЧС России (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), однако полученные ответы касались каждого конкретного случая, носили консультативный характер и зачастую констатировали факт отсутствия требуемой информации в технических регламентах. Также становилось очевидно, что старый свод правил не освещал и вопросы эвакуации из общественных зданий такой узкой категории граждан, как маломобильные группы населения, и в результате серьезного анализа накопленных проблем ВНИИПО разработал новую редакцию СП 1.13130.2020, которая была утверждена и введена в действие 19 сентября 2020 г.

Новый документ стал значительно отличаться от первой редакции целым рядом уточнений, без которых ранее заходили в тупик и проектировщики, и строители, и даже эксперты строительной экспертизы:

- появились ключевые определения: «пожаробезопасная зона», «выход непосредственно наружу», «эксплуатируемое покрытие», «помещение с постоянным пребыванием людей», «тупиковый коридор»;
- позволено отклонение от геометрических параметров эвакуационных путей и выходов в пределах не более 5 %;
- тамбур-шлюзы (в том числе и двойные) на путях эвакуации перестали считаться отдельными помещениями;
- стало разрешено применять раздвижные двери на путях эвакуации (с учетом некоторых технических требований);
- установлены технические требования к аварийным выходам;
- выполнено уточнение требований к организации эвакуации из подвалов и цокольных этажей;
- введен расчет расстояния между эвакуационными выходами, объясняющий понятие их рассредоточенности;
- дана возможность выполнять ширину двери из бытовых и технических помещений 0,6 м;
- уточнены требования по открыванию створок двупольных дверей;
- впервые введено понятие устройств «Антипаника»;
- уточнены требования к оборудованию, выступающему из стен, на путях эвакуации;
- определена ширина лестниц 1,6 м для зданий с числом находящихся в них людей более 600 чел. на этаже (кроме первого этажа);
- расширены требования к наружным лестницам 3-го типа;
- разъяснена организация световых проемов в стенах лестничных клеток, позволено не выполнять световой проем в стене лестничной клетки на уровне первого этажа;
- определены требования к установке траволаторов и т.д.

Но самое главное – в СП 1.13130.2020 появился Раздел 9, посвященный пожарной безопасности маломобильных групп населения с определением групп мобильности М1–М4, а также введением таких новых понятий, как: «НМ – немобильные граждане», «НТ – нетранспортабельные люди» и «НО – люди с ограниченной степенью свободы, в том числе люди с психическими отклонениями», и требующий отныне определять для каждого объекта расчетное количество людей по группам мобильности [14].

Появились типы пожаробезопасных зон:

- Тип 1 – помещение, выделенное конструкциями с нормируемым пределом огнестойкости, с подпором воздуха непосредственно в помещение, либо в тамбур-шлюз при входе, либо отделенное воздушной зоной;
  - Тип 2 – зона на эксплуатируемой кровле, балконе, лоджии, веранде, галерее (иными словами, в неотапливаемом помещении или в уличных условиях), с обязательным условием ее незадымляемости;
  - Тип 3 – пожарный отсек/секция, имеющая самостоятельные эвакуационные пути, выделенные противопожарными преградами;
  - Тип 4 – лестничная клетка
- и технические требования к их организации [14].

Казалось бы, ответы на все вопросы получены, и проектирование общественных зданий отныне превращается в приятный процесс, имеющий больше общего с творчеством, нежели с решением системы линейных уравнений, однако на практике не все оказалось так просто.

Начать с того, что не для всех объектов возможен расчет людей по группам мобильности М2–М4. Таблица 21 СП 1.13130.2020 предписывает для объектов функционального назначения Ф4.3 определять количество МГН заданием на проектирование!

Таким образом, опять возникает неопределенность в решении вопроса эвакуации инвалидов и организации для них пожаробезопасных зон в зданиях бизнес-центров. Невозможно понять, сколько таких граждан могут присутствовать в здании, что им делать при пожаре, кто ответственен за их защиту. В данном контексте интересно звучит требование пункта 9.2.4 [14]: «Пожаробезопасные зоны следует предусматривать на всех этажах здания, куда обеспечивается доступ МГН группы М4, если их эвакуация не обеспечена иным способом (наличие пандуса, выход непосредственно наружу)». Абсолютно неясно, кто и каким образом решает, на какие этажи здания имеет доступ лицо из числа МГН группы инвалидности М4, и насколько данное ограничение согласуется с требованием п. 4.4 СП 59.13330.2016 обеспечить «для МГН условия использования в полном объеме помещений для безопасного осуществления необходимой деятельности» [15]. Представим ситуацию, когда человек был здоров и передвигался самостоятельно, ходил на работу в офис, а потом внезапно по какой-то причине перешел в группу мобильности М4, не потеряв при этом способность к труду. Как обеспечить эвакуацию гражданина с его рабочего места, если в здании бизнес-центра, где он работал, изначально по заданию на проектирование нахождение инвалидов не предусматривалось? Понятно, что в контексте данной ситуации человек просто потеряет работу. Таким же образом закрыта возможность трудоустройства гражданина из категории М4 в здание, где не предусмотрено пожаробезопасных зон (или зоны есть, но на дополнительное место они не рассчитаны). Работодатель просто откажет соискателю, понимая, что надзорные органы предъявят ему целый перечень неустрашимых претензий о несоблюдении пожарной безопасности и условий труда.

Второй серьезный пробел новой редакции СП 1.13130 заключается в том, что документ не дает инструкций, как определять количество людей групп мобильности «НМ», «НТ» и «НО» на объекте. Это касается медицинских организаций: лечебных учреждений со стационаром, медицинских центров, медико-реабилитационных и коррекционных учреждений, а также учреждений социального обслуживания населения: домов-интернатов для инвалидов. Не указано, в какую пожаробезопасную зону надлежит эвакуировать людей данных групп мобильности, ведь согласно пункту 9.2.6 [14] «Тип используемой пожаробезопасной зоны для зданий конкретной функциональной пожарной опасности не ограничивается, за исключением пожаробезопасных зон 4-го типа, использование которых допускается только в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.3». Каким образом будет гарантировано сохранение здоровья немобильного или нетранспортабельного человека, если застройщик решит организовать пожаробезопасную зону практически в уличных условиях (зона 2-го типа)?

С учетом изложенного становится понятно, что для защиты людей из вновь введенных категорий мобильности НМ, НТ и НО и обеспечения их эвакуации необходимо разрабатывать специальные технические условия для всех медицинских учреждений страны, где проводятся операции под наркозом, есть отделения реанимации или интенсивной терапии, а также для домов-интернатов, что влечет за собой колоссальную работу по корректировке объемно-планировочных и инженерно-технических систем зданий. Понятно, что обеспечить жизнедеятельность граждан указанных категорий мобильности можно только в зоне 1-го типа, а п. 9.2.2 СП 1.13130.2020 [14] однозначно требует, чтобы пожаробезопасные зоны 1-го типа были «выделены строительными конструкциями с пределами огнестойкости, соответствующими пределам внутренних стен лестничных клеток для зданий соответствующей степени огнестойкости» и «обеспечены подпором воздуха при пожаре». Также нельзя забывать, что пациенты из числа НМ и НТ нуждаются в подключении к медицинским аппаратам жизнеобеспечения и газоснабжения.

Организация пожаробезопасных зон с учетом требований действующей редакции СП 59.13330.2016 и нового СП 1.13130.2020 вообще не согласованы между собой, в частности, пункт 6.2.25 СП 59.13330.2016 [15] предписывает организовывать пожаробезопасные зоны одним из следующих способов:

- в отдельных помещениях с выходами непосредственно в незадымляемую лестничную клетку;
- на расстоянии не более 15 м от незадымляемых лестничных клеток, лифтов для инвалидов;
- в холлах лифтов для МГН, в холлах лифтов для транспортирования пожарных подразделений или на площадках лестничных клеток.

СП 59.13330.2016 вообще рассматривает пожаробезопасную зону исключительно как помещение, которое согласно пунктам 6.2.27 и 6.2.28 [15] должно быть отделено от других помещений противопожарными стенами 2-го типа или перегородками 1-го типа, перекрытиями 3-го типа, быть незадымляемым и оснащенным необходимыми приспособлениями для нахождения МГН, аварийным освещением и устройством двусторонней связи с диспетчерской. При этом согласно п. 9.2.1 СП 1.13130.2020 для любой группы мобильности допускается устройство пожаробезопасной зоны 2-го типа, фактически расположенной на открытом балконе, а для многоквартирных жилых домов – 4-го типа (на лестничной клетке). Однако размещение пожаробезопасной зоны на балконе нарушает требование п. 7.17е) СП 7.13130.2013 [16] по подогреву подаваемого в пожаробезопасную зону воздуха. А при размещении пожаробезопасной зоны в лестничной клетке вообще невозможно обеспечить эвакуацию, поскольку будет происходить задержка при выходе на лестничную клетку и размещение на лестничной площадке людей из числа МГН значительно затруднит процесс эвакуации остальных групп населения.

Интересной альтернативой эвакуации МГН в безопасную зону является перемещение из здания с помощью лифтов. Несмотря на теоретическую [17, 18] и техническую возможность [19], такой способ эвакуации противоречит ч. 3, 7 и 14 ст. 89 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности и не может рассматриваться как эвакуация МГН при пожаре.

В рамках концепции проблемы эвакуации маломобильных групп населения из общественных зданий для решения озвученных проблем необходимо следующее:

1. Устранение противоречий между СП 1.13130.2020 и СП 59.13330.2016 в части однозначной трактовки понятия «пожаробезопасной зоны для групп мобильности М2–М4» как обособленного помещения с заданными пределами огнестойкости ограждающих конструкций противопожарных преград и требованиями к обеспечению незадымляемости зоны.
2. Введение нормы расчета лиц из групп мобильности М2–М4 для проектируемых общественных зданий класса функциональной пожарной опасности Ф4.3 с указанием возможности их нахождения на любом этаже здания, который обслуживается лифтами.
3. Разработка требований пожарной безопасности, например в Правилах противопожарного режима в Российской Федерации, по организации эвакуации групп мобильности М2–М4 для существующих объектов капитального строительства.
4. Введение нормы расчета лиц из групп мобильности НМ, НТ и НО для медицинских организаций и домов-интернатов.
5. Разработка требований пожарной безопасности по организации эвакуации групп мобильности М2–М4, НМ, НТ и НО для существующих объектов капитального строительства.

### **Литература**

1. Конвенция о правах инвалидов: Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 13 дек. 2006 г. № 61/106 (без передачи в главные комитеты). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. СНИП 35-01–2001. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: docs2.kodeks.ru/document/456033921 (дата обращения: 08.12.2020).

3. Федеральная служба государственной статистики. URL://rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 14.12.2020).
4. СП 59.13330.2012. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01–2001. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. Эвакуация людей с ограниченными возможностями при пожаре и ЧС. Часть 1. Специфика условий // Системы безопасности. 2019. № 1. С. 114–116.
6. Эвакуация людей с ограниченными возможностями при пожаре и ЧС. Часть 2. Виды аварийно-спасательного оборудования // Системы безопасности. 2019. № 2. С. 110–111.
7. Дудоров В.Е. Эвакуация инвалидов при пожаре из лечебных учреждений // Наука среди нас. 2019. № 3 (19). С. 39–44.
8. Мельник О.Е., Сидоркин В.А., Чистяков А.А. Особенности и направления совершенствования противопожарной работы с маломобильными группами населения // Науч.-аналит. журн. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2020. № 3. С. 23–29.
9. Spence P.R., Lachlan K., Burke J.M., Seeger M.W. Media use and information needs of the disabled during a natural disaster // Journal of Health Care for the Poor and Underserved. 2007. № 18 (2). 394–404. doi:10.1353/hpu.2007.0047.
10. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
11. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
12. Семин А.А., Фомин А.М., Холщевников В.В. Проблема организации безопасной эвакуации пациентов лечебных учреждений при пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 7–8. С. 74–88. doi: 10.18322/PVB.2018.27.07-08.74-88.
13. Холщевников В.В. Терминология или идеология – препятствие безопасной эвакуации людей из высотных зданий при пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 1. С. 5–26. doi: 10.18322/PVB.2018.27.01.5-26.
14. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: docs-api.cntd.ru>document/565248961 (дата обращения: 08.12.2020).
15. СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01-2001 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: docs-api.cntd.ru>document/456033921 (дата обращения: 08.12.2020).
16. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: docs2.cntd.ru>document/1200098833 (дата обращения: 08.12.2020).
17. Красавин А.В., Карпов В.Л. Проблемы формирования нормативной базы высотного строительства в части обеспечения безопасной эвакуации при пожаре и техногенных авариях // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 11. С. 7–13. doi: 10.18322/PVB.2017.26.11.7-13.
18. Сметанникова А.П., Мухамеджанова Е.Я. Анализ некоторых аспектов процесса эвакуации людей из зданий повышенной этажности // Техносферная безопасность: материалы III межвуз. науч.-техн. конф. Омск, 2016. С. 255–257.
19. ГОСТ Р 55966–2014 (СЕН/ТС 81-76:2011). Лифты. Специальные требования безопасности к лифтам, используемым для эвакуации инвалидов и других маломобильных групп населения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200109887 (дата обращения: 08.12.2020).



УДК 614.842.833

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ФОРМИРОВАНИЯМИ В ВОЕННОЕ ВРЕМЯ В НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ И ОРГАНИЗАЦИИ ИХ ЗАЩИТЫ**

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

**А.В. Седнев.**

**Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет);  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук**

Показано, что в комплексе мероприятий по защите населения в военное время важное место отводится сохранности, постоянной готовности и живучести личного состава и техники пожарно-спасательных формирований, а это, в свою очередь, требует заблаговременного обоснования мероприятий их защиты.

*Ключевые слова:* пожарно-спасательные формирования, личный состав, техника, средства поражения, населенный пункт, военное время, защита

## **ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE ORGANIZATION PROTECTION OF THE POPULATION IN CASE OF CHEMICAL**

V.A. Sednev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Sednev. Moscow state technical university them. N.E. Bauman (national research university);  
Institute of machine science them. A.A. Blagonravov of the Russian academy of sciences

The article shows that in the complex of measures to protect the population in wartime, an important place is given to the safety, constant readiness and survivability of personnel and equipment of fire and rescue formations, and this, in turn, requires an advance justification of measures to protect them.

*Keywords:* fire and rescue units, personnel, equipment, means of destruction, locality, wartime, protection

Анализ войн и конфликтов показывает, что наиболее упорные действия ведутся за крупные населенные пункты или важные объекты экономики [1]. При этом под удары средств поражения попадают жилые зоны городов и объектов экономики.

Например, за годы Великой Отечественной войны среди населения от воздействия авиации противника санитарные потери составили 73 %, безвозвратные – 27 %. Причем 60 % из них были поражены осколками, 15 % – взрывной волной, 25 % – повреждений получены в завалах.

Во время военных действий переход городов из рук в руки – обычное дело. Пример – г. Керчь был захвачен немцами в ноябре 1941 г., освобожден в конце декабря, но в мае 1942 г. вновь потерян. Окончательно освободили город в 1944 г. Похожая судьба у городов Ростова-на-Дону, Харькова, Белгорода, Феодосии.

Поэтому должны планироваться действия по снижению потерь среди населения и ликвидации последствий применения противником средств поражения.

До 80-х гг. прошлого века ведение военных действий планировалось с применением ядерного оружия, что обусловило разработку материалов для прогнозирования последствий его воздействия. В настоящее время ядерное оружие переведено в разряд сдерживающего фактора, что обусловило [2] развитие обычных средств поражения.

В случае агрессии против Российской Федерации или непосредственной угрозы агрессии Президентом Российской Федерации на территории страны или в отдельных ее местностях вводится военное положение.

Агрессией признается применение вооруженной силы иностранным государством (группой государств) против суверенитета, политической независимости и территориальной целостности Российской Федерации или каким-либо иным образом, несовместимым с Уставом ООН.

В соответствии с принципами и нормами международного права актами агрессии против Российской Федерации признаются:

– вторжение или нападение вооруженных сил иностранного государства (группы государств) на территорию Российской Федерации, любая военная оккупация территории Российской Федерации, являющаяся результатом такого вторжения или нападения, либо любая аннексия территории Российской Федерации или ее части с применением вооруженной силы;

– бомбардировка вооруженными силами иностранного государства (группы государств) территории Российской Федерации или применение любого оружия иностранным государством (группой государств) против Российской Федерации;

– нападение вооруженных сил иностранного государства (группы государств) на Вооруженные Силы Российской Федерации или другие войска независимо от места их дислокации;

– засылка иностранным государством (группой государств) или от имени иностранного государства (государств) вооруженных банд, групп, иррегулярных сил или наемников, которые осуществляют акты применения вооруженной силы против Российской Федерации, равносильные актам агрессии и др.

Режим военного положения включает в себя комплекс экономических, политических, административных, военных и иных мер, направленных на создание условий для отражения или предотвращения агрессии против Российской Федерации.

На основании указов Президента Российской Федерации на территории, на которой введено военное положение, применяются следующие меры:

– введение особого режима работы объектов, обеспечивающих функционирование транспорта, коммуникаций и связи, объектов энергетики, а также объектов, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды;

– привлечение граждан к выполнению работ для нужд обороны, ликвидации последствий применения противником оружия, восстановлению поврежденных (разрушенных) объектов экономики, систем жизнеобеспечения и военных объектов, к участию в борьбе с пожарами и др.

Значительную роль в обеспечении готовности пожарно-спасательных формирований к выполнению своих задач играет защита их от средств поражения. В зависимости от характера оборудования местности в районах сосредоточения потери пожарно-спасательных формирований могут быть уменьшены в два–четыре раза по сравнению с потерями при расположении на необорудованной местности. Причем важная роль в обеспечении безопасности населения в военное время отводится пожарно-спасательным формированиям.

При проведении инженерно-спасательных работ в очагах поражения города, населенного пункта пожарно-спасательные формирования находятся в районах сосредоточения (исходных районах) в границах проектной застройки города, населенного пункта.

Эти районы должны отвечать определенным требованиям, основными из которых являются:

- обеспечение удобного размещения и длительного пребывания личного состава пожарно-спасательных формирований и его посменного отдыха с соблюдением санитарно-эпидемиологических условий;
- возможность быстрого выхода из района на планируемое направление для выполнения поставленных задач;
- обеспечение благоприятных условий для применения пожарно-спасательной техники.

Пожарно-спасательные формирования в городах и населенных пунктах могут получать прямое воздействие обычными средствами поражения в результате их применения по категорированным объектам, а также сами они могут являться объектами его воздействия. В целях повышения защиты пожарно-спасательных формирований в городах и населенных пунктах последние должны быть оборудованы в инженерном отношении.

Места расположения пожарно-спасательных формирований должны соответствовать замыслу на выполнение инженерных и пожарно-спасательных работ и способам действий подразделений при выполнении поставленных задач.

Абсолютную защиту объектов, где располагаются пожарно-спасательные формирования, от современных средств поражения обеспечить невозможно. Поэтому целью их защиты является максимальное снижение эффективности результатов воздействия средств поражения, сокращение своих потерь и выполнение поставленных задач. Это достигается комплексом мероприятий, к числу которых относятся:

- рассредоточение пожарно-спасательных формирований и их маневр;
- инженерное оборудование районов, где они размещаются;
- маскировка и использование защитных свойств местности.

Роль каждого из мероприятий меняется в зависимости от характера выполняемых задач и планировки городов и населенных пунктов.

При подготовке к выполнению поставленных задач наибольший вклад в обеспечение защиты пожарно-спасательных формирований вносит маскировка.

Рассредоточение подразделений исключает одновременное поражение одним боеприпасом средней мощности нескольких объектов.

Время нахождения пожарно-спасательных подразделений в одном и том же районе оказывает существенное влияние на вероятность их обнаружения и эффективность нанесения по ним ударов, хотя сами пожарно-спасательные формирования и не являются объектами поражения.

По мере увеличения времени нахождения в одном и том же районе для уменьшения потерь пожарно-спасательных формирований требуется более тщательная маскировка, большая степень рассредоточения. И наоборот, при незначительном времени пребывания необходимый эффект защиты может быть достигнут меньшей степенью рассредоточения пожарно-спасательных формирований в районе.

Степень поражения зависит также и от условий планировки города, населенного пункта. В пределах города имеется больше возможностей для использования зданий и инженерных сооружений для размещения пожарно-спасательных формирований, что уменьшает объем работ по их защите.

Защита пожарно-спасательных формирований должна осуществляться в такой последовательности, при которой на любой стадии ее осуществления обеспечивалась бы защита от средств поражения и успешное выполнение задач. Этому требованию должна отвечать последовательность приспособления зданий и сооружений для размещения техники пожарно-спасательных формирований.

При выполнении пожарно-спасательными формированиями задач необходимо обеспечить устойчивость управления, защиту личного состава и специальной техники, не имеющей брони, от средств поражения.

Организация защиты личного состава и техники пожарно-спасательных формирований в населенном пункте должна учитывать характеристики средств поражения.

При оценке пожарно-спасательных подразделений необходимо анализировать их состав, состояние, положение, готовность к выполнению задач, укомплектованность пожарной и специальной техникой.

Основным объектом оценки местности является город с его постройками, сооружениями, коммуникациями. Город изучается по плану, географическим описаниям, по документам городского хозяйства и в ходе рекогносцировки.

При оценке города и местности вокруг него выявляются:

- наиболее выгодные места для размещения пожарно-спасательных формирований в границах обслуживаемых ими районов;
- возможность использования местных строительных материалов и конструкций строительной индустрии в целях защиты личного состава и техники;
- характер планировки и тип застройки города, расположение ключевых городских сооружений и магистральных улиц.

Определяются защитные свойства сооружений, которые могут быть использованы для размещения личного состава и техники пожарно-спасательных формирований, их размеры, подходы к ним, условия освещения и вентиляции, требуемые силы и средства для дооборудования.

При принятии решения на размещение личного состава и техники пожарно-спасательных формирований основное внимание должно уделяться:

- обоснованию организации выполнения задач пожарно-спасательными формированиями;
- максимальному использованию элементов строительной индустрии;
- анализу последствий разрушения объектов инфраструктуры при воздействии современных средств поражения;
- прогнозированию пожарной обстановки.

При прогнозировании пожарной обстановки следует учитывать огнестойкость зданий, пожароопасность производственных мощностей, плотность застройки, степень разрушения зданий и сооружений воздушной ударной волной.

Чем выше плотность застройки, тем благоприятнее условия для распространения пожара [3, 4]. На основе принятого решения на размещение пожарно-спасательных формирований должны разрабатываться графики создания и обеспечения их защиты, в которых отражаются объемы подлежащих выполнению задач, привлекаемые силы и средства, сроки выполнения.

Оборона крупных городов организуется на дальних, ближних подступах и в самих городах. На дальних и ближних подступах к городу оборудуются внешние кольцевые оборонительные рубежи и позиции. Удаление первого внешнего кольцевого оборонительного рубежа от города может быть до 20 км, второго внешнего кольцевого оборонительного рубежа – 9–11 км [3].

Средние, малые города, крупные поселки, располагающиеся в системе внешних кольцевых оборонительных рубежей, оборудуются как отдельные узлы обороны. Для непосредственной обороны города создают узлы обороны, включающие несколько опорных пунктов, подготовленных к круговой обороне, что определяет силы и средства для тушения пожаров и защиты личного состава пожарно-спасательных формирований в населенном пункте.

В городах с радиальной планировкой создается несколько замкнутых полос (участков) обороны, эшелонированных в глубину. В городах с прямоугольной системой планировки

организуется поквартирная оборона. Каждая полоса кварталов между соседними магистральными улицами приспособляется к круговой обороне. Границы секторов намечают так, чтобы в каждый из секторов входило приблизительно равное количество магистральных улиц.

При заблаговременной организации защиты пожарно-спасательных формирований широкое применение могут найти элементы конструкций гражданского и промышленного строительства, а также местные материалы. Укрытия для защиты личного состава должны возводиться пожарно-спасательными формированиями с максимальным использованием зданий и сооружений, выделяя наиболее прочные, выгодно расположенные, здания.

Непосредственно в городе внутренние оборонительные рубежи создаются на всю его глубину. Количество позиций зависит от размеров города. В крупном городе в каждом секторе может быть оборудовано 6–7 позиций, в среднем и малом – 3–4 позиции. Для уменьшения влияния пожаров опорные пункты располагают так, чтобы промежутки между ними (магистраль, скверы и т.п.) служили пожарозащитными полосами.

В опорном пункте пожароопасные здания заблаговременно разрушаются. Для личного состава могут приспособляться подвалы близлежащих зданий.

В важных узлах обороны могут оборудоваться пункты управления, используя прочные подвалы зданий, тоннели метро и другие подземные сооружения.

Для защиты личного состава могут приспособляться подвальные помещения с железобетонными стенками толщиной 0,4–0,5 м, кирпичными стенками – 0,5–0,6 м, железобетонными плитами перекрытия – 0,2–0,25 м. Убежища устраиваются так, чтобы они после применения средств поражения не оказались под развалинами верхних этажей. Если подвальные помещения располагаются выше поверхности земли, то для повышения их защитных свойств может устраиваться обваловка из грунта до верхнего края подвала.

Если пролеты в полуподвале (подвале) превышают 2,0–2,5 м, то могут проводиться мероприятия по повышению несущей способности их перекрытий.

Для защиты личного состава пожарно-спасательных формирований могут быть также использованы защитные сооружения из монолитного или сборно-монолитного железобетона, хотя строительство их связано со значительными экономическими и временными затратами.

Таким образом, в комплексе мероприятий по созданию системы защиты населения и территорий в военное время важное место отводится обеспечению защиты личного состава и техники пожарно-спасательных формирований. Заблаговременное обоснование мероприятий их защиты имеет цель обеспечить сохранность, постоянную готовность и живучесть пожарно-спасательных формирований, их сил и средств в чрезвычайных ситуациях и в условиях войны.

### Литература

1. Седнев В.А., Кошечкина Е.И. Теоретические основы обоснования мероприятий по повышению устойчивости жилых зданий и зон к воздействию поражающих факторов в военное время: монография. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2018. 126 с.
2. Седнев В.А. Управление безопасностью экономики и территорий: учеб. 5-е изд., перераб. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2019. 299 с.
3. Инженерная защита населения: учеб. 5-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. В.А. Седнева [и др.]. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2019. 285 с.
4. Седнев В.А., Седнев А.В., Кошечкина Е.И. Историко-временной анализ обстановки и характера возможных военных конфликтов на границах Российской Федерации // Военная безопасность России: взгляд в будущее: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. науч. отделения № 10 Рос. акад. ракетных и артиллерийских наук. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. Т. 2. С. 347–354.

УДК 331.4:614.8

## **ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРИМЕРЕ ФАНЕРНОГО КОМБИНАТА**

**Е.А. Шаповалова, кандидат технических наук, доцент;**

**С.В. Бочарова.**

**Тюменский индустриальный университет**

Рассмотрены основные этапы внедрения системы управления профессиональными рисками на предприятии ООО «Тюменский фанерный завод». Разработана собственная методика оценки профессионального риска с учетом специфики отрасли, включающая в себя восемь пошаговых этапов. Проведена оценка рисков на рабочем месте по новой методике и даны рекомендации для снижения и устранения недопустимых рисков. По данной методике было разработано более 50 карт идентификации опасностей рабочих мест.

*Ключевые слова:* оценка и управление профессиональными рисками, система управления охраной труда, профессиональный риск

## **IMPLEMENTATION OF A RISK MANAGEMENT SYSTEM IN THE FIELD OF LABOR PROTECTION ON THE EXAMPLE OF A PLYWOOD PLANT**

E.A. Shapovalova; S.V. Bocharova. Tyumen industrial university

The main stages of the implementation of a professional risk management system at the enterprise LLC «Tyumen Plywood Plant» are considered. We have developed our own methodology for assessing professional risk taking into account the specifics of the industry, which includes eight step-by-step steps. A risk assessment at the workplace has been carried out according to the new methodology and recommendations have been made to reduce and eliminate risk tolerance. Using this technique, more than 50 hazard identification cards for workplaces have been developed.

*Keywords:* assessment and management of occupational risks, occupational safety management system, occupational risk

На сегодняшний день одной из процедур, обязательной к внедрению в область охраны труда, является процедура управления профессиональными рисками. Процесс должен быть построен на социальной ответственности работодателя, но зачастую не все предприятия пользуются данными процедурами. Оценка и управление профессиональными рисками практически единственный процесс, который настроен на предупреждение, профилактику несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Государственная инспекция труда уже начала проводить проверки по внедрению оценки и управлению профессиональными рисками в организациях, но данная процедура проводится не для галочки, не для инспектора, а, прежде всего, для работников предприятий.

Деревообрабатывающая отрасль в России относится к травмоопасным производствам. Высокий уровень индивидуального риска ( $6,4 \cdot 10^{-2}$  чел./год) свидетельствует о недостаточности принимаемых мер для обеспечения безопасности.

Цель работы – внедрение эффективного метода оценки и управления рисками в область охраны труда фанерного комбината, разработка пошаговых этапов для достижения положительного результата, предложение мероприятий для повышения условий труда на рабочих местах. В ходе анализа были определены вредные и опасные производственные

факторы. Работа была проведена на основании анализа статистики травматизма на фанерных комбинатах.

До 2014 г. степень профессионального риска в России оценивалась процедурой аттестации рабочих мест. После ее сменила специальная оценка условий труда (СОУТ). Однако до сих пор работодатели продолжают путать процедуру СОУТ с оценкой профессиональных рисков. В первую очередь необходимо разобраться, в чем же отличие между двумя схожими мероприятиями по охране труда.

Оценка профессиональных рисков – это система мероприятий, которая включает в себя СОУТ, рассмотрение рисков травмирования, защищенность работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ) и оценку индивидуальных профессиональных рисков работников.

СОУТ проводят проверку рабочего места, делая замеры конкретных вредных и опасных факторов с составлением вывода на основе этих показателей. При оценке профрисков рассматривается вся деятельность работника с точки зрения опасности, которая может привести к несчастному случаю или инциденту с разработкой мероприятий, улучшающих условия труда [1].

Существует множество методик оценки рисков в области производственной безопасности. Некоторые организации разрабатывают собственные методики.

Но все они нацелены на то, чтобы определить, насколько тяжелые последствия могут наступить от опасности и насколько вероятно то, что опасность реализуется в эти последствия.

Компании не получают желаемый результат от внедрения, так как:

– для разработки оценки и управления рисками требуется пройти через множество этапов. Во многих организациях, пытаясь сэкономить время, совершая ошибку, берутся за разработку методики, составление реестра опасностей и даже за саму оценку, упуская множество важных этапов;

– очень важно участвовать при разработке оценки рисков не только работникам службы охраны труда, а также с привлечением всех работников предприятия.

Основными этапами любого процесса в области производственной безопасности является:

1. Анализ существующей ситуации.

2. Работа, направленная на улучшение существующей ситуации – снижение рисков.

Без анализа существующей ситуации никак не провести оценку рисков. Работа, направленная на улучшение ситуации, относится к управлению рисками. В совокупности данные процессы являются основой работы в сфере производственной безопасности.

Опасность – это источник, ситуация или действие, которые потенциально могут привести к травме, к ухудшению здоровья или сочетание перечисленного.

Технологический процесс изготовления фанеры сопровождается воздействием на работающих целого ряда опасных и вредных производственных факторов, таких как: древесная пыль; фенол, выделяющийся из древесины при термообработке; фенолформальдегидная смола, используемая для изготовления клея; заусенцы на поверхности материалов (занозы); падающие и отлетающие предметы (куски шпона); повышенная температура воздуха; шум производственного оборудования; вибрация на площадках; движущиеся и вращающиеся механизмы, подвижные не огражденные части производственного оборудования (части конвейеров); риск падения с лестничных маршей; выступающие части оборудования; острые поверхности; внутрицеховой транспорт (автопогрузчики); возможность поражения электрическим током [2].

Анализ статистики травматизма на фанерных комбинатах по видам происшествий (рис. 1) позволяет выделить наиболее распространенные опасные производственные факторы.

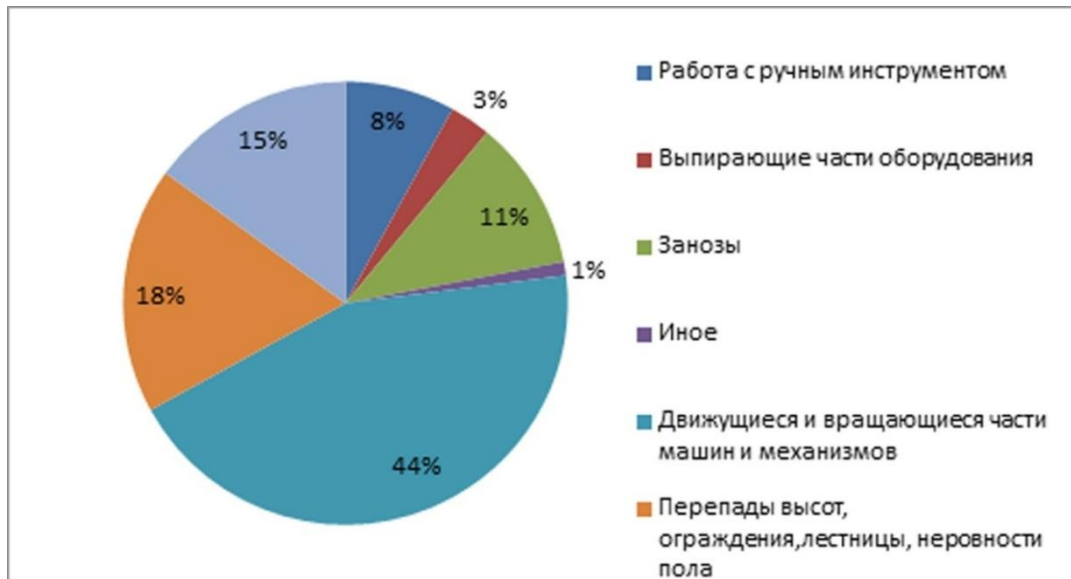


Рис. 1. Статистика несчастных случаев по видам происшествий

Анализ причин происшествий (рис. 2) позволяет сделать вывод, что более 50 % всех происшествий связаны с причинами организационного характера, то есть с недостатками организации работ, обучения и контроля. Данные результаты подтверждают необходимость внедрения и использования процедуры управления профессиональными рисками, так как она позволит управлять не только опасными условиями, но и опасными действиями персонала.



Рис. 2. Распределение несчастных случаев по причинам происшествий

При проведении оценки рисков важно понимать не отсутствие этих опасностей, а их присутствия и понимания вероятности того, что они могут стать причиной травм или профессиональных заболеваний.



Оценка рисков – это и есть процесс определения величины потенциальной опасности.

Каждый день человек проводит оценку рисков, даже не задумываясь об этом. Все это происходит у нас в голове очень быстро, практически автоматически. От результатов оценки рисков зависит наше решение, а от него и наше здоровье и жизнь.

Для того чтобы эффективно и правильно провести оценку рисков и управлять ими, необходимо пройти данные этапы (рис. 3):

Первый этап – это область оценки рисков, которая определяется целью ее проведения. Областью оценки может быть: предприятие в целом, подразделение, рабочая зона, единица оборудования или участок работы, отдельный процесс, отдельная операция, отдельная ситуация.



Рис. 3. Этапы оценки рисков и управления рисками

Второй этап оценки рисков и управления рисками – идентификация опасностей. От качества проведения которого определяется качество всей дальнейшей работы.

Очевидно, что если какая-либо из опасностей не будет определена, то мы не сможем оценить связанные с ней риски и судить об их величине (являются ли они допустимыми или нет), а также не будут определены меры по снижению рисков этой опасности, реализующихся в несчастный случай или профессиональное заболевание.

Основные правила, которые помогут избежать ошибок при идентификации опасностей:

1) Формировать группы, проводящие идентификацию опасностей из работников разных функций, имеющих отношение к работе на данном участке, например:

- эксперт, хорошо знающий методику проведения идентификации опасностей и оценки рисков;

- оператор, работающий на этом участке (хорошо знает производственные операции);

- технолог (хорошо знает опасности, в целом связанные с технологическим процессом, применяемым сырьем и т.п.);

- специалист службы технического обслуживания (хорошо знает операции технического обслуживания и ремонта).

2) Разбивать рассматриваемую область оценки рисков на максимальное количество более мелких составляющих. В итоге должны прийти к анализу отдельных действий.

Не стремиться избавиться от обширных перечней действий. Лучше проверить и убедиться, что риски при этом действии низкие, чем упустить из вида действия с действительно высокими рисками, хотя на первый взгляд они могут быть неочевидными.

3) Проводить идентификацию опасностей непосредственно на месте. Незначительные различия даже для двух аналогичных участков могут стать причиной появления новых серьезных опасностей.

Третий этап – оценка рисков.

Для того чтобы получать результаты при проведении оценки рисков на рабочих местах, необходимо применять единый подход, единую методику, основанную на ясных показателях.

В настоящее время разработано несколько методик оценки профессионального риска. Необходимо, чтобы данная методика учитывала особенности производственных объектов и процессов. Для фанерного комбината был подобран матричный метод оценки профессиональных рисков. Плюсами данного метода являются: простота и эффективность. Применение матричного метода позволит получить подробное представление об опасных и вредных производственных факторах и последствиях, возможных в будущем [3–5].

Величина риска определяется совокупностью присущих для каждой опасности комбинаций:

- серьезности потенциального вреда для здоровья;
- вероятности того, что вред здоровью будет причинен;
- частоты проявления опасной ситуации.

Основные правила, которых нужно придерживаться при проведении оценки рисков [6]:

1. Определите опасности для всех аспектов (нормальной работы, обслуживание, неисправности).

2. Придерживайтесь установленных критериев оценки.

3. Будьте систематичными. Последовательно рассматривайте процессы и операции – это поможет не пропустить какие-то значимые опасности.

4. Прибегайте к инструкциям заводов-изготовителей оборудования, сообщениях о несчастных случаях или потенциально опасных происшествиях.

5. Моделируйте возможные ситуации, при необходимости – проверяйте на практике, убедившись, что это безопасно.

6. Делайте разные комментарии, если они необходимы. Комментарии могут являться ценным источником информации при проведении, пересмотре оценки рисков или реализации мер управления рисками.

Четвертый этап – приоритизация рисков, который, позволяя иметь перечень рассчитанных рисков, определяет, какие риски следует снижать в первую очередь.

Риски, которые попали в критерий недопустимых рисков, следует снижать в первую очередь.

Пятый этап – определение мер управления рисками, деятельность, направленная на снижение рисков или обеспечения контроля над рисками.

Существует несколько мер управления рисками:

1) снижение риска – снижение потенциальной тяжести воздействия, частоты или вероятности реализации опасности;

2) замена опасности – оборудование или рабочий процесс, модифицированный таким образом, что риск стал ниже, чем это было первоначально;

3) устранение опасности – сама опасность, а значит и присущие ей риски больше не существуют.

Шестой этап – реализация мер управления рисками.

Определенные мероприятия по управлению рисками должны быть документированы (планирование, бюджет, ответственный, срок) с целью контроля их выполнения и реализации мер по снижению риска.

Запланированные мероприятия должны быть реализованы в назначенные сроки.

Эффективность мероприятий по управлению рисками должна быть предварительно спрогнозирована (с целью оценки достаточности запланированных мер) при их разработке и проверена (с целью убедиться в достижении запланированного результата) после их реализации.

Седьмой этап – Эффективность меры управления рисками – величина снижения начального риска после реализации данной меры управления риском.

Для того чтобы определить эффективность меры управления рисками, необходимо произвести повторную оценку риска данного процесса/операции с учетом реализации рассматриваемой меры и сопоставить полученный рейтинг риска с первоначальным рейтингом риска (без учета реализации данной меры).

Для каких целей важно оценивать эффективность мер управления рисками:

- позволяет дать прогнозную оценку изменения риска еще на стадии планирования мероприятий по управлению рисками;
- позволяет из нескольких вариантов мер управления рисками выбрать тот, реализация которого даст максимальный эффект снижения риска;
- позволяет после реализации мер управления рисками проверить, достигнут ли ожидаемый результат снижения рисков.

Последний этап – Пересмотр/проверка оценки рисков.

Пересмотр и проверка адекватности оценки рисков необходимы в случаях:

- плановые проверки – ежегодно;
- новые производственные процессы или любые изменения производственных процессов;
- несчастные случаи и потенциально опасные ситуации;
- сообщения о несчастных случаях.

В настоящее время отсутствует общий подход к оценке профессиональных рисков [7]. Это подтверждает необходимость внедрения и использования процедуры оценки и управления профессиональными рисками. Она позволит управлять не только опасными условиями, но и опасными действиями персонала. Разработанные пошаговые этапы помогут тщательней провести оценку рисков и управлять ими. Полученные результаты имеют практическое значение и могут быть использованы для совершенствования системы оценки рисков для всех фанерных комбинатов.

## Литература

1. Р 2.2.1766–03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки (утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 24 июня 2003 г., введ. в действие 1 нояб. 2003 г.). М.: НИИ медицины труда РАМН, 2003. 18 с.
2. Байдаков В.А., Егоренкова С.В. Современная охрана труда на деревообрабатывающих производствах // Наука и образование сегодня. 2017. № 1. С. 9–11.
3. Левашов С.П., Манило И.И. Мониторинг и анализ профессиональных рисков в России и за рубежом: монография. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. 345 с.
4. Политика в области охраны здоровья и безопасности труда Группы «СВЕЗА». Документ № ПЛ-ОТБ-0-001-04 от 15 июля 2016 г.
5. ГОСТ 12.0.230.5–2018. ССБТ. СУОТ. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ (изд. официальное, утв. и введ. в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 сент. 2018 г. № 578-ст; введен впервые: дата введения: 1 янв. 2019 г., разработан ООО «Экожилсервис»). М.: Стандартинформ, 2019. 18 с.

6. Фомин А.И., Седельников Г.Е., Макарова Е.В. Новые подходы к созданию системы выявления и управления профессиональными рисками // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2009. № 2. С. 80–85.

7. Шаповалова Е.А., Бочарова С.В. Внедрение оценки и управления профессиональными рисками в систему управления охраной труда организаций // Физико-математические и технические науки как постиндустриальный фундамент развития информационного общества: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. Стерлитамак: АМИ, 2020. С. 15–17.

УДК 504.05

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАСШТАБОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕСТНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ В СЛУЧАЕ АВАРИЙ**

**О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;  
С.А. Нефедьев, доктор военных наук, профессор;  
М.В. Сильников, доктор технических наук, профессор.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Анализируются возможные сценарии аварий на железнодорожном транспорте, перевозящем нефтепродукты, и предлагаются пути совершенствования методики прогнозирования масштабов загрязнения местности нефтепродуктами при разгерметизации железнодорожных цистерн на участках аварийного торможения.

*Ключевые слова:* нефтепродукты, площадь пролива нефтепродукта, интенсивность испарения нефтепродукта, коэффициент разлива

## **WAYS TO IMPROVE THE METHOD FOR FORECASTING THE SCOPE OF POLLUTION POLLUTION BY OIL PRODUCTS DURING TRANSPORT BY RAIL IN THE EVENT OF ACCIDENTS**

O.N. Savchuk; S.A. Nefed'ev; M.V. Silnikov.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Analyzes the possible scenarios of accidents in the railway transporting oil products, and suggests ways to improve the methodology for predicting the extent of contamination of the area with oil products during depressurization of railway tanks in emergency braking areas.

*Keywords:* oil products, oil product strait area, oil product evaporation rate, spill coefficient

В настоящее время с учетом роста численности транспортных средств и потребностей в энергетических ресурсах объектов промышленности, сельского хозяйства и систем коммунального обеспечения крупных городов увеличивается потребление нефти и продуктов ее переработки. Значительный объем перевозок нефти и продуктов ее переработки, составляющий до 30 % всего грузооборота железнодорожного транспорта, составляют нефтепродукты (нефть, мазут, бензин, дизельное топливо, сжиженный углеводородный газ). Следует отметить, что, несмотря на снижение поставок нефтепродуктов внутри страны и на экспорт в настоящее время, вызванное пандемией коронавируса и кризисом мировой

экономики, все же следует ожидать роста поставок нефтепродуктов железнодорожным транспортом вследствие нарастания деловой активности по восстановлению и дальнейшему развитию экономики нашей страны и зарубежных стран. Примером этому может служить Китай, который в настоящее время вновь увеличил закупки нефти после успешной борьбы по ликвидации последствий пандемии.

Транспортировка нефтепродуктов одним железнодорожным составом может составить до 4 000 т (около 40–60 вагонов-цистерн) и осуществляется специальными вагонами-цистернами, технические характеристики которых представлены в табл. 1 [1].

Таким образом, одним из преимуществ перевозки нефтепродуктов железнодорожным транспортом является возможность транспортировки довольно значительных объемов нефтепродуктов (табл. 1). В тоже время согласно статистическим данным Межведомственной комиссии по экологической безопасности Российской Федерации до 40 % аварий на железнодорожном транспорте приходится на аварии с разливом нефтепродуктов.

Интенсивность аварий при перевозке опасных грузов составляет  $3,8 \cdot 10^{-7}$  на один вагон [2–4]. Такие аварии могут привести к масштабным загрязнениям территории, водоемов, поражениям людей, животных поражающими факторами пожара и взрыва.

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

Модель	Назначение	Грузо-подъемность, т	Объем котла, м <sup>3</sup>
15-869	бензин, светлые нефтепродукты	62	88,6
15-1427	бензин	60	73,1
15-1566	для вязких нефтепродуктов	63,5	73,17
15-011	нефтепродукты	60	73,7
15-011-01	нефтепродукты	66	72,38
15-145	нефтепродукты светлые	66,8	91,8
15-031-02	нефтепродукты	66	73,38
15-871	нефтепродукты	120	140
15-880	нефтепродукты	125	159

Основные причины таких аварий на железнодорожном транспорте:

- сход с рельсов в результате ошибок диспетчера, приводящих к столкновению с другим составом;
- сход с рельсов в результате неисправности путей, обрушения мостов;
- пожары, взрывы при разгерметизации железнодорожных цистерн с нефтепродуктами;
- наезд железнодорожных составов с нефтепродуктами на транспорт на железнодорожных переездах;
- воздействие погодных и стихийных бедствий;
- возможные террористические акты с пробоем или подрывом железнодорожных цистерн с нефтепродуктами как в ходе транспортировки, так и на стоянке.

В случае таких аварий на железнодорожном транспорте при разливе нефтепродуктов вследствие разгерметизации цистерн в основном происходит масштабное загрязнение почвы за счет проникновения вглубь подстилающей поверхности значительного количества нефтепродуктов, приводящих к нарушению экосистем.

Примером масштабной экологической чрезвычайной ситуации (ЧС) федерального значения является авария с разгерметизацией резервуара с дизельным топливом на ТЭЦ-3 г. Норильска 29 мая 2020 г. Произошел пролив 21 тыс. т дизельного топлива в почву и две реки, площадь разлива достигла 180 тыс. м<sup>2</sup>, ущерб составил около 10 млрд руб.

Наиболее значительные аварии на железнодорожном транспорте с проливом нефтепродуктов, произошедшие в России с 2003 по 2013 г., представлены в табл. 2.

Так, например, в течение месяца проводились работы по ликвидации разлива аварии 13 августа 2003 г. железнодорожного состава с бензином в районе г. Свердловска. Проверка загрязненности пролива через месяц на месте аварии зафиксировала загрязнение почвы свыше 200 ПДК.

Таблица 2. Аварии на железнодорожном транспорте с проливом нефтепродуктов, произошедшие в России с 2003–2013 гг.

Дата аварии	Район аварии	Причина аварии	Последствия аварии
13 августа 2003 г.	40 км от г. Свердловска	Сход с рельсов	Пролив из 21 цистерны с бензином, горение, взрыв
15 июня 2005 г.	Тверская обл.	Сход с рельсов	Пролив из 26 вагонов с мазутом 780 т
8 ноября 2010 г.	Перегон «Смоленск-Сортировочная – Смоленск-Центр»	Сход с рельсов	Пролив 180 т дизельного топлива
15 сентября 2011 г.	г. Уссурийск	Сход с рельсов	Пролив 180 т бензина
9 мая 2013 г.	г. Белая Калитва	Технические причины	Пролив из 7 цистерн с бензином, детонация одной цистерны с сжиженным газом

При анализе экологической безопасности транспортной инфраструктуры перевозки нефтепродуктов железнодорожным транспортом установлено, что наибольшую опасность представляет подвижный состав, так как на терминалах загрузки и разгрузки предусмотрены меры безопасности по утечке нефтепродуктов и оборудованы их аварийные сливы, что приводит к сравнительно незначительным количествам пролива нефтепродуктов.

Поэтому целесообразно оценку экологического риска с проливом нефтепродуктов, перевозимых железнодорожным транспортом, проводить по следующим возможным сценариям аварий (разрушений):

- частичная или полная разгерметизация цистерны (цистерн) в стационарном положении;
- сход с рельсов железнодорожного состава с полной разгерметизацией цистерн с нефтепродуктами;
- частичная разгерметизация железнодорожных цистерн с нефтепродуктами в ходе транспортировки;
- сход с рельсов железнодорожного состава с нефтепродуктами в ходе транспортировки с последующим взрывом и пожаром;
- частичная разгерметизация железнодорожных цистерн с нефтепродуктами в ходе транспортировки с последующим взрывом и пожаром.

Основой оценки экологического риска с проливом нефтепродуктов, перевозимых железнодорожным транспортом, является определение площади участков загрязнения местности (акватории).

В методике прогнозирования разливов нефтепродуктов при железнодорожных авариях, изложенной в руководящих документах [5–7] и работах [8–14], предусматривают определение площади участков загрязнения местности (акватории) для случаев аварий с разгерметизацией одной или большинства цистерн с проливом всего или частично содержимого в них как в стационарном состоянии, так и в районе схода с рельс, при этом не учитывают площади загрязнения при частичной разгерметизации цистерн на участках аварийного торможения без схода состава с рельс.

Кроме того, при определении участков загрязнения нефтепродуктами по существующим методикам необоснованно принимают допущение высоты разлива  $h=0,05$  м, а коэффициент фильтрации нефтепродуктов равным  $K_{\phi}=0,8$  без учета характера подстилающей поверхности.

В случаях частичной разгерметизации цистерн в условиях осуществления террористических актов с частичным разрушением цистерны (нескольких цистерн) в движении без их схода с рельсов может пролиться сравнительно большое количество нефтепродуктов на участке аварийного торможения состава до его остановки. Так, при скорости аварийного торможения железнодорожного состава 70 км/ч участок аварийного торможения может составить свыше 900 м (табл. 3). Расчеты показывают, что количество пролитого нефтепродукта на участке аварийного торможения в основном будет зависеть от величины площади разгерметизации (пробоины), ее расположения по высоте цистерны, технических параметров размеров цистерны и количества содержимого [15].

Таблица 3. Значения площади пролива бензина АИ-95 из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т на отдельных участках аварийного торможения при начальной скорости торможения грузового состава 70 км/ч, пробоина в днище, размерами 0,04 м<sup>2</sup>

Масса пролитого бензина, т	Участки пройденного пути торможения до остановки, м	Объем пролитого бензина, дм <sup>3</sup>	Площадь пролива, м <sup>2</sup> при $f_{пр}$ разлиии (1л – 0,15 м <sup>2</sup> )	Площадь пролива, м <sup>2</sup> при $f_{пр}$ разлиии (1л – 0,31 м <sup>2</sup> )
9,095	541,33	12127	1820	3759,37
2,056	659,35	2741,33	411,2	849,81
1,896	752,272	2528	379,2	783,68
1,727	822,118	2302,67	345,4	713,83
1,546	871,119	2061,33	309,2	639,01
1,348	901,834	1797,33	269,6	557,17
1,126	917,313	1501,33	225,2	465,41

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

Целесообразно при определении площади загрязнения нефтепродуктами подстилающей поверхности на участках аварийного торможения, которая рассчитывается по количеству массы пролитого нефтепродукта в зависимости от величины площади разгерметизации (размера пробоины) и ее расположения по высоте цистерны, воспользоваться методикой прогнозирования пролива аварийно химически опасных веществ (АХОВ) [15, 16] по формуле:

$$m_{г} = \int_0^{t_{уст.м}} G(t) dt = \left( G_0 t_{уст.м} - \frac{\rho_{ж} g \mu^2 S_{омс}^2}{2S_{ем}} \cdot t_{уст.м}^2 \right), \quad (1)$$

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

$$t_{уст.м} = t_{морм} = t_n + \sum_{i=1}^n \frac{V_H - V_K}{3,6 \cdot \varepsilon_i}, \quad (2)$$

где  $t_{уст.м} = t_{морм}$  – время истечения нефтепродукта от момента разгерметизации резервуара до остановки поврежденного транспорта, с;  $t_n$  – время подготовки тормозов, определяемое согласно табл. 1 [17] с учетом поправки, определяемой величиной и знаком уклона, а также

величиной тормозной силы;  $V_n, V_k$  – начальная и конечная скорость поезда в принятом расчетном интервале скоростей;  $\varepsilon_i = \frac{V_n^2 - V_k^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot \Delta L_0}$  – величина среднего замедления для

грузового поезда в процессе остановочного торможения на  $i$ -м интервале действительного участка тормозного пути  $L_0$  [17];  $G_0$  – массовый расход в начальный момент времени, кг/с, определяемый по формуле:

$$G_0 = \mu \rho_{ж} S_{отв} \sqrt{2g(h_0 - h_{отв})}, \quad (3)$$

где  $\mu$  – коэффициент истечения, принимаемый равным 0,6–0,8;  $S_{отв}$  – площадь отверстия,  $m^2$ ;  $h_0$  – начальная высота столба жидкости в емкости, м;  $h_{отв}$  – высота расположения отверстия, м;  $S_{ем}$  – площадь сечения емкости,  $m^2$ ;  $g = 9,81 m/c^2$ .

Согласно [18, 19] площадь пролива нефтепродуктов определяется по формуле:

$$S_{пр} = f_{пр} * V_{ж}, \quad (4)$$

где  $f_{пр}$  – коэффициент разлития,  $m^{-1}$ ;  $V_{ж}$  – объем жидкости нефтепродукта,  $m^3$ .

Согласно формулам (1–3) рассчитаем количество пролитого бензина [20], а в соответствии с [18, 19]  $f_{пр} = 150 m^{-1}$  по формуле (4) – значения площади пролива при разгерметизации цистерны с бензином грузоподъемностью 60 т на отдельных участках аварийного торможения при начальной скорости торможения грузового состава 70 км/ч, пробоина в днище, размерами 0,04  $m^2$ , рассчитанные согласно формуле (4), которые представлены в табл. 3.

Однако как показали экспериментальные исследования [21], в действительности  $f_{пр} = 310 m^{-1}$  на подготовленное грунтовое покрытие, которое более чем вдвое при расчете, дает превышение значений площади пролива относительно расчетной  $f_{пр} = 150 m^{-1}$  (табл. 3, рис. 1).

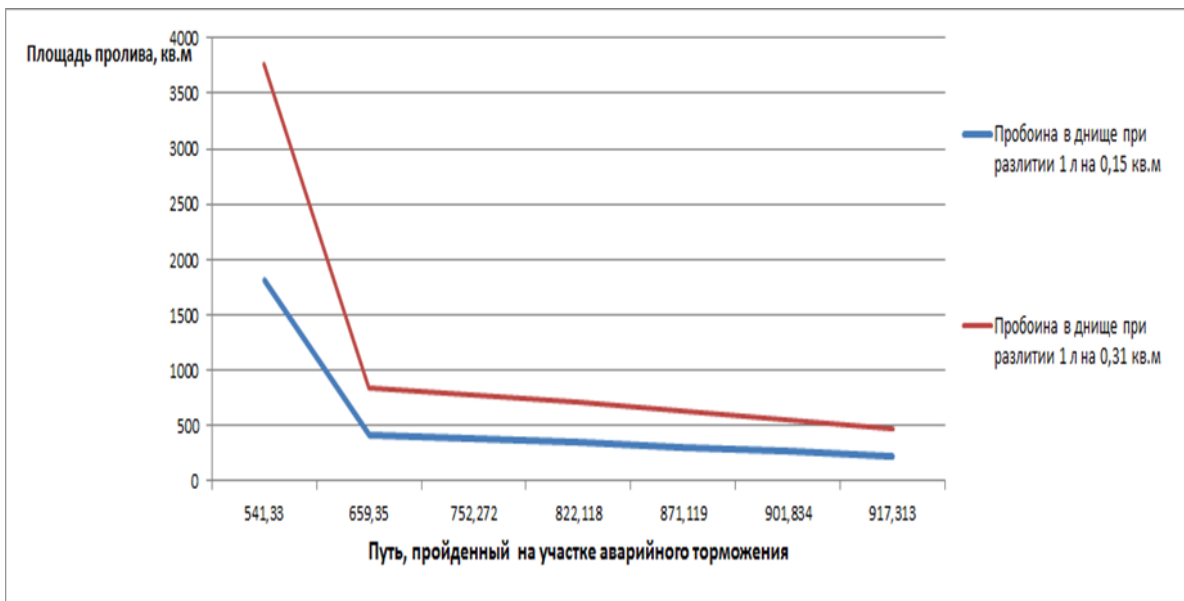


Рис. 1. График зависимости площади пролива бензина АИ-95 из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т на отдельных участках аварийного торможения



В связи с этим ширина пролива на участках аварийного торможения, как показывают расчеты (табл. 4), будет разрастаться по мере замедления и приближения к месту аварийной остановки (рис. 2), что следует учитывать при оценке экологического риска при загрязнении нефтепродуктами на участке аварийного торможения.

Таблица 4. Значения ширины пролива и времени испарения бензина АИ-95 из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т на отдельных участках аварийного торможения при начальной скорости торможения грузового состава 70 км/ч, пробоина в днище, размерами 0,04 м<sup>2</sup>

Масса пролитого бензина, т	Пройденный путь торможения до остановки, м	Ширина пролива, м <sup>2</sup> при f <sub>пр</sub> разлиции (1 л – 0,15 м <sup>2</sup> )	Время испарения, мин при f <sub>пр</sub> разлиции (1 л – 0,15 м <sup>2</sup> )*	Ширина пролива, м <sup>2</sup> при f <sub>пр</sub> разлиции (1 л – 0,31 м <sup>2</sup> )	Время испарения, мин при f <sub>пр</sub> разлиции (1 л – 0,31 м <sup>2</sup> )*
9,095	541,33	3,36	25,5	6,94	12,35
2,056	659,35	3,48	25,5	7,2	12,35
1,896	752,272	4,08	25,5	8,43	12,35
1,727	822,118	4,94	25,5	10,22	12,35
1,546	871,119	6,31	25,5	13,04	12,35
1,348	901,834	8,78	25,5	18,14	12,35
1,126	917,313	14,55	25,5	30,07	12,35

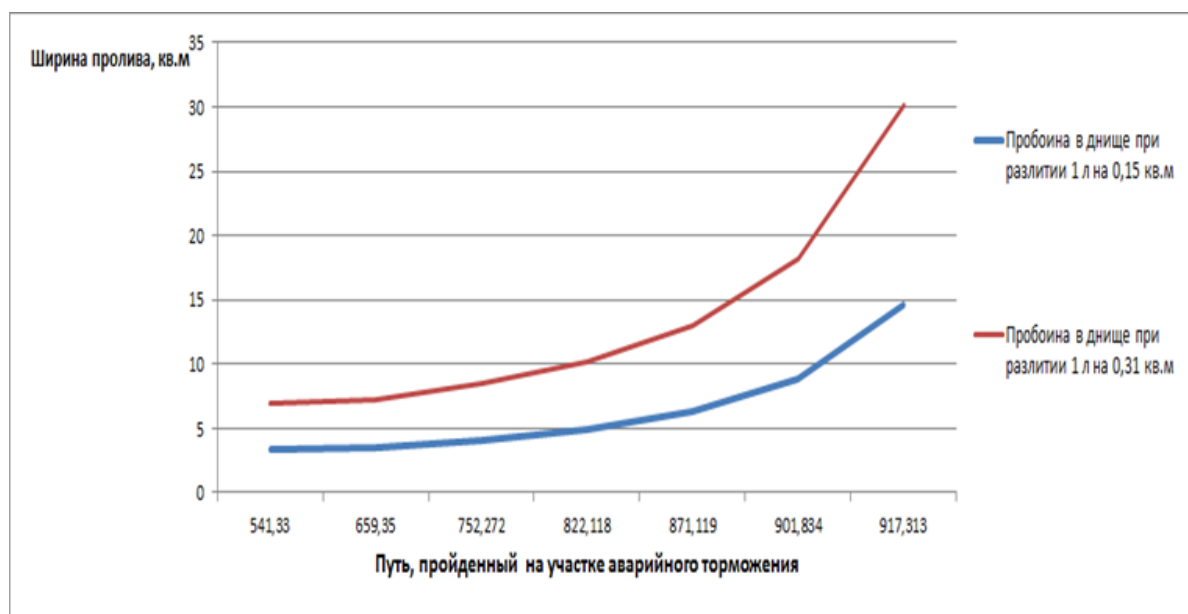


Рис. 2. График зависимости ширины пролива бензина АИ-95 из цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т на отдельных участках аварийного торможения

Одним из важных параметров последствий аварий с проливом нефтепродуктов является оценка потенциального риска пожароопасности по времени испарения, которую можно определить согласно [20, 22] по формуле:

$$T_{\text{исп}} = Q / (W * S_{\text{пр}}), \quad (5)$$

где  $Q$  – масса пролитого нефтепродукта, кг;  $W$  – интенсивность испарения нефтепродукта, кг/м<sup>2</sup> \* с;  $S_{\text{пр}}$  – площадь пролива нефтепродукта, м<sup>2</sup>.

Интенсивность испарения нефтепродуктов определяется согласно [20, 22] по формуле:

$$W = 10^{-6} * \beta * M_{\text{м}}^{0,5} * P_{\text{н}}, \quad (6)$$

где  $\beta$  – коэффициент зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;  $M_m$  – молярная масса, кг/кмоль;  $P_n$  – давление насыщенных паров, кПа.

Расчеты по времени полного испарения бензина АИ-95 при разгерметизации цистерны (модель 15-1427) грузоподъемностью 60 т на отдельных участках аварийного торможения при начальной скорости торможения грузового состава 70 км/ч, пробоина в днище, размерами 0,04 м<sup>2</sup> по формулам (5, 6) представлены в табл. 4.

На основе анализа приведенных расчетных данных, представленных в табл. 3, 4, а также графиков рис. 1, 2, можно сделать вывод, что неучет достоверных данных, полученных на основе эксперимента по реальной площади разлива нефтепродуктов согласно статье «Методы определения площади пролива нефтепродуктов на горизонтальную поверхность» [21], приводит к заниженным данным по площади разлива и ширине разлива на участках аварийного торможения и завышенным данным примерно вдвое по полному испарению бензина АИ-95 относительно данных согласно ГОСТу Р 12.3.047–98 [20].

В связи с этим следует пересмотреть известное допущение по высоте пролива нефтепродуктов ( $h=0,05$  м) в существующих методиках и учитывать реальные данные по  $h$ , полученных на основе экспериментальных данных для различных типов нефтепродуктов с учетом подстилающей поверхности, изменений скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения. Расчеты показывают [22] на необходимость учета проливов нефтепродуктов малой высоты  $h$  при определении испарения с поверхности аварийного пролива, а также учета рельефа местности (уклона), неучет которых приводит к существенным ошибкам.

Расчет времени полного испарения нефтепродуктов по формуле (5) согласно [20, 22] в основном предусматривает пролив в закрытых помещениях и не совсем корректен для рассмотрения проливов на открытой местности, где возможны воздушные потоки со скоростью свыше 1 м/с (расчет интенсивности испарения нефтепродуктов  $W$  осуществляется с учетом данных по скорости воздушного потока над поверхностью испарения до 1 м/с).

Целесообразно расчет времени полного испарения нефтепродуктов для случаев пролива нефтепродуктов на открытой местности осуществлять по формуле, аналогичной в методике [23]:

$$T_{\text{исп}} = \frac{h \cdot \rho_{\text{ж}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad (7)$$

где  $h = \frac{V'_{\text{ж}}}{S_{\text{пр}}}$  – высота пролива, м;  $V'_{\text{ж}} = \frac{Q(1-K_{\text{вп}})}{\rho_{\text{ж}}}$ , м<sup>3</sup>;  $K_{\text{вп}}$  – коэффициент впитываемости данного нефтепродукта;  $K_1$  – коэффициент учета вязкости данного нефтепродукта;  $K_2$  – коэффициент учета скорости воздушного потока над поверхностью испарения;  $K_3$  – коэффициент учета температуры окружающего воздуха.

В этом случае для расчета  $T_{\text{исп}}$  по формуле (7) следует провести экспериментальные исследования по определению коэффициентов  $K_{\text{вп}}$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ .

Таким образом, уточнение методики прогнозирования масштабов загрязнения местности нефтепродуктами при авариях на железнодорожном транспорте с учетом реализации предлагаемых путей совершенствования позволит получить более достоверные данные по площади загрязнения и полному времени испарения проливов нефтепродуктов при разгерметизации железнодорожных цистерн на участках аварийного торможения.

Это приведет к более достоверному определению экологического риска и принятию обоснованного управленческого решения по оперативной ликвидации участков загрязнения.

## Литература

1. Специализированные цистерны для перевозки опасных грузов: справ. пособие. М.: Изд-во стандартов, 1993.
2. Тишанин А.Г. Наиболее эффективным методом повышения безопасности является прогнозирование ЧС // Транспортная безопасность и технологии. Национальный журнал-каталог. 2010. № 2 (22). С. 78–83.

3. Baruque B., Corchado E., Mata A., Corchado J.M. A forecasting solution to the oil spill problem based on a hybrid intelligent system // *Information Sciences*. 2010. № 10 (180). P. 2029–2043.
4. Fabiano B., Curro F., Reverberi A.P., Pastorino R. Dangerous good transportation by road: from risk analysis to emergency planning // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2005. № 4–6 (18). P. 403–413.
5. Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и АХОВ на объектах железнодорожного транспорта. М.: МПС РФ, 1997.
6. Об утверждении стандартов и методик ОАО «РЖД» в развитие системы управления безопасностью движения на основе анализа рисков, методов и инструментального технического аудита: распоряжение ОАО «РЖД» от 21 сент. 2011 г. № 2068р // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420331597> (дата обращения: 09.12.2020).
7. Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и АЗС. М.: Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1999.
8. Попов В.Г., Петров С.В. Метод оценки аварийного риска при перевозке нефти и нефтепродуктов по железной дороге // *Безопасность жизнедеятельности*. 2009. № 9. С. 39–43.
9. Султанов Р.М., Ибатуллина Л.А. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом // *Пожарная и промышленная безопасность*. 2017. № 1 (107). С. 176–185.
10. Chernykh A.K., Nefed'ev S.A., Bardulin E.N., Andreev V.P., Stashevskaya O.V. Management of Rectification of The Consequences of an Emergency Situation // *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7. № 3.14. P. 276–282.
11. Liao Z., Hannamb P.M., Xia X., Zhao T. Integration of multi-technology on oil spill emergency preparedness // *Marine Pollution Bulletin*. 2012. № 10 (64). P. 2117–2128. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2012.07.015.
12. Черных А.К., Малыгин И.Г., Клыкков П.Н. Выбор показателей для оценки реализации целевых программ создания информационных систем органов государственного управления в чрезвычайных ситуациях // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России»*. 2019. № 2. С. 78–86.
13. Черных А.К., Буданов Д.С., Нефедьев С.А. Методика определения оптимальных маршрутов на транспортной сети при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на газотранспортной системе // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России»*. 2017. № 2. С. 94–99.
14. Елизарьев А.Н., Юсупов Т.Р., Елизарьева Е.Н. Прогнозирование разливов нефтепродуктов при железнодорожных авариях // *Научно-аналитический журнал «Бюллетень результатов научных исследований»*. СПб.: СПб ГУПС, 2016.
15. Савчук О.Н. Прогнозирование и ликвидация последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2014.
16. Савчук О.Н., Маслаков М.Д., Громов В.Н. Совершенствование организации ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте при перевозке аварийно химически опасных веществ в случае террористических актов // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2019. № 1 (49). С. 24–32.
17. Френкель С.Я. Техника тяговых расчетов: пособие. Гомель: БГУ транспорта, 2005. 80 с.
18. ГОСТ Р 12.3.047–2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103505> (дата обращения: 09.12.2020).
19. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
20. ГОСТ Р 12.3.047–98. Метод расчета параметров горючих ненагретых жидкостей и сжиженных углеводородных газов. Приложение И // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой

и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003311> (дата обращения: 09.12.2020).

21. Методы определения площади пролива нефтепродуктов на горизонтальную поверхность / В.В. Кокорин [и др.] // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2017. № 2 (72). С. 1–5.

22. Галеев А., Попикаров С.И. Оценка влияния профиля местности на формирование зон взрывоопасных концентраций при испарении нефти с поверхности аварийного пролива // Нефтегазовое дело. 2010. № 2. С. 1–17.

23. РД 52.04.253–90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 23 с.

УДК 001.894: [614.8, 315.861]

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРОВ АВТОМОБИЛЕЙ В ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНКАХ И ИХ ТУШЕНИЕ**

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России;  
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук.  
Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент;  
Д.А. Поташев.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Дана краткая характеристика подземных автостоянок и тенденций их развития. Представлены результаты моделирования пожара в подземных стоянках автомобилей с помощью демо-версии программы PyroSim. Результаты имитации пожара отражены программой для визуализации Smokeview. Данные о критических значениях опасных факторов пожара отражены с помощью графиков функций, создаваемых PyroSim. Описаны особенности распространения опасных факторов пожара в подземных стоянках автомобилей, определены временные значения наступления наиболее распространенных опасных факторов пожара. Даны предложения по тушению пожара.

*Ключевые слова:* моделирование пожара, программа PyroSim, подземные стоянки автомобилей, опасные факторы пожара

## **FEATURES OF DEVELOPMENT OF FIRE CARS IN UNDERGROUND PARKING LOTS AND THEIR EXTINGUISHING**

**A.A. Tarantsev. N.S. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences;  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.  
G.L. Shidlovsky; D.A. Potashev.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The results of modeling a fire in underground parking lots using the demo version of the program PyroSim are presented. The results of the fire simulation are reflected by The Smokeview visualization program. Data on critical values of fire hazards are reflected using graphs of functions created by PyroSim. Features of distribution of dangerous factors of a fire

in underground Parking of cars are described, time values of approach of the most widespread dangerous factors of a fire are defined.

*Keywords:* fire simulation, PyroSim program, underground parking, fire hazards

Актуальность статьи обусловлена тем, что нормативные документы как федерального, так и региональных уровней требуют от застройщиков при строительстве зданий обустраивать парковочные места. Так для многоквартирных жилых домов в некоторых регионах требуется обустроить не менее одного парковочного места на каждую квартиру, а ограниченность выделяемого земельного участка не позволяет выполнить это требование. Один из путей решения данной проблемы – строительство подземных стоянок автомобилей, соответственно, необходимо обеспечить пожарную безопасность таких сооружений. Следует отметить также, что в различных редакциях учебников «Пожарная тактика» нет разделов и тем о тушении пожаров в подземных стоянках автомобилей.

Пожары транспортных средств (ТС) в подземных автостоянках характеризуются быстрым ростом температуры, блокированием путей эвакуации из подземных сооружений, заполнением прилегающих наземных территорий и смежных частей здания токсичными продуктами горения, термическим повреждением и возможным разрушением конструкций [1–3]. Это может представлять серьезную опасность как для людей, так для ТС и зданий.

В этой связи представляется необходимым посредством компьютерного моделирования определить:

- динамику площади пожара легковых автомобилей без учета работы стационарных средств противопожарной защиты зданий;
- время наступления критических значений опасных факторов пожара (ОФП) в тамбур-шлюзе (ТШ) и лестничной клетке (ЛК);
- возможность эвакуации из сооружения людей.

По полученным результатам подготовить рекомендации для руководителя тушения пожара (РТП) [4], а также для персонала, ответственного за эксплуатацию сооружения.

### **Исходные данные для моделирования пожара на подземной автостоянке**

Для компьютерного моделирования пожара легкового автомобиля в подземной автостоянке рампового типа целесообразно применить демо-версию программы PyroSim. Она является пользовательским интерфейсом для программы Fire Dynamics Simulator (FDS), позволяющей прогнозировать развитие пожара и ОФП на основе полевой модели пожара [5]. FDS позволяет оценить динамику распространения дыма, температуры, угарного газа и других ОФП [6]. Демо-версия программы Pathfinder позволяет осуществить моделирование эвакуации людей с целью определения возможности их выхода наружу или перехода в часть сооружения, где отсутствует угроза воздействия ОФП [6].

Критические значения ОФП определены Методикой [7] расчетных величин пожарного риска. Критическое время по каждому из ОФП определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола с учетом ограничений на ОФП:

- по повышенной температуре – не более 70 °С;
- по потере видимости – не более 20 м;
- по пониженному содержанию кислорода – не ниже 0,226 кг/м<sup>3</sup>;
- по содержанию диоксида углерода CO<sub>2</sub> – не более 0,11 кг/м<sup>3</sup>;
- по содержанию оксида углерода CO – не более 1,16·10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup>;
- по концентрации HCL – не более 23·10<sup>-6</sup> кг/м<sup>3</sup> [7].

### Результаты моделирования развития пожара на подземной автостоянке

В программе PyroSim на основе известных проектов смоделирована конструкция подземной автостоянки [8]. Она имеет три этажа ниже планировочной отметки земли, геометрические размеры этажей:  $41 \times 18 \times 3$  м, объем этажа  $2\,214 \text{ м}^3$ , площадь  $738 \text{ м}^2$ . Размеры модели легкового автомобиля: длина 4,6 м, ширина 2 м, высота 1,75 м, расстояние между моделями автомобилей в ряду 0,75 м. Модель, имитирующая горящий легковой автомобиль, размещена вблизи одного из выходов. ЛК № 1 – ближняя к рампе и очагу пожара, ЛК № 2 – наиболее удаленная от рампы и очага пожара.

Результаты моделирования распространения ОФП по объему этажей автостоянки на 900-й секунде пожара представлены на рис. 1–3 соответственно – при пожаре на верхнем, среднем и нижнем этажах и при двух вариантах мест возникновения пожара. Для наглядности условно «скрыты» перекрытия, разделяющие этажи. В табл. 1 приведены данные о времени блокирования эвакуационных выходов из автостоянки для различных этажей.

Как следует из результатов компьютерного моделирования, наибольшей опасности при пожаре подвергаются люди, находящиеся на нижерасположенных этажах, так как ОФП, проникая в ЛК, блокируют эвакуационные пути.

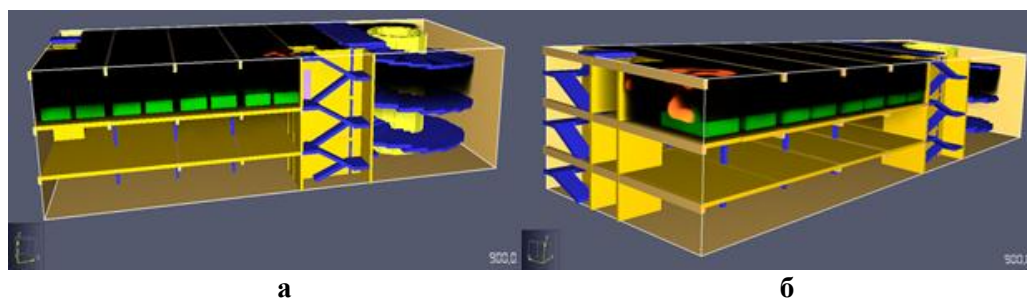


Рис. 1. Распространение ОФП на 900-й секунде пожара на первом (верхнем) этаже (а, б – варианты очага пожара)

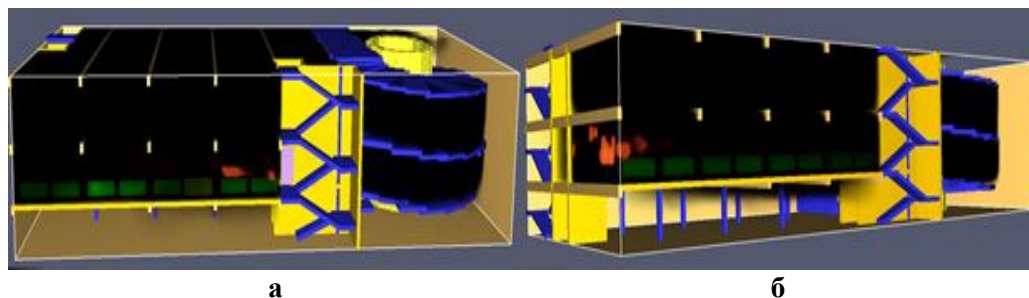


Рис. 2. Распространение ОФП на 900-й секунде пожара на втором (среднем) этаже (а, б – варианты очага пожара)

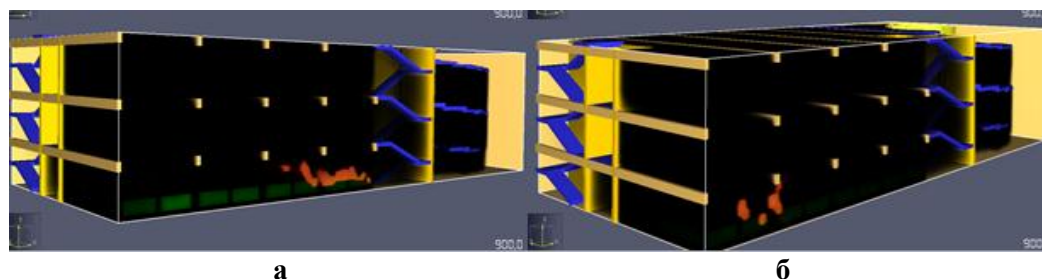


Рис. 3. Распространение ОФП на 900-й секунде пожара на третьем (нижнем) этаже (а, б – варианты очага пожара)

Таблица 1. Результаты измерения ОФП с помощью виртуальных датчиков

ЛК, ТШ		ОФП	Уровень ОФП	Время достижения ОФП $t$ , с
<b>1-й этаж</b>				
В 1	Выход 1 (П)	Температура – более 70 °С	ТШ < 23 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		ТШ < 21 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Рампа		> 70 °С	при $t > 200$ с
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ < 21 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Выход 2 (П)		ТШ < 23 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Рампа		< 65 °С	не достигнуто
В 1	Выход 1 (П)	Потеря видимости – не более 20 м	ТШ < 20 м, ЛК < 20 м	при $t > 900$ с
	Выход 2 (Э)		ТШ < 20 м, ЛК < 20 м	при $t > 900$ с
	Рампа		< 300 с	при $t < 300$ с
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ > 20 м, ЛК > 20 м	не достигнуто
	Выход 2 (П)		ТШ < 20 м, ЛК > 20 м	ТШ при $t < 300$ с
	Рампа		< 300 с	при $t < 300$ с
В 1	Выход 1 (П)	Пониженное содержание кислорода $O_2$ – не ниже 0,226 кг/м <sup>3</sup>	ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		> 200 с	при $t > 200$ с
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (П)		ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		> 250 с	при $t > 250$ с
В 1	Выход 1 (П)	Содержание диоксида углерода $CO_2$ – не более 0,11 кг/м <sup>3</sup>	ТШ < 0,11 кг/м <sup>3</sup> , ЛК < 0,11 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		ТШ < 0,11 кг/м <sup>3</sup> , ЛК < 0,11 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		< 0,11 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ < 0,11 кг/м <sup>3</sup> , ЛК < 0,11 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (П)		ТШ < 0,11 кг/м <sup>3</sup> , ЛК < 0,11 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		< 0,11 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
В 1	Выход 1 (П)	Содержание оксида углерода $CO$ – не более $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	ТШ < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup> , ЛК < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		ТШ < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup> , ЛК < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		< $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup> , ЛК < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (П)		ТШ < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup> , ЛК < $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		< $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
<b>2-й этаж</b>				
В 1	Выход 1 (П)	Температура – более 70 °С	ТШ < 25 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		ТШ < 25 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Рампа		> 70 °С	при $t > 170$ с
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ < 22 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Выход 2 (П)		ТШ < 25 °С, ЛК < 21 °С	не достигнуто
	Рампа		> 70 °С	при $t > 200$ с
В 1	Выход 1 (П)	Потеря видимости – не более 20 м	ТШ < 20 м, ЛК > 20 м	ТШ при $t > 600$ с
	Выход 2 (Э)		ТШ < 20 м, ЛК > 20 м	ТШ при $t > 900$ с
	Рампа		< 300 с	при $t < 300$ с
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ < 20 м, ЛК > 20 м	ТШ при $t > 600$ с
	Выход 2 (П)		ТШ < 20 м, ЛК > 20 м	ТШ при $t > 900$ с
	Рампа		< 300 с	при $t < 300$ с
В 1	Выход 1 (П)	Пониженное содержание кислорода $O_2$ – не ниже 0,226 кг/м <sup>3</sup>	ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		> 150 с	при $t > 150$ с
В 2	Выход 1 (Э)		ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Выход 2 (П)		ТШ > 0,226 кг/м <sup>3</sup> , ЛК > 0,226 кг/м <sup>3</sup>	не достигнуто
	Рампа		> 200 с	при $t > 200$ с

B 1	Выход 1 (П)	Содержание диоксида углерода	$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
B 2	Выход 1 (Э)	$\text{CO}_2$ – не более $0,11 \text{ кг/м}^3$	$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (П)		$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
B 1	Выход 1 (П)	Содержание оксида углерода	$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
B 2	Выход 1 (Э)	СО – не более $1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (П)		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
<b>3-й этаж</b>				
B 1	Выход 1 (П)	Температура – более $70^\circ\text{C}$	$ТШ < 60^\circ\text{C}$ , ЛК $< 23^\circ\text{C}$	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		$ТШ < 26^\circ\text{C}$ , ЛК $< 21^\circ\text{C}$	не достигнуто
	Рампа		$> 70^\circ\text{C}$	при $t > 150 \text{ с}$
B 2	Выход 1 (Э)		$ТШ < 50^\circ\text{C}$ , ЛК $< 29^\circ\text{C}$	не достигнуто
	Выход 2 (П)		$ТШ < 45^\circ\text{C}$ , ЛК $< 21^\circ\text{C}$	не достигнуто
	Рампа		$> 70^\circ\text{C}$	при $t > 200 \text{ с}$
B 1	Выход 1 (П)	Потеря видимости – не более 20 м	$ТШ < 20 \text{ м}$ , ЛК $< 20 \text{ м}$	$ТШ$ при $t < 300 \text{ с}$ ЛК $< 900 \text{ с}$
	Выход 2 (Э)		$ТШ < 20 \text{ м}$ , ЛК $> 20 \text{ м}$	$ТШ$ при $t < 600 \text{ с}$
	Рампа		$< 300 \text{ с}$	при $t < 300 \text{ с}$
B 2	Выход 1 (Э)		$ТШ < 20 \text{ м}$ , ЛК $< 20 \text{ м}$	$ТШ$ при $t < 300 \text{ с}$ ЛК $t < 600 \text{ с}$
	Выход 2 (П)		$ТШ < 20 \text{ м}$ , ЛК $> 20 \text{ м}$	$ТШ$ при $t < 600 \text{ с}$
	Рампа		$< 300 \text{ с}$	при $t < 300 \text{ с}$
B 1	Выход 1 (П)	Пониженное содержание кислорода $\text{O}_2$ – не ниже $0,226 \text{ кг/м}^3$	$ТШ < 0,226 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $> 0,226 \text{ кг/м}^3$	$ТШ$ при $t < 500 \text{ с}$
	Выход 2 (Э)		$ТШ > 0,226 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $> 0,226 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$< 150 \text{ с}$	при $t < 150 \text{ с}$
B 2	Выход 1 (Э)		$ТШ < 0,226 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $> 0,226 \text{ кг/м}^3$	$ТШ$ при $t < 600 \text{ с}$
	Выход 2 (П)		$ТШ > 0,226 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $> 0,226 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$< 180 \text{ с}$	при $t < 180 \text{ с}$
B 1	Выход 1 (П)	Содержание диоксида углерода	$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
B 2	Выход 1 (Э)	$\text{CO}_2$ – не более $0,11 \text{ кг/м}^3$	$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (П)		$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$ТШ < 0,11 \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 0,11 \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
B 1	Выход 1 (П)	Содержание оксида углерода	$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (Э)		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
B 2	Выход 1 (Э)	СО – не более $1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Выход 2 (П)		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто
	Рампа		$ТШ < 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , ЛК $< 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	не достигнуто

Примечания: (П) – выход, в непосредственной близости от которого смоделирован пожар; (Э) – выход, через который осуществляется моделирование расчета эвакуации; Выход 1 – расположен возле ramпы; Выход 2 – расположен наиболее удаленно от ramпы



### Результаты моделирования эвакуации людей при пожаре на подземной автостоянке

Определение расчетного времени эвакуации проводилось через каждый из выходов отдельно, при этом другой выход условно считался заблокированным ОФП. Модели, эмитирующие движение людей, отображены в форме цилиндров: красного цвета – эвакуирующиеся с этажа, где начался пожар, синего цвета – с других этажей. На рис. 4, 5 показано распределение эвакуирующихся на 90-й секунде с третьего (нижнего) этажа при количестве эвакуирующихся соответственно 17 и 34 человека.

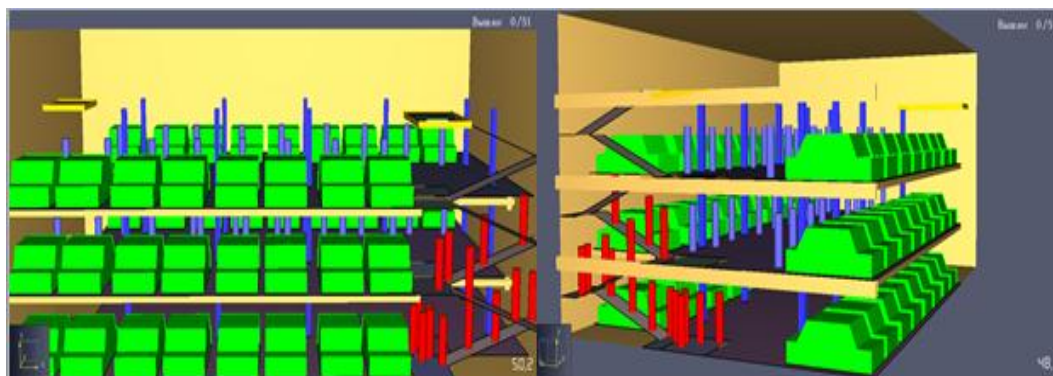


Рис. 4. Моделирование эвакуации людей с третьего (нижнего) этажа,  $t=90$  сек.

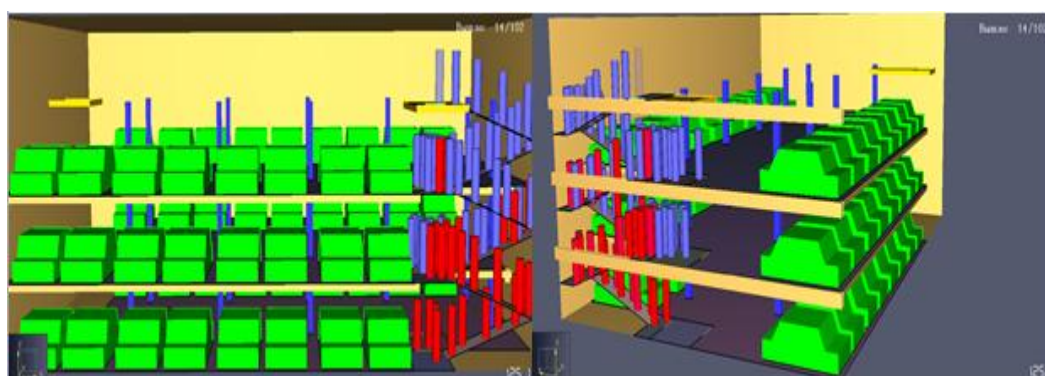


Рис. 5. Моделирование эвакуации с третьего (нижнего) этажа при условии увеличения количества эвакуирующихся в два раза при общем времени начала эвакуации со всех этажей,  $t=90$  сек.

Для моделирования процесса эвакуации людей были приняты следующие исходные данные:

Вариант 1:

- расчет времени эвакуации людей через выход № 1, пожар на 1 этаже;
- расчет времени эвакуации людей через выход № 1, пожар на 2 этаже;
- расчет времени эвакуации людей через выход № 1, пожар на 3 этаже.

Вариант 2:

- расчет времени эвакуации людей через выход № 2, пожар на 1 этаже;
- расчет времени эвакуации людей через выход № 2, пожар на 2 этаже;
- расчет времени эвакуации людей через выход № 2, пожар на 3 этаже.

Вариант 3 – количество эвакуирующихся увеличивается в два раза, также эвакуация начинается одновременно на всех этажах:

- расчет времени эвакуации людей через выход № 1, пожар на 3 этаже;
- расчет времени эвакуации людей через выход № 2, пожар на 3 этаже.

Группа мобильности М1.

В табл. 2 приведены результаты расчета времени эвакуации. Для данной автостоянки числа эвакуирующихся и смоделированных вариантов пожара из сравнения необходимого (табл. 1) и расчетного (табл. 2) времени эвакуации можно предположить, что люди успеют выйти в безопасную зону до того, как ОФП блокируют эвакуационные выходы.

Таблица 2. Результаты расчета времени эвакуации

	Путь эвакуации	Этаж	Время начала эвакуации (сек.)	Кол-во эвакуирующихся	Время выхода (сек.)		
					вход в тамбур шлюз	выход наружу	
<b>Эвакуация по условиям Методики</b>							
В 1	Выход 1	Этаж 1	120	17	140	190	
		Этаж 2	120				
		Этаж 3	30				
В 2	Выход 2	Этаж 1	120		17	141	188
		Этаж 2	120				
		Этаж 3	30				
<b>Эвакуация при увеличении количества эвакуирующихся в два раза</b>							
В 1	Выход 1	Этаж 3	90	34	126	197	
В 2	Выход 2	Этаж 3	90		125	210	

### Рекомендации по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ

Тушение пожара на подземных автостоянках, в отличие от наземных, представляет значительную трудность ввиду:

- а) сложности проведения разведки [8] – поиска очага пожара и пострадавших ввиду плотного задымления на момент прибытия пожарных [1];
- б) быстрого роста ОФП в ограниченной объеме;
- в) угрозы взрывов бензобаков и покрышек автомобилей;
- г) риска наступления предельных состояний конструктивных элементов – колонн и перекрытий.

В этой связи номер пожара на таких автостоянках должен быть повышенным (определяется при составлении планов тушения пожара (ПТП) и устанавливается руководителем тушения пожара при пожаре) с привлечением дополнительных звеньев ГДЗС и автомобилей дымоудаления [9]. На пожаре могут создаваться несколько боевых участков с задачами поиска и спасения людей, тушения горящих автомобилей и защиты (охлаждения) конструктивных элементов автостоянки. Если подземная автостоянка находится под зданием, то необходимо исключить риск попадания ОФП туда.

При тушении пожара на подземной автостоянке необходимо привлечение медиков (оказание помощи спасаемым) и полиции (оцепление, обеспечение беспрепятственного проезда спецтехники), а также взаимодействие с администрацией автостоянки и здания.

Отдельно рекомендуется проводить комплексные учения на таких объектах с отработкой вариантов пожара в соответствии с ПТП.

Таким образом, по результатам компьютерного моделирования установлено следующее:

1. Наиболее опасен для людей пожар на нижнем этаже подземной автостоянки, ОФП которого блокируют эвакуационные выходы. Пожары на других этажах оставляют шансы

на спасение людей (их временное укрытие до прихода пожарных) при их следовании на нижележащие этажи, свободные от ОФП, поднимающихся вверх.

2. На аналогичные автостоянки должны составляться ПТП, согласно которым пожарным необходимо решать три задачи: 1) спасение людей; 2) тушение пожара; 3) защиту критически важных строительных конструкций от воздействия ОФП и осажение дыма тонкораспыленной водой.

3. Администрация автостоянки не должна допускать нахождение газобаллонных автомобилей, так как строительные конструкции рассчитаны только на воздействие ОФП, но не на поражающие факторы взрыва.

В перспективе на подземных автостоянках целесообразно предусматривать комнаты безопасности на этажах, где люди, не успевшие эвакуироваться наружу, смогут укрыться от воздействия ОФП и дожидаться помощи пожарных.

В дальнейшем желательно провести компьютерное моделирование вариантов пожара на подземных автостоянках с бóльшим числом этажей и людей (водителей, пассажиров) с целью определения предельно допустимого количества людей, которые смогут безопасно эвакуироваться из сооружения.

### Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изм.): Федер. закон от 22 июля 2008 г. № ФЗ-123. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. ГОСТ 12.1.004-91\* ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (прил. 2 обязательное «Метод определения уровня обеспечения ПБ людей» п. 2 «Основные расчетные зависимости») // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 19.01.2021).

3. Поташев Д.А., Таранцев А.А., Шидловский Г.Л. Особенности распространения опасных факторов пожара в подземных стоянках автомобилей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 43–52.

4. Свод правил 113.13330.2016. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99\* // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 19.01.2021).

5. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России от 30 мая 2009 г. № 382, зарег. в Минюсте Рос. Федерации 5 авг. 2009 г., рег. № 14486). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

6. Социальная сеть проектировщиков, работающих в REVIT. URL: [https://revitcity.ru/index.php?option=com\\_easysocial&view=photos&layout=item&ii=15790:parking-for-site-6&type=user&uid=525:vadim-belov&Itemid=273](https://revitcity.ru/index.php?option=com_easysocial&view=photos&layout=item&ii=15790:parking-for-site-6&type=user&uid=525:vadim-belov&Itemid=273) (дата обращения: 10.02.2020).

7. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещениях и их применение при решении задач пожаровзрывобезопасности: монография. М.: АГПС МЧС России, 2005. 336 с.

8. Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения АСР (утв. приказом МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444, зарег. в Минюсте Рос. Федерации 20 февр. 2018 г., рег. № 50100). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

9. Методические рекомендации по составлению ПТП и КТП (утв. МЧС России 27 февр. 2013 г. № 2-4-87-1-18). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

УДК 614; 627; 621.22; 519.8

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ ПРИ ОБОРУДОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНАХ ВОЗМОЖНОГО КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ЗАТОПЛЕНИЯ**

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

Обоснованы предложения по повышению эффективности защиты населения в зонах возможного катастрофического затопления, а именно: по совершенствованию организационно-штатной структуры спасательных формирований, по защите территории от подъема уровня открытых вод, по совершенствованию нормативно-правовой базы, по совершенствованию системы мониторинга за состоянием защиты населения, по составу сил и средств для оборудования временных инженерных сооружений для защиты населения, что также способствует повышению эффективности функционирования территориальных подсистем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

*Ключевые слова:* зона возможного катастрофического затопления, защита населения и территорий, управление силами и средствами

## **PROPOSALS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF FORCES AND MEANS WHEN EQUIPPING ENGINEERING STRUCTURES TO PROTECT THE POPULATION IN AREAS OF POSSIBLE CATASTROPHIC FLOODING**

V.A. Sednev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The proposal for increase of efficiency of protection of the population in zones of possible catastrophic flooding, namely: to improve the organizational structure of the rescue units for the protection of the territory from the rising open waters, to improve the regulatory framework to improve the system of monitoring the protection status of the population, the composition of forces and means for the equipment of the temporary engineering structures to protect the population, what also contributes to increase of efficiency of functioning of territorial subsystems of prevention and liquidation of emergency situations.

*Keywords:* zone of possible catastrophic flooding, protection of population and territories, management of forces and resources

Зона возможного катастрофического затопления [1] – территория, которая в результате повреждения или разрушения гидротехнических сооружений или в результате стихийного бедствия может быть покрыта водой с глубиной затопления более 1,5 м и в пределах которой возможны гибель людей, сельскохозяйственных животных и растений, повреждение или разрушение зданий (сооружений), других материальных ценностей, а также ущерб окружающей природной среде.

Наводнения классифицируются в зависимости от причин возникновения, максимального уровня воды, площади затопления, повторяемости, масштаба и наносимого ущерба, размера возможных зон поражения [2]. Скорость изменения климата за 10 лет

в стране втрое выше, чем в мире: 0,54 градуса против 0,17 градусов. Еще одной причиной изменения климата является оттаивание вечной мерзлоты, которой покрыто более 62 % страны. Одновременно с этим процессом в атмосферу выделяется большое количество метана, увеличение количества которого способствует более резкому повышению температуры воздуха. В результате потепления климата количество чрезвычайных ситуаций (ЧС), обусловленных гидрологическими явлениями, из года в год растет. Затоплению подвержены населенные пункты с населением 4,6 млн чел.

Под защитой населения и территорий понимается [2] комплекс взаимосвязанных по месту, времени проведения, цели, ресурсам, мероприятий Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), направленных на устранение или снижение на пострадавших территориях до приемлемого уровня угрозы жизни и здоровью людей в случае реальной опасности возникновения или в условиях реализации опасных и вредных факторов стихийных бедствий, техногенных аварий и катастроф.

Существуют следующие способы защиты населения от поражающих факторов ЧС [1]: рассредоточение или эвакуация населения из районов возможных и существующих ЧС; предоставление населению средств коллективной и индивидуальной защиты.

Мероприятия по защите населения и территорий при возникновении наводнений условно можно разделить на заблаговременные и выполняемые при их возникновении [3–6]. При этом специфическими работами являются: укрепление (возведение) берегозащитных сооружений, ограждающих дамб и обвалование (как сплошное, так и по участкам); сооружение водоотводных каналов, проведение русловыпрямительных работ, возведение специальных паводкорегулирующих водохранилищ, которые используют для перераспределения максимального стока их полезных объемов; регулирование поверхностного стока на водосбросах; ликвидация заторов (из упавших деревьев) на реках; организация временных переправ и комендантской службы на них; защита и восстановление дорожных сооружений и др.

Для выполнения этих мероприятий привлекаются личный состав и техника поисково-спасательных формирований городов, областей, МЧС России, и в зоне ЧС создается соответствующая группировка сил.

В то же время возможности аварийно-спасательных формирований МЧС России не предусматривают [7] выполнения задач по оборудованию инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах катастрофического затопления. На территории страны имеются спасательные формирования, которые могут быть привлечены к ликвидации последствий ЧС, но срок их прибытия составляет 15–19 сут, что не позволяет оперативно выполнять задачи по защите населения.

При этом управление ликвидацией ЧС – процесс реализации совокупности мероприятий и действий, осуществляемых органами управления РСЧС с целью эффективного применения сил для ликвидации ЧС, спасения жизни и сохранения здоровья пострадавшего населения, снижения размера ущерба окружающей среде и материальных потерь в зоне ЧС.

Работы по ликвидации последствий наводнения включают:

– спасательные работы: поиск пострадавших, обеспечение доступа к пострадавшим, их спасение, оказание первой медицинской помощи, эвакуация пострадавших, местного населения, материальных и культурных ценностей из зоны наводнения и опасных зон. Для деблокирования, спасения и эвакуации пострадавших могут использоваться различные спасательные средства: надувные и десантные лодки, плавающие транспортеры (ПТС), самоходные паромы (ГСП, ППМ-2), катера, буксиры и другие плавательные средства;

– неотложные аварийные работы: инженерные работы по укреплению (возведению) ограждающих дамб и валов, сооружению водоотводных каналов и оборудованию причалов

для спасательных средств; устройство переправ через водные преграды; восстановление энерго-, газо- и водоснабжения и др.

Эффективной мерой по защите населенных пунктов от воды является возведение ограждающих (защитных) дамб с использованием инженерной техники. При этом на маршрутах эвакуации и путях маневра силами и средствами возникает необходимость преодоления естественных водных преград и образованных в результате подъема воды и затопления оврагов, балок, других низменных мест. В зависимости от обстановки, характера водной преграды, наличия переправочно-мостовых средств различают следующие виды переправ: десантные; паромные; мостовые; вброд, по дну и по глубоким бродам и т.д.

Для устройства десантных переправ могут использоваться гусеничные плавающие транспортеры (ПТС), десантные и надувные лодки; для устройства паромных переправ – гусеничные самоходные паромы (ГСП), паромно-мостовые машины (ПММ) и паромы, буксируемые катером; для устройства мостовых переправ – танковые механизированные мосты (МТУ-20, -72), понтонно-мостовой парк (ПМП), тяжелый механизированный мост (ТММ) и др.

При разрушении мостов возможно строительство низководных мостов малых пролетов с использованием специальных мостостроительных средств типа мостостроительных установок и комплектов мостостроительных средств (УСМ, УСМ-2, УСМ-3). Анализ работ по защите населения в зонах катастрофического затопления показал, что сил и средств недостаточно для возведения инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения, а в аварийно-спасательных формированиях отсутствует такая техника.

Научно-методические подходы обоснования сил и средств для проведения работ в зоне катастрофического затопления не предусматривают мероприятия по установке мостовых переходов, переправ, что не позволяет повысить оперативность проведения спасательных и неотложных аварийных работ.

Для выполнения задач по защите населения необходимо, в целом:

- уточнить условия развития паводковой обстановки – классификацию реки по величине, длине, глубине и ширине, район затопления;
- возможные варианты мероприятий по защите населения;
- провести расчет группировки сил и средств;
- определить имеющиеся на территории силы и средства, имеющие специализированную технику и подготовку к действиям в условиях паводка;
- произвести расстановку сил и средств по местам и видам работ с учетом времени их прибытия из мест постоянной дислокации;
- составить график выполнения работ и передислокации подразделений при выполнении задач по защите населения.

Исходя из приведенного, разработаны предложения по повышению эффективности защиты населения в зонах катастрофического затопления.

### **Предложения по совершенствованию организационно-штатной структуры спасательных формирований, составу сил и средств для оборудования временных инженерных сооружений для защиты населения**

В целях повышения эффективности действий аварийно-спасательных формирований необходимо проведение комплекса мероприятий в паводкоопасный период и при ликвидации последствий наводнения. При этом не хватает подготовленного личного состава и специализированной техники для оборудования переправ, строительства мостов, поэтому возникает необходимость увеличения штатной численности спасательных центров МЧС России, в частности, включения в штат инженерно-спасательной роты инженерно-технического взвода численностью 17 чел. и двух комплектов ТММ-3 и мостостроительного

взвода численностью 12 чел. и одного комплекта УСМ-3 или мостового взвода численностью 41 чел. и одного комплекта разборного моста.

Если ввести предлагаемый инженерно-технический взвод, то возможно выполнение задач по защите населения в зонах катастрофического затопления в полной мере (табл. 1). Привлечение, например, инженерно-технического взвода численностью 17 чел. с двумя комплектами ТММ-3 к установке временного моста снижает время эвакуации населения с 26 ч до 6 ч, вероятность гибели населения, получения им вреда здоровью, материальные и финансовые затраты на мероприятия по защите населения.

Для повышения мобильности и автономности действий спасательных формирований предлагается осуществить переход их личного состава на контрактную основу, что, как правило, предполагает более качественную подготовку личного состава и возможность его работы на штатной тяжелой инженерной технике. С этой целью предлагается также создание учебного центра для подготовки специалистов по работе и обслуживанию инженерной техники, привлекаемой к работе в зонах катастрофического затопления.

Организация обеспечения личного состава в условиях катастрофического затопления зависит от обстановки – затяжные проливные дожди, разрушение дорог, мостов, необходимость оборудования переправ и др. – все это оказывает влияние на действия сил ликвидации ЧС. Особыми задачами в этих условиях будут являться транспортировка в зону ЧС тяжелой инженерной техники для возведения противопаводковых защитных сооружений и организация переправ. Вес тягача с перевозимой техникой массой более 50 т могут выдержать не все дороги и дорожные сооружения в зоне затопления. В большинстве случаев инженерная техника передвигается своим ходом, а время ее прибытия к месту работ снижается.

Таблица 1. Выполнение мероприятий по защите населения при ликвидации последствий наводнения предлагаемыми формированиями (на примере Хабаровского края)

№ п/п	Задача	Силы и средства	Населенный пункт	Время проведения работ, ч				
				12	24	36	48	60
1	Эвакуация населения, в том числе с помощью переправочных средств (при работе в 2 смены) прибытие до 6 ч: ДС РПСО МЧС России, ДК СПСЧ МЧС России, ДС ПСО края; прибытие до 12 ч: Амурский СЦ МЧС России	Дежурная смена (ДС) регионального поисково-спасательного отряда (РПСО) МЧС России: – 2 чел. (аварийно-спасательная машина (АСМ)); – 6 чел. (2 лодки на 8 чел.)	с. Иннокентьевка (880 чел.)	4	6	30		
		ДК специализированных пожарно-спасательных частей (СПСЧ) МЧС России: – 2 чел. (АСМ); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		4	6	30		
		ДК ПСЧ № 39: – 2 чел. (ПСА); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		3	6	30		
		ДС ПСО г. Амурск: – 2 чел. (АСМ); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		4	6	30		

		СПСЧ МЧС России: – 2 чел. (ПТС); – 2 чел. (катер на 10 чел.); – 2 чел. (ПНС)	п. Джонка (1 144 чел.)	4	6	30		
		Амурский спасательный (СЦ) МЧС России: – 4 чел. (2 ПТС); – 8 чел. (4 лодки на 4 чел.)		4	6			
		ДС ПСО края: – 2 чел. (АСМ); – 6 чел. (2 лодки на 8 чел.)		4	6			
		ДК СПСЧ МЧС России: – 2 чел. (АСМ); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		4	6			
		ДК ПСЧ № 39: – 2 чел. (ПСА); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		3	6			
		ДС ПСО г. Комсомольск-на-Амуре: – 2 чел. (АСМ); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		4	6			
		Амурский СЦ МЧС России: – 4 чел. (2 ПТС); – 8 чел. (4 лодки на 4 чел.)		4	6			
2	Возведение мостов (при работе в 2 смены) – прибытие до 3 ч	Амурский СЦ МЧС России: (ТММ – 1 к-т)	с. Иннокентьевка	3	5			
		Амурский СЦ МЧС России (ТММ – 1 к-т)	п. Джонка	3	5			

Для решения этой задачи необходимо размещать силы и средств вблизи возможной зоны затопления, а для оперативного обеспечения инженерно-техническими средствами спасательных сил предлагается создание резерва начальника Главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации на базе складов материально-технических средств с номенклатурой, включающей инженерную технику для возведения противопоаводковых защитных сооружений, разборных мостов или средства организации переправ.

Для повышения готовности сил и средств к выполнению задач в зонах катастрофического затопления целесообразно дооснащение привлекаемого личного состава переносными источниками питания, мотопомпами, осветительными комплексами, индивидуальными и групповыми фонарями, спасательными жилетами, гидрокостюмами, легкими лодками, палатками, что позволит организовывать службу при выезде с постоянного места дислокации.



*Предложения по защите территории от подъема уровня открытых вод*

В крупных населенных пунктах, например, Хабаровского края (г. Хабаровск, г. Комсомольск-на-Амуре, г. Николаевск-на-Амуре), по итогам катастрофического затопления были проведены мероприятия по строительству и реконструкции набережных на р. Амур, что повысило защищенность городов от затопления. В то же время основной причиной подтопления городов становится подъем уровня грунтовых вод из-за большого количества осадков. При превышении уровня воды в р. Амур выше опасных отметок существует высокий риск гидротампонажа ливневой и хозяйственной канализации и подтопления пониженных участков городской территории.

Поэтому требуется создать новую дренажную систему, которая должна включать «емкости» для концентрации дренажных вод и принудительного сброса их в водотоки, для чего необходимо предварительное гидрогеологическое исследование территорий городов. Применение водоналивных дамб показало невозможность их применения при сильном волнении и наличии неровностей оснований для установки, что требует модификации существующих моделей дамб. Необходимо разрабатывать более совершенные технологии и технические средства быстрого наращивания и укрепления противопаводковых дамб.

Одним из таких решений является создание и укладка насыпной дамбы для защиты территории от подъема уровня открытых вод (рис.). Решение основывается на использовании устройства формирования оболочки насыпной дамбы с заполнением ее сыпучими материалами. Устройство состоит из платформы (прицеп), на которой смонтирован бункер для получения и хранения сыпучих материалов (песок, гравий, щебень, земля и т.д.), устройство подачи (шнек, транспортер или другое техническое устройство), силовая установка, устройство подачи полипропиленовой пленки и мешкозашивной машинки.

Преимущество: минимально необходимое количество привлекаемых людских ресурсов, по сравнению с укладкой мешков; более высокая надежность за счет того, что конструкция состоит не из отдельных элементов, как мешки с песком, а имеет цельную конструкцию; более короткое время создания, что снижает предполагаемый ущерб.

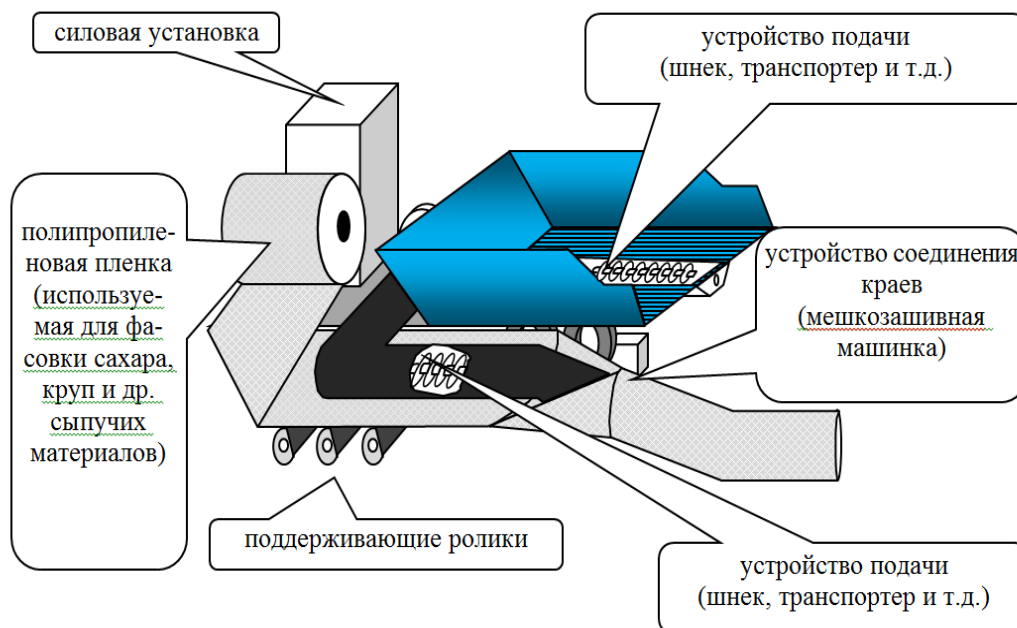


Рис. Устройство укладки насыпной дамбы

*Предложения по совершенствованию нормативно-правовой базы для защиты населения и территорий*

При воздействии катастрофического наводнения 2013 г. из-за притока воды в р. Амур, намного превосходящего значения, принятые проектными организациями при расчете гидротехнических сооружений, уровень воды превысил верхние отметки дамб, и для недопущения перелива воды через гребень потребовалось экстренное наращивание берегоукрепительных сооружений подручными материалами с помощью тяжелой техники. Так, в результате перелива и промыва произошло разрушение тела дамбы п. Победа в г. Комсомольск-на-Амуре Хабаровского края с затоплением населенного пункта.

Поэтому требуется организовывать взаимодействие с соответствующими бассейновыми водными управлениями по переработке методических указаний по разработке правил использования водохранилищ с учетом условий пропуска экстремальных паводков.

Во время катастрофического наводнения водохранилища Зейской и Бурейской гидроэлектростанций сыграли важную роль в снижении остроты паводка, так как задерживали воду впадающих рек и пропускали только ее часть. На сегодня назрела необходимость изменить систему управления гидроэлектростанциями, так как управление ими осуществляется исходя только из энергетических или коммерческих целей, и во взаимодействии с ПАО «РусГидро»:

– принять нормативный акт, позволяющий при угрозе катастрофического затопления организовывать регулирование режимов работы гидроэлектростанций на Зейской, Бурейской и других гидроэлектростанциях, с учетом гидрологических условий, расположения населенных пунктов и обеспечения безопасности при угрозе больших наводнений в долинах р. Зея, Амур и др.;

– организовать проведение, для предотвращения подтоплений населенных пунктов, контрольных мероприятий по применению Федерального закона от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте с участием экспертных центров, страховых компаний и собственников гидротехнических сооружений».

*Предложения по совершенствованию системы мониторинга за состоянием защиты населения*

Гидрологических постов в бассейнах рек, где наблюдались катастрофические затопления, недостаточно для своевременного и качественного прогнозирования возможной ЧС. В настоящее время в рамках программы развития водохозяйственного комплекса страны осуществляется переоснащение гидрологических постов и станций современными средствами связи и обработки данных и установка автоматических гидрологических станций на большинстве водомерных постов. Вместе с тем реализуемая программа не предполагает открытия новых гидрологических постов и створов измерений.

Для повышения оперативности прогнозирования дождевых паводков необходимо открытие новых пунктов наблюдений за водным и уровнем режимом на устьевых участках основных притоков бассейнов рек, где наблюдались катастрофические затопления.

В условиях ликвидации последствий наводнений необходимо организовывать патрулирование зон катастрофического затопления силами аварийно-спасательных формирований, оснащенных моторными плавсредствами, автомобилями повышенной проходимости, средствами связи и громкоговорящими устройствами для своевременного оповещения населения.

Задачи таких групп: осмотр территории с целью выявления протечек и разрушений дамб, заграждений, плотин, подмыва мостов и дорожных строений и своевременное привлечение для их ремонта инженерных подразделений. Для чего необходимо иметь резерв инженерных подразделений, оснащенных инженерной техникой и средствами для ее транспортировки.

## Оценка эффективности привлечения спасательных сил и средств

### Организация переправы с помощью имеющихся плавательных средств (транспортеров, моторных лодок)

Согласно расчетам, затоплению подвергается часть п. Джонка с населением 340 чел. (общая численность – 1 144 чел.) и часть с. Иннокентьевка с населением 420 чел. (общая численность – 880 чел.). Эвакуации подлежат [8] жители затопленных зданий и сооружений населенных пунктов. В данном случае эвакуации подлежат 760 чел. из двух населенных пунктов. При протяженности маршрута менее 100 м и скорости течения до 3 м/с продолжительность рейса с высадкой и прибытием обратно составит 22 мин. Имеющимися в Амурском спасательном центре МЧС России тремя единицами ПТС-М вместимостью 20 чел. с личными вещами и домашними животными продолжительность эвакуации составит 34,2 ч.

С учетом имеющихся в штате 10 надувных лодок с мотором вместимостью 4 чел., из которых 2 чел. – спасатели, продолжительность эвакуации можно снизить до 25,7 ч.

Стоимость применения плавсредств будет определяться по формуле:

$$C_{\text{запр}} = C_{\text{тяг}} + C_{\text{птс}} = 98 \cdot 260 / 100 \cdot 48 \cdot 2 + 50 \cdot 25,7 \cdot 48 = 86,14 \text{ тыс. руб.},$$

где  $C_{\text{тяг}}$  – стоимость заправки тягачей МАЗ, транспортирующих ПТС из пункта постоянной дислокации спасательного центра к месту ЧС и обратно (при среднем расходе топлива МАЗ-565 – 98 л на 100 км и расстоянии 260 км);  $C_{\text{птс}}$  – стоимость заправки ПТС при работах по эвакуации населения при среднем расходе топлива 50 л/ч и стоимости топлива 48 руб./л.

Возведение переправы для эвакуации населения через р. Кучи шириной 40 м, на которой разрушен железобетонный мост при возникновении катастрофического затопления, для чего может быть использован комплект тяжелого механизированного моста ТММ-3. В штате сил Хабаровского края и соседних субъектов – Приморского края и Еврейской автономной области такого оборудования нет.

Комплект ТММ-3 имеется в штате Волжского спасательного центра МЧС России. Стоимость его доставки из г. Нижнего Новгорода к месту ЧС в п. Джонка Хабаровского края составит:

$$C_{\text{тмм}} = C_{\text{тех}} + C_{\text{расч}} + C_{\text{запр}} = 5468 + 222,192 + 12,051 = 5702,243 \text{ тыс. руб.},$$

где  $C_{\text{тех}}$  – стоимость доставки техники железнодорожным транспортом с погрузкой на платформу и крепежом автомобилей на платформе из г. Нижнего Новгорода до г. Хабаровска и обратно;  $C_{\text{тех}} = 2734 \cdot 2 = 5468$  тыс. руб.;  $C_{\text{расч}}$  – стоимость доставки 8 чел. расчета ТММ-3 железнодорожным транспортом в плацкарте туда и обратно;  $C_{\text{расч}} = 13,887 \cdot 8 \cdot 2 = 222,192$  тыс. руб.;  $C_{\text{запр}}$  – стоимость заправки автомобилей ТММ-3 для следования от места разгрузки к месту ЧС (расстояние 260 км) и обратно и работе по установке и снятию моста 40 м за 4 ч при среднем расходе топлива КрАЗ-255Б – 48 л на 100 км и 8,8 л/ч и стоимости топлива – 48 руб./л,  $C_{\text{запр}} = (48 \cdot 260 / 100 \cdot 48 + 8,8 \cdot 4) \cdot 2 = 12,051$  тыс. руб.

### Закупка комплекта тяжелого механизированного моста

Стоимость закупки модернизированного комплекта тяжелого механизированного моста ТММ-3М2 на базе автомобилей КАМАЗ производства АО «Галичский автокрановый завод»  $C_{\text{зак}} = 60\,000$  тыс. руб.

Стоимость доставки ТММ-3М2 из г. Галича к месту ЧС в п. Джонка Хабаровского края составит:

$$C_{\text{дост}} = C_{\text{тех}} + C_{\text{расч}} + C_{\text{запр}} = 5468 + 222,192 + 12,051 = 5702,243 \text{ тыс. руб.}$$

Итоговая стоимость:

$$C_{\text{итог}} = C_{\text{дост}} + C_{\text{зак}} = 60000 + 5702,243 = 65702,243 \text{ тыс. руб.}$$

Строительство низководного деревянного моста длиной 40 п.м. для эвакуации населения на примере р. Кучи шириной 40 м, через которую разрушен железобетонный мост при катастрофическом затоплении. Стоимость строительства низководного деревянного моста определяем с помощью федеральных единичных расценок на строительные работы [9] (в ценах 2001 г.):

– стоимость устройства деревянных опор:

$$C_{\text{оп}} = V_{\text{мат}} \cdot C_{\text{ед}} = 19,33 \cdot 2110,11 = 40,788 \text{ тыс. руб.},$$

где  $V_{\text{мат}}$  – объем лесоматериала на строительство опор [10];  $C_{\text{ед}}$  – стоимость строительства 1 м<sup>3</sup> деревянных опор;

– стоимость устройства деревянных пролетных строений:

$$C_{\text{прол}} = V_{\text{мат}} \cdot C_{\text{ед}} = 60,91 \cdot 3010,79 = 183,387 \text{ тыс. руб.},$$

где  $V_{\text{мат}}$  – объем лесоматериала на строительство пролетных строений [10];  $C_{\text{ед}}$  – стоимость строительства 1 м<sup>3</sup> деревянных пролетных строений [9];

– стоимость доставки лесоматериалов из г. Хабаровска к месту строительства низководного деревянного моста на р. Кучи:

$$C_{\text{дост}} = M_{\text{мат}} \cdot C_{1\text{км}} + M_{\text{мат}} \cdot C_{\text{км}} \cdot L = 50,021 \cdot 99,45 + 50,021 \cdot 2,1 \cdot 260 = 32,286 \text{ тыс. руб.},$$

где  $M_{\text{мат}}$  – вес лесоматериала на строительство пролетных строений [10];  $C_{1\text{км}}$  – стоимость перевозки 1 т лесоматериала на 1 км;  $C_{\text{км}}$  – стоимость перевозки 1 т лесоматериала на расстояние более 1 км;  $L$  – расстояние подвоза.

Общая стоимость строительства низководного моста:

$$C_{\text{общ}} = (C_{\text{оп}} + C_{\text{прол}} + C_{\text{дост}}) K + НДС = \\ = (40,788 + 183,387 + 32,286) \cdot 8,36 + 428,803 = 2572,817 \text{ тыс. руб.},$$

где  $K$  – коэффициент пересчета изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ [11]; НДС – налог на добавленную стоимость 20 %.

При проведении мероприятий по защите необходимо учитывать влияние неблагоприятных факторов, влияющих на проведение эвакуации населения, – температуру окружающего воздуха, труднодоступность территории вследствие постоянных дождей и т.д. При средней температуре окружающего воздуха в сентябре от +8 °С до +14 °С время переохлаждения в неутепленной сырой одежде составляет до 3 ч [8], в связи с чем возможны как санитарные, так и безвозвратные потери населения.

Единовременная материальная и финансовая помощь родственникам погибших в ЧС составляет до 2 млн руб. При невозможности своевременной эвакуации населения безвозвратные потери в зоне катастрофического затопления местности могут достигать 5 % [8].

При количестве эвакуируемых 760 чел. (табл. 2) безвозвратные потери составят 38 чел. Выплаты компенсаций из бюджета только на безвозвратные потери могут составить более 76 млн руб. Этих затрат можно избежать закупкой комплекта ТММ, что позволит организовать своевременную эвакуацию.

Таблица 2. Эффективность проведения эвакуационных мероприятий

№ п/п	Населенный пункт	Переправы существующими силами	Привлечение ТММ-3	Строительство железобетонного моста	Строительство деревянного низководного моста
1.	п. Джонка население 1 144 чел.; эвакуируют 340 чел.	ПТС-3 ед; лодка с мотором – 10 ед.;	ТММ-3 – 1 к-т	Привлечение сторонних организаций для возведения (по опыту)	Привлечение сторонних организаций
2.	с. Иннокентьевка население 880 чел.; эвакуируют 420 чел.	$C = 86,14$ тыс. руб. $t_{эв} = 25,7$ ч	$C = 65702,243$ тыс. руб. $t_{эв} = 3$ ч	$C = 20865,528$ тыс. руб. $t_{эв} = 720$ ч	$C = 2572,817$ тыс. руб. $t_{эв} = 9$ ч

В целях повышения оперативности выполнения мероприятий в зоне катастрофического затопления и снижения потерь населения также целесообразно:

- включить в штат спасательных формирований или заключить договор о привлечении внешней организации (производителя) тяжелого механизированного моста ТММ-3 (ТММ-3М) для эвакуации населения. Привлечение одного комплекта снизит время эвакуации до 3 ч вместе с установкой при расчетных 25,7 ч. При этом затраты составляют 65702,243 тыс. руб. Снижения стоимости мероприятия можно достичь за счет аренды техники;

- подготовить сборные элементы железобетонных (металлических) пролетных строений для ремонта поврежденных стационарных мостов, так как при воздействии паводка разрушению (повреждению) подвергаются в основном пролетные строения мостов и размываются подходы (подъезды) к береговым опорам. Замена пролетного строения с демонтажом поврежденного элемента составит примерно 3 ч, стоимость замены элемента с подсыпкой подъездов к мосту составит не более 400 тыс. руб. (по опыту) с учетом стоимости железобетонного (металлического) элемента.

При накоплении сборных элементов мостов должны быть определены место их хранения и универсальность для различных видов мостов. Наиболее трудоемким процессом для выполнения монтажа является доставка в зону ЧС крана большой грузоподъемности;

- организовать строительство деревянного низководного моста силами внешних привлекаемых организаций. Время строительства моста – не более 8 ч при стоимости строительства 2572,817 тыс. руб. Этот способ обеспечения переправы через р. Кучи для ввода сил и средств и эвакуации пострадавших является наименее затратным при заблаговременном заключении контракта. Однако в условиях неопределенности места возникновения ЧС и складывающейся обстановки (проливные дожди, разрушение дорог, мостов) невозможно заранее определить место строительства и сроки доставки стройматериалов, при этом может возникнуть затруднение транспортировки тяжелой техники к месту возведения моста.

Наименее продолжительным по времени, не более 3 ч, является установка временного моста с помощью комплекта ТММ-3 (ТММ-3М2).

Практическая ценность полученных результатов состоит в разработке дополнительных предложений, мероприятий и решений по защите населения в зонах возможного катастрофического затопления, обеспечивающих, в целом, повышение эффективности функционирования территориальных подсистем предупреждения и ликвидации ЧС.

### Литература

1. Свод правил СП 165.1325800.2014. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
2. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего половодья и паводков. М.: МЧС России, 2000.
3. Седнев В.А., Копнышев С.Л. Проблемы обеспечения устойчивости функционирования гидротехнических сооружений в чрезвычайных ситуациях военного характера // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2018. № 4. С. 44–65.
4. Инженерная защита населения: учебник / В.А. Седнев [и др.]; под ред. В.А. Седнева. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2019. 285 с.
5. Седнев В.А., Копнышев С.Л. Теоретические основы обоснования требований к физической стойкости гидротехнических сооружений и других объектов энергетики при внешнем динамическом воздействии // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2018. № 6. С. 43–62.
6. Седнев В.А., Седнев А.В. Инженерно-технические мероприятия по подготовке электроэнергетических сооружений и систем к устойчивому функционированию // Промышленная энергетика. 2019. № 10. С. 11–18.
7. Спасательный центр МЧС России: учеб. пособие. Химки: Акад. гражданской защиты МЧС России, 2014. 113 с.
8. Наставление по организации и технологии ведения АСДНР при чрезвычайных ситуациях. Ч. 3: Организация и технология ведения АСДНР при наводнениях и катастрофических затоплениях местности. М. ВНИИ ГОЧС, 2001. 166 с.
9. ФЕР 81-02-30–2001. Федеральные единичные расценки на строительные работы ФЕР-2001 // Мосты и трубы: сб. № 30. М., 2017.
10. Руководство по военным низководным мостам. М.: Воен. изд-во МО СССР, 1965. 285 с.
11. Прогнозные индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ по объектам строительства, определяемых с применением федеральных и территориальных единичных расценок: приказ Минстроя России № 1408-ЛС/09 от 22 янв. 2019 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».



---

---

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

---

---

УДК 614.844.2

## ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ ПРИ ТУШЕНИИ В ЗАМКНУТЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

**А.Ю. Андриюшкин, кандидат технических наук, доцент.**

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

**Е.О. Афанасьев.**

**Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Показана перспективность применения тонкораспыленной воды при тушении горючих жидкостей. Обоснована эффективность тушения на начальной стадии пожара в замкнутых пространствах, обусловленная испарением большого количества капель воды в факеле пламени.

*Ключевые слова:* распыление, тонкораспыленная вода, пожаротушение, эффективность тушения

## SUBSTANTIATION OF EFFICIENCY OF APPLICATION OF FINELY SPRAYED WATER DURING EXTINGUISHING IN CONFINED SPACES

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

E.O. Afanasiev; E.N. Kadochnikova.

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

The article shows the prospects of using finely dispersed water in extinguishing combustible liquids. The effectiveness of extinguishing at the initial stage of fire in confined spaces due to evaporation of a large number of water drops in the flame flare is justified.

*Keywords:* spraying, fine water, fire extinguishing, extinguishing efficiency

Системы пожаротушения тонкораспыленной водой (ТРВ) позволяют максимально эффективно использовать все преимущества воды, основным из которых является развитая удельная наружная поверхность капель. Размеры капель ТРВ в 5 ... 20 раз меньше, чем для традиционных систем [1, 2] (табл. 1).

Для тушения возгорания горючих жидкостей (ГЖ) на начальной стадии в замкнутых пространствах, когда площадь горения незначительна, тушение ТРВ достаточно эффективно. При использовании ТРВ тушение пламени ГЖ обусловлено не охлаждающим воздействием воды на поверхность ГЖ, а испарением большого количества капель воды в факеле пламени [2].

Таблица. Количество и площадь поверхностей капель ТРВ  $F_{\Sigma k}$  в зависимости от их диаметра  $d_k$

Диаметр капель ТРВ $d_k$ , мм	Количество капель воды, шт.	Площадь поверхности капель воды $F_{\Sigma k}$ , м <sup>2</sup>
120	1	0,05
6	8 846	1
0,1	1 910 828 025	60
0,05	15 286 624 204	120
0,025	122 292 993 631	240
0,01 (10 мкм)	1 910 828 025 478	600

При применении ТРВ весь объем замкнутого пространства заполняется водяным паром, образующимся при испарении капель. Для интенсивного парообразования, обусловленного значительной площадью теплообмена между каплями и горячим газом, размеры капель воды должны быть  $d_k < 80$  мкм [2].

При введении ТРВ в факел пламени происходит интенсивное образование водяного пара, что приводит к снижению его температуры, разбавлению смеси паров ГЖ и воздуха, а также к уменьшению поступления воздуха в область горения. Водяной пар поглощает излучение пламени, что препятствует распространению огня. Уменьшение температуры факела пламени обуславливает снижение температуры поверхности ГЖ, а, следовательно, убавляется поступление паров ГЖ в факел пламени. Таким образом, пламя тушится за счет уменьшения поступления паров от поверхности ГЖ и окислителя из окружающей среды в область диффузионного перемешивания паров ГЖ и окислителя (кислорода воздуха).

Критерием тушения является уменьшение температуры факела пламени до значений, при которых количество испаряющейся ГЖ не может обеспечить необходимую для горения концентрацию паров, которая оказывается в горючей смеси меньше нижнего концентрационного предела воспламенения [1–8].

Для повышения эффективности систем пожаротушения ТРВ необходима теоретическая оценка основных параметров тушения ГЖ:

- интенсивность подачи воды  $J_v$  (кг/(м<sup>2</sup>·с));
- время тушения  $\tau$  (с);
- средний диаметр капель  $d_k$  (м).

Оценим:

- минимальное время тушения пламени ГЖ  $\tau_{min}$ ;
- критическую интенсивность подачи ТРВ  $J_{вкр}$ ;
- минимальную суммарную площадь поверхностей капель ТРВ;
- средний диаметр капель ТРВ;

при следующих исходных данных:

- плотность продуктов горения в факеле пламени  $\rho_{nc} = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>;
- удельная теплоемкость продуктов горения в факеле пламени  $c_{nc} = 2\,000$  Дж/(кг·К);
- удельная теплота сгорания ГЖ  $Q_{сг} = 40$  М Дж/кг;
- удельная теплота нагревания и испарения ГЖ  $Q_{сж} = 230$  кДж/кг;
- коэффициент теплоотдачи  $\alpha = 24$  Дж/(с·м<sup>2</sup>·К);
- удельная теплота испарения воды  $Q_v = 2\,260$  кДж/кг;
- температура кипения воды  $T_{кип} = 373$  К;
- температура горячего газа в факеле пламени  $T_{ф0} = 1\,400$  К;
- температура поверхности ГЖ  $T_n = 500$  К;
- высота факела пламени  $h_{ф} = 2$  м;
- площадь поверхности горения ГЖ  $S_n = 1,3$  м<sup>2</sup>.

Для определения минимального времени тушения ГЖ  $\tau_{min}$  может быть применено выражение:



$$\tau_{\min} = \frac{\rho_{ng} \cdot c_{ng} \cdot h_{\phi} \cdot Q_{гж}}{k_{изл} \cdot \alpha \cdot Q_{сг}}, \quad (1)$$

где  $\rho_{ng}$  – плотность продуктов горения в факеле пламени, кг/м<sup>3</sup>;  $c_{ng}$  – удельная теплоемкость продуктов горения в факеле пламени, Дж/(кг·К);  $h_{\phi}$  – высота факела пламени, м;  $Q_{гж}$  – удельная теплота нагревания и испарения ГЖ, кДж/кг;  $k_{изл}$  – коэффициент, учитывающий потери тепла излучением ( $k_{изл} \approx 0,6$ );  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи (для углеводородов  $\alpha=24$ ), Дж/(с·м<sup>2</sup>·К);  $Q_{сг}$  – удельная теплота сгорания ГЖ, Дж/кг;  $\tau_{\min}$  – минимальное время тушения пламени, с.

По выражению (1) минимальное время тушения ГЖ  $\tau_{\min}=8,3$  с.

Критическая интенсивность подачи ТРВ  $J_{вкр}$  определяется по выражению:

$$J_{вкр} = \frac{k_{изл} \cdot U_{гж} \cdot Q_{сг}}{Q_{в}}, \quad (2)$$

где  $k_{изл}$  – коэффициент, учитывающий потери тепла излучением;  $U_{гж}$  – удельная скорость испарения ГЖ при стационарном режиме горения, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $Q_{сг}$  – удельная теплота сгорания ГЖ, Дж/кг;  $Q_{в}$  – удельная теплота испарения воды, Дж/кг;  $J_{вкр}$  – критическая интенсивность подачи ТРВ.

По выражению (2) критическая интенсивность подачи ТРВ  $J_{вкр}=1$  кг/(м<sup>2</sup>·с).

$F_{\Sigma k \min}$  – минимальная суммарная площадь поверхностей капель ТРВ, участвующих в отводе тепла из факела пламени при условии  $J_{в}=J_{вкр}$ , м<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле:

$$F_{\Sigma k \min} = \frac{k_{изл} \cdot U_{гж} \cdot Q_{сг} \cdot S_{п}}{\alpha \cdot (T_{\phi} - T_{кип})}, \quad (3)$$

где  $k_{изл}$  – коэффициент, учитывающий потери тепла излучением ( $k_{изл} \approx 0,6$ );  $U_{гж}$  – удельная скорость испарения ГЖ при стационарном режиме горения, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $Q_{сг}$  – удельная теплота сгорания ГЖ, Дж/кг;  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи (для углеводородов  $\alpha=24$ ), Дж/(с·м<sup>2</sup>·К);  $T_{кип}$  – температура кипения воды, К;  $S_{п}$  – площадь поверхности горения ГЖ, м<sup>2</sup>;  $T_{\phi}$  – температура факела пламени, К.

По выражению (3)  $F_{\Sigma k \min}=119$  м<sup>2</sup>, следовательно, средний диаметр капель ТРВ составляет  $d_k=50 \cdot 10^{-6}$  м.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы о том, что ТРВ (размер капель менее 100 мкм) обладает высокой эффективностью при тушении пожаров ГЖ в замкнутых пространствах на начальной стадии пожара. С уверенностью можно говорить о том, что оценка параметров тушения ГЖ с помощью ТРВ обеспечивает минимальное время тушения пламени при рациональной интенсивности подачи ТРВ. Оценка времени нагрева и испарения капель ТРВ при пролете через факел пламени ГЖ на начальной стадии пожара показывает, что из-за высокой дисперсности капель обеспечивается интенсивное парообразование, приводящее к затуханию факела пламени.

Таким образом, теоретическая оценка параметров тушения ГЖ ТРВ показала перспективность применения этого метода пожаротушения на начальной стадии пожара. Очевидно, от применения ТРВ следует ожидать высокой эффективности пожаротушения.

### Литература

1. Андрюшкин А.Ю., Пелех М.Т. Эффективность пожаротушения тонкораспыленной водой // Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 3 (23). С. 37–45.
2. Андрюшкин А.Ю., Афанасьев Е.О., Кадочникова Е.Н. Теоретическая оценка параметров тушения горючих жидкостей тонкораспыленной водой // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 112–117.

3. Цариченко С.Г. Некоторые вопросы пожаротушения тонкораспыленной водой // Средства спасения. Противопожарная защита. 2004. № 10. С. 203–205.
4. Душкин А.Л., Янышев С.С., Карпышев А.В. Мобильные и стационарные системы пожаротушения тонкораспыленной водой // Крупные пожары: предупреждение и тушение: материалы XVI Науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 2001. Ч. 2. С. 30–33.
5. Душкин А.Л., Ловчинский С.Е. Взаимодействие пламени горючей жидкости с тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. 2011. № 7. С. 53–55.
6. Особенности пожаротушения в замкнутом объеме тонкораспыленной водой / А.Л. Душкин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 3. С. 60–69.
7. Думилин А.И. Параметры тушения пламени горючих жидкостей распыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 23. № 4. С. 85–90.
8. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. М.: Изд. дом «Калан», 2002. 448 с.

УДК 614.849

## **ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ФАКЕЛА ПОЖАРОВ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

**К.Б. Мальчиков;**

**Е.Г. Коробейникова, кандидат химических наук, доцент;**

**Н.Ю. Кожевникова, кандидат химических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

В работе отражена необходимость разработки методики определения высоты факела пожара твердых горючих веществ и материалов. Существующие методики определения геометрических параметров пожаров объективно отражают только процесс горения горючих газов и жидкостей, так как высота факела пламени таких пожаров зависит от характерных размеров очага пожара и удельной массовой скорости выгорания вещества, которые остаются постоянными с течением времени. Процесс горения твердых веществ и материалов более сложен и многогранен, вследствие чего удельная массовая скорость выгорания, а, соответственно, и высота факела пламени таких веществ непостоянны.

*Ключевые слова:* высота факела пламени, открытые пожары, конденсированные вещества, массовая скорость выгорания

## **FEATURES OF DETERMINING THE HEIGHT OF THE TORCH OF FIRES OF SOLID COMBUSTIBLE SUBSTANCES AND MATERIALS**

**K.B. Malchikov; E.G. Korobeynikova; N.Yu. Kozhevnikova.**

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

The paper reflects the need to develop a method for determining the height of a fire flare of solid combustible substances and materials. Existing methods for determining the geometric parameters of fires objectively reflect only the combustion process of flammable gases and liquids, since the height of the flame of such fires depends on the characteristic size of the fire center and the specific mass rate of burning of the substance, which remain constant over time. Combustion process of solid substances and materials is more complex and multi-faceted, so that

the specific mass rate of burnout, and, accordingly, the height of the flame of such substances are not constant.

*Keywords:* height of the flame, open fires, condensed substance, the mass flow rate of burnout

Противопожарная защита объектов строится на оценке характера теплового излучения от пожара, его основных закономерностях теплового воздействия. Особенно это важно для наружных или открытых пожаров, при которых излучение пламени происходит в неограниченном объеме. Передача лучистой энергии от пламени в направлении объектов защиты может вызвать возникновение новых очагов пожаров или взрывов, опасные условия для пребывания людей, в том числе личного состава задействованных в ликвидации пожара подразделений пожарной охраны.

Анализ статистики пожаров, произошедших на открытой территории, показывает, что количество таких пожаров заметно возросло за последний период времени. В таблице представлены статистические данные по наиболее опасным открытым пожарам, зарегистрированным на территории Российской Федерации в 2015–2019 гг. [1, 2].

Таблица. Открытые пожары в 2015–2019 гг.

Вид объекта пожара	Количество пожаров, ед.				
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Наружная, буровая установка предприятия	19	22	21	24	44
Нефте-, газопровод	9	11	8	5	19
Склад горючих жидкостей в таре, газов	22	23	24	14	23
Склад угля, сланца, торфа	6	4	13	5	60
Склад сыпучих материалов и химических веществ	1	3	3	6	15
Склад лесоматериалов	68	52	48	47	109

При решении пожарно-технических практических задач, связанных с определением мер пожарной безопасности, например, в части касающейся расположения объектов защиты относительно друг друга, определения безопасных расстояний пребывания личного состава противопожарных подразделений, а также продолжительности нагревания поверхности объектов защиты до критических величин, необходимо знать такой геометрический параметр факела пламени, как его высота.

На сегодняшний день существует ряд методик по определению высоты факела пламени пожара, и все эти методики базируются на величине удельной массовой скорости выгорания горючего материала, то есть скорости поступления горючего к реакционной пламенной зоне и величине характерного размера очага пожара (сторона квадрата, диаметр) [3–8]. Эти методики определения высоты факела пожара нашли свое отражение в нормативных правовых актах, например, в приказе МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 [9] и СП 12.13130.2009 [10].

Данный подход справедлив лишь в случае горения газообразных горючих веществ и горючих жидкостей, так как процесс горения этих веществ, в основном формируется как раз за счет скорости поступления горючего компонента к реакционной зоне горения, то есть от расхода газа и скорости испарения горючей жидкости. Для жидкостей и газов эти величины остаются при определенных условиях относительно постоянными в течение продолжительного времени. В случае установившегося горения жидкостей (то есть при относительно постоянной температуре пламени) наблюдается равновесие между количеством сгоревшего в зоне горения (пламени) вещества и массой пара, поступающего в пламя при испарении. Это определяет постоянную скорость испарения и, следовательно, выгорание жидкости в течение всего процесса горения (достижение поверхностью жидкости температуры кипения). Рассчитать высоту факела пламени горючей жидкости не представляет труда, так как количество поступающего горючего в данном случае имеет постоянную величину, геометрические параметры зеркала жидкости известны.

Даже в случае горения сложных многокомпонентных жидкостей, таких как, например, нефть и нефтепродукты, скорость поступления горючих паров различна на начальном этапе горения, когда интенсивно испаряются легкокипящие фракции. В дальнейшем скорость испарения остается относительно постоянной. В резервуарах большого диаметра в силу увеличения степени турбулизации пламени, которая снижает степень полноты сгорания паров и способствует выделению большого количества сажи и увеличению теплового излучения пламени, а также вследствие увеличения конвективности и толщины гомотермального слоя, степень изменения свойств жидкости, которая возникает в результате выгорания летучих компонентов, уменьшается. Кроме того, при больших геометрических размерах горящего зеркала жидкости излучения от пламени хватает для прогрева поверхности жидкости до температуры 200–350 °С, которой достаточно для кипения высококипящих фракций нефти и нефтепродуктов. Все вышесказанное позволяет сделать вывод о допущении постоянства интенсивности испарения как однокомпонентных, так и многокомпонентных горючих жидкостей, и, как следствие, постоянство величины высоты факела пламени таких веществ.

Удельная массовая скорость выгорания горючих жидкостей зависит также от теплофизических параметров жидкостей, которые имеют постоянные значения: температура кипения, теплоемкость и скрытая теплота испарения.

Теплофизические параметры твердых горючих веществ и материалов (ТГМ) не являются постоянными величинами. Например, на теплоемкость древесины оказывает влияние ее состав, температура и влажность. Все вышесказанное дополнительно указывает на неспособность существующих методик объективно определить высоту факела пламени ТГМ.

Кроме того, современные методики определения высоты факела пожара предполагают зависимость высоты пламени пожара от величины характерного размера очаговой зоны пожара и допускают его безразмерный характер. В действительности, ряд физических явлений, присутствующих на пожаре, ограничивают скорость, интенсивность горения и его геометрические параметры. Существует мнение, основанное на визуальном наблюдении за открытыми пожарами, согласно которому высота факела пламени  $H_f$  относительно мало меняется с увеличением геометрического размера очага пожара  $D$ , а отношение  $H_f/D$  (относительная высота пламени) в среднем приблизительно составляет 1–2D, то есть высота факела пожара может составлять величину равную  $D^2$  или  $2D^2$  [11].

В отличие от пожаров горючих жидкостей и газов, горение ТГМ имеет свои отличительные черты, обусловленные различиями в их строении, которые, как было указано авторами, ограничивают применение существующих методик определения высоты факела пламени при пожарах ТГМ.

Основные причины, обуславливающие неприменимость этих методик, сводятся к тому, что, в отличие от горения горючих газов и жидкостей, удельная массовая скорость выгорания ТГМ и характерные размеры очага пожара меняются с течением времени. При пожарах горючих газов и жидкостей величина высоты факела пламени остается относительно постоянной с течением продолжительного времени, так как она зависит от количества доставляемого в зону горения горючего компонента, то есть от расхода газа и скорости испарения паров с поверхности жидкости. Характерный размер пожара при горении горючих газов и жидкостей также относительно постоянен с течением времени, так как определяется диаметром истечения горючего газа из технологического оборудования и площадью поверхности зеркала жидкости (особенно если речь идет о горючих жидкостях, хранящихся в наземных резервуарах).

В случае горения ТГМ процессы, сопровождающие их нагрев, значительно более сложны и многообразны. Если при горении жидкости теплота от пожара расходуется только на прогрев и испарение горючей жидкости, то при горении ТГМ теплота пожара тратится либо на плавление, либо на термическое разложение ТГМ, в результате чего горючие летучие составляющие, из которых состоят эти материалы, будут поступать в зону химической реакции горения. Кроме того, большинство используемых в повседневной деятельности человека ТГМ относятся к природным полимерам (например древесина),

состоящим из множества различных компонентов, выход летучих продуктов разложения которых происходит при разных температурах. Образующийся в результате термического разложения и горения слой углистого остатка на поверхности древесины также оказывает влияние на скорость поступления летучих продуктов разложения к пламенной зоне. Следовательно, удельная массовая скорость выгорания большинства ТГМ не имеет постоянной величины.

Такие геометрические параметры пожаров ТГМ, как его диаметр, ширина или длина меняются быстрее, чем при пожарах горючих жидкостей и, тем более, пожаров горючих газов.

Существуют также другие факторы, от которых зависит удельная массовая скорость выгорания ТГМ, характерные только для данного вида горючих материалов и которые не учтены в методиках определения высоты факела пламени пожара. Можно констатировать, что вопрос изменения скорости горения твердых веществ от различных факторов на сегодняшний день недостаточно изучен.

Рассмотрим влияние некоторых из этих факторов на примере горения древесины. ТГМ в зависимости от формы и объема имеют различную удельную поверхность. В связи с этим скорость восприятия ими тепла, а, следовательно, и скорость прогрева, разложения и горения также различны и зависят от этой величины. Чем больше для ТГМ величина отношения поверхности к объему, тем быстрее оно прогревается, воспламеняется и с большей скоростью горит. На рис. 1 приведена зависимость величины потери веса при горении деревянных брусков различного поперечного сечения. Изменение потери веса материала можно принять как изменение скорости его горения. Наибольшую скорость выгорания имеет брусок  $1 \times 1 \times 10$  см, удельная поверхность у него равна  $4,02 \text{ см}^{-1}$ . Наименьшую скорость выгорания имеет брусок размером  $4 \times 4 \times 10$  см, величина удельной поверхности у которого в 4 раза меньше ( $1 \text{ см}^{-1}$ ). Это подтверждается и практикой пожаротушения, которая показывает, что бревенчатые стены горят с меньшей скоростью, чем каркасные.

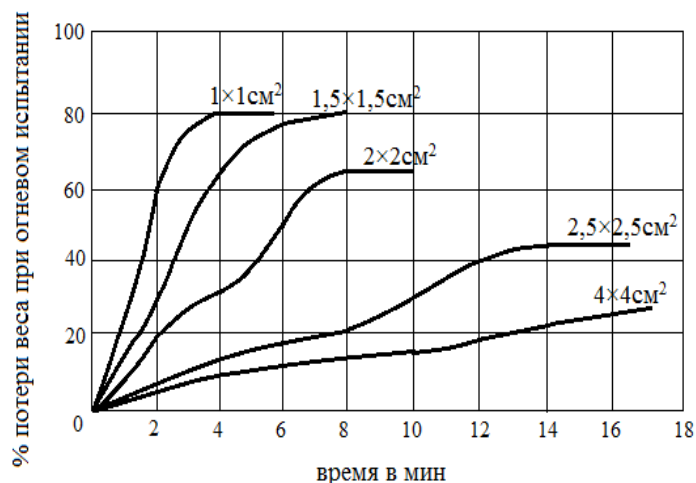


Рис. 1. Изменение скорости горения деревянных брусков от их поперечного сечения

На величину скорости горения ТГМ также влияет и количество горючего, сосредоточенного на единице площади. При увеличении загрузки горючего на единице площади скорость горения вещества немного повышается. При количестве древесины  $25 \text{ кг/м}^2$  средняя скорость горения равна  $50 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$  ( $0,0138 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ ), а при количестве  $50 \text{ кг/м}^2$  скорость горения –  $52 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$  ( $0,0144 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ ).

Различная величина удельной массовой скорости выгорания древесины объясняется неоднородной теплопроводностью данного материала, обусловленного природой строения данного ТГМ. Теплопроводность древесины вдоль волокон выше, чем поперек их. Для

сосновой древесины теплопроводность поперек волокон составляет 0,628 кДж/м·град·ч, а вдоль волокон – 1,256 кДж/м·град·ч. В связи с этим разложение элемента древесины (при одинаковых условиях нагрева) с торца происходит на большую глубину, чем с боковой поверхности [12].

На величину удельной массовой скорости выгорания влияет также плотность и геометрическая толщина ТГМ. Чем плотнее древесина, тем больше тепла затрачивается на ее прогрев. То же самое можно сказать о толщине ТГМ [13].

Величина удельной массовой скорости выгорания композиционных конденсированных ТГМ, в том числе древесины, зависит от химического состава этих веществ и материалов. Химический состав древесины, то есть содержание и соотношение основных компонентов (целлюлозы, лигнина, гемицеллюлозы и экстрактивных веществ) неодинаков даже у одной породы или разновидности древесных растений и может быть различным даже в разных частях одного и того же растения, так как состав зависит от региона и условий произрастания.

У каждого из основных компонентов древесины свои интервалы температур термического разложения, что, несомненно, влияет на скорость поступления к зоне горения летучих компонентов и в итоге на высоту факела пламени. Термогравиметрические исследования составляющих древесины показывают, что их разложение происходит в следующих температурных интервалах: гемицеллюлоза – 200–260 °С, целлюлоза – 240–350 °С, лигнин – 280–500 °С. После воспламенения температура верхнего слоя древесины повышается за счет тепла, излучаемого пламенем, и достигает 290–300 °С. При этой температуре выход газообразных продуктов максимальный и высота факела пламени наибольшая [14].

Основные компоненты древесины характеризуются разной теплотой сгорания, величина которой определяет интенсивность тепловыделения от пожара, которая, в свою очередь, влияет на прогрев ТГМ факелом пожара. Это обеспечивает поступление в зону горения больших порций газообразных продуктов термического разложения и более интенсивное выгорание образующегося углистого остатка.

Существует ряд методик по определению высоты факела пожара, которые основаны на величине интенсивности тепловыделения от пожара, зависящей от величины низшей теплоты сгорания ТГМ и меняющейся с течением времени [4–8]. Так, если в составе древесины присутствует большая доля лигнина (хвойные древесные породы) и экстрактивных веществ (воск, смолы, сложные эфиры, многоатомные фенолы, ненасыщенные углеводороды и т.д.), то теплота, выделяющаяся при горении таких пород древесины, будет иметь более высокое значение, так как эти вещества являются самыми высокоэнергетическими составляющими древесины.

Термическое разложение древесины, образование углистого остатка с его последующим окислением в гетерогенном режиме у древесины хвойных пород начинается раньше по сравнению с лиственной древесиной. Следовательно, максимальное значение массовой скорости выгорания древесины и кокса выше у образцов хвойной породы. При термическом разложении древесины лиственных пород образуется углистый остаток с более плотной структурой.

Наличие таких наименее термостабильных компонентов в составе древесины, как гемицеллюлозы и экстрактивных веществ, способствует образованию углистого остатка (кокса), благодаря наличию в их составе ароматических ядер и ненасыщенных углеродных групп. Образование углистого слоя снижает скорость поступления продуктов термического разложения древесины и высоту факела пламени пожара. На рис. 2 приведены типичные кривые скорости потерь массы древесины, которую можно рассматривать как удельную массовую скорость выгорания при действии внешнего радиационного теплового потока постоянной плотности в 40 кВт/м<sup>2</sup>. В качестве примера приведены результаты испытаний образцов древесины хвойных и лиственных пород [15].

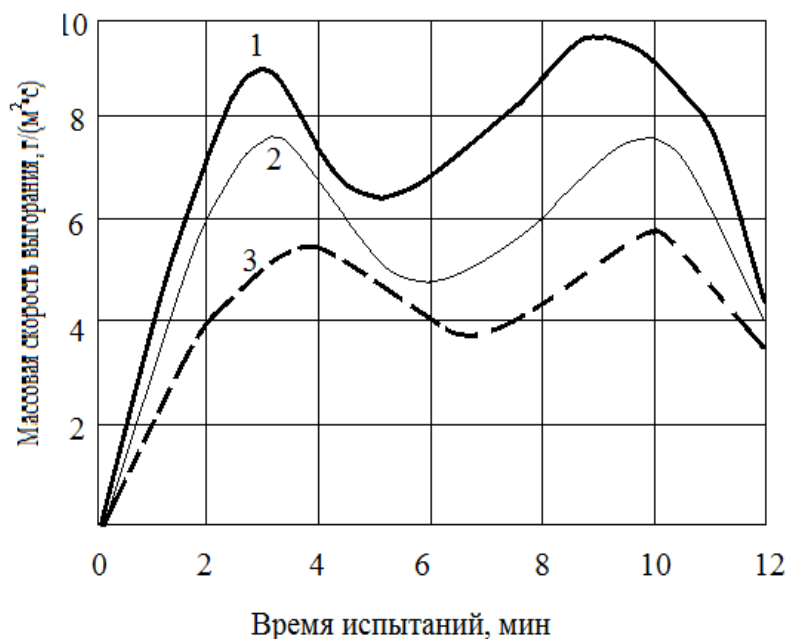


Рис. 2. Изменение массовой скорости выгорания древесины различных видов во время испытания при плотности внешнего теплового потока  $40 \text{ кВт/м}^2$ :  
1 – сосна; 2 – ель; 3 – лиственничная древесная порода

Неравномерность удельной массовой скорости выгорания объясняется наличием на поверхности древесины углистого слоя, препятствующего поступлению к зоне горения летучих продуктов разложения древесины. С течением времени этот углистый слой растрескивается в результате чрезмерной толщины или выгорает в результате поверхностного гетерогенного горения (тления), обеспечивая снова доступ летучих продуктов. Вследствие этого высота факела пламени пожара древесины также будет меняться с течением времени и будет наибольшей на начальной стадии термического разложения материала, когда слой кокса не обладает достаточной толщиной.

Можно сделать вывод о необходимости разработки методики определения высоты факела пламени ТГМ, которая будет учитывать те дополнительные факторы, которые оказывают влияние на величину данного геометрического параметра, например удельную поверхность ТГМ. Объективно рассчитанная величина факела пламени пожаров ТГМ позволит рассчитать безопасные расстояния пребывания людей рядом с пожаром, а также определять величину противопожарных расстояний между объектами защиты.

### Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистический сб. / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019. С. 50.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: статистический сб. / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020. С. 48.
3. Терехнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. Основы тушения пожаров: учеб. пособие / под общ. ред. М.М. Верзилина. М., 2009. С. 69.
4. Пузач С.В., Абакумов Е.С. К определению высоты пламенной зоны при диффузионном горении жидкости // Пожаровывобезопасность. 2012. Т. 21. № 2. С. 33.
5. Иванов Е.Н. Расчет и проектирование систем противопожарной защиты. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Химия, 1990. С. 61.
6. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров: пер. с англ. К.Г. Бомштейна / под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова. М.: Стройиздат, 1990. 424 с.
7. Волков С.А., Есипович Д.Л., Дмитриченко А.С. Анализ методов испытаний по устойчивости к огневому воздействию полимерных трубопроводов в автоматических

установках пожаротушения // Приборостроение – 2015: материалы 8-й Междунар. науч.-техн. конф. С. 65.

8. Иванов Е.Н. Пожарная защита открытых технологических установок. М., Химия, 1975. С. 21.

9. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

10. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (утв. и введ. в действие приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 182). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

11. Волков О.М., Проскуряков Г.А. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. М.: Недра, 1981. С. 117–118.

12. Демидов П.Г. Горение и свойства горючих веществ. М.: Изд-во Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1962. С. 213–215.

13. Корольченко А.Я. Процессы горения и взрыва. М.: Пожнаука, 2007. С. 138.

14. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1981. С. 155.

15. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение и пожарная опасность древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 1. С. 19–31.

УДК 614.841

## **ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ В ГАЗОЖИДКОСТНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ**

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

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

**А.А. Пермьяков, кандидат педагогических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Установлено, что фазовое состояние систем должно учитывать сложность и многообразие межмолекулярных взаимодействий структурных частиц, при этом в расчетной термодинамической модели желательнее представить общие кубические уравнения состояния. Показано, что экспериментальное значение коэффициента сжимаемости жидкой фазы не соответствует оптимальным условиям, однако использование еще одного параметра в уравнении состояния реального газа дает возможность определить значение коэффициента критической сжимаемости и тем самым приблизить результаты вычисления плотности жидкой фазы к экспериментальным данным для заданной температуры исследуемого углеводородного соединения.

*Ключевые слова:* сжиженный природный газ, фазовое состояние, фазовое равновесие, термодинамическая модель, критические параметры

## **PHASE EQUILIBRIUM IN GAS-LIQUID HYDROCARBON COMPOUNDS**

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

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

It has been established that the phase state of systems should take into account the complexity and variety of intermolecular interactions of structural particles. It is desirable to represent the third degree general equations of the calculated thermodynamic state model. It is shown that the experimental value of liquid phase compressibility coefficient the does not



correspond to optimal conditions. However, one more parameter in the equation of real gas state makes it possible to determine the value of the coefficient of critical compressibility and thereby bring the results of calculating the density of the liquid phase closer to the experimental data for a given temperature of the hydrocarbon compound.

*Keywords:* liquefied natural gas, phase state, phase equilibrium, thermodynamic model, critical parameters

Производство сжиженного природного газа (СПГ) является динамично развивающейся отраслью в Российской Федерации. Поскольку начальный продукт, поступающий на предприятия, производящие СПГ, относится к категории сложнокомпонентных систем, решение проблемы поддержания безопасности в ходе технологических процессов по подготовке, сжижению, транспортировке, хранению и регазификации природного газа предполагает на своем начальном этапе анализ и прогнозирование поведения природного газа и отдельных его компонентов.

Технологические процессы производства СПГ включают в себя ректификацию с последующим фракционированием, сепарацию на основе абсорбции и адсорбции добываемого газового сырья в достаточно низкотемпературных условиях. Безопасность работы транспортно-технологического оборудования, используемого при производстве СПГ, определяется составом добываемого газового сырья, производительностью оборудования, спецификацией товарного продукта, а так же другими факторами [1].

Соотношение между параметрами газообразной и жидкой фазы представляет собой набор уравнений, которые описывают уровень сложности и характер межмолекулярных взаимодействий структурных частиц, составляющих природный газ. Первым уравнением, отражающим силы межмолекулярного взаимодействия и учитывающим объем молекул, является уравнение Ван-дер-Ваальса, которое в дальнейшем легло в основу нескольких уравнений состояния реального газа, которые позволяли прогнозировать параметры состояний углеводородных продуктов, находящихся в различных фазах:

$$\left( P + \frac{a}{v^2} \right) \cdot (v - b) = R \cdot T ,$$

где  $a$  и  $b$  – эмпирические поправки на давление и удельный объем соответственно.

Однако эти уравнения описывают поведение чистых компонентов, а затем, на основе законов смешивания – смесей углеводородов с учетом известных значений отдельных компонентов, входящих в смесь.

Уравнения состояния газожидкостных углеводородных соединений можно разделить на две категории:

1) кубические, которые позволяют получить достаточно приемлемые для решения прикладных задач результаты фазового равновесия в таких соединениях и к которым можно отнести уравнения Ван-дер-Ваальса и Пенга-Робинсона [2];

2) некубические, которые достаточно точно описывают соотношения параметров чистых веществ, но непригодны для различных углеводородных смесей, имеющих более сложную структуру, и к которым относится уравнение Бенедикта-Вебба-Рубина, впоследствии доработанное Старлингом [3].

Поэтому реализация возможности нахождения параметров фазового равновесия в углеводородных смесях предполагает использование расчетной термодинамической модели из множества кубических уравнений состояния реальных газов, представленных в литературных источниках.

Уравнение состояния Редлиха-Квонга [4] относится к двухпараметрическим модернизированным уравнениям состояния реального газа Ван-дер-Ваальса и является эмпирической модификацией ранее известных уравнений:

$$P = \frac{R \cdot T}{V - b} - \frac{a}{\sqrt{T} \cdot V \cdot (V + b)}, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – константы, численные значения которых можно получить на основе анализа условий термодинамической устойчивости критической точки, находящейся в состоянии термодинамического равновесия углеводородной смеси.

Введем обозначения:  $T_k$  – критическая температура,  $P_k$  – критическое давление, тогда:

$$\left( \frac{dT}{dV} \right)_{T_k} = 0; \left( \frac{d^2T}{dV^2} \right)_{T_k} = 0,$$

отсюда находятся значения констант  $a$  и  $b$ .

$$a = \frac{1}{9 \cdot (2) - 1} \cdot \frac{R^2 \cdot \sqrt[5]{T_k^2}}{P_k} \approx 0,42748 \cdot \frac{R^2 \cdot \sqrt[5]{T_k^2}}{P_k};$$

$$b = \frac{\sqrt[3]{2} - 1}{3} \cdot \frac{R \cdot T_k}{P_k} \approx 0,08664 \cdot \frac{R \cdot T_k}{P_k}.$$

Если представить уравнение Менделеева-Клапейрона с учетом коэффициента сжимаемости  $Z$ :

$$Z = \frac{P \cdot V}{R \cdot T},$$

тогда уравнение Редлиха-Квонга (1) после несложных преобразований можно привести к кубической форме:

$$Z^3 - Z^2 + (A - B^2 - B) \cdot Z - A \cdot B = 0,$$

где постоянные  $A$  и  $B$  описываются формулами:

$$A = \frac{a \cdot P}{R^2 \cdot \sqrt{T^5}};$$

$$B = \frac{b \cdot P}{R \cdot T}.$$

Уравнение Редлиха-Квонга (1) можно усовершенствовать, если заменить множитель  $a/T^{0.5}$  на множитель с более конкретизированной зависимостью параметра  $a$  от абсолютной температуры  $T$  двухфазной системы и тем самым учесть ее молекулярное строение и полярность межмолекулярных связей в газожидкостных углеводородных соединениях:

$$P = \frac{R \cdot T}{v - b} - \frac{\alpha(T)}{v \cdot (v + b)},$$

где параметрическая зависимость  $\alpha(T)$  описывается уравнением:

$$\alpha(T) = a \cdot 0,42748 \cdot \frac{R^2 \cdot T_k^2}{P_k} = 0,42748 \cdot \left[ 1 + S \cdot \left( 1 - \sqrt{T_r} \right) \right]^2 \cdot \frac{R^2 \cdot T_k^2}{P_k}.$$

Параметрическая переменная  $S$  представляет собой квадратичную зависимость ацентрического фактора Питцера  $\omega$  и вычисляется через критические параметры вещества  $T_k$  и  $P_k$ , характеризуется отклонением свойств исследуемого газожидкостного углеводородного соединения от закона соответственных состояний, тем самым от уровня сферичности молекул:

$$S = 0,48 + 1,574 \cdot \omega - 0,17 \cdot \omega^2,$$

где  $\omega = -1 - \ln(P_r)$  при  $T_r = T/T_k = 0,7$ , а  $T_r$  и  $P_r$  – приведенные значения абсолютной температуры и давления газожидкостного углеводородного соединения соответственно.

В инженерных расчетах и моделировании процессов переработки углеводородного сырья широко используют уравнение состояния Пенга-Робинсона:

$$P = \frac{R \cdot T}{V_m - b} - \frac{a}{V_m \cdot (V_m + b) + b \cdot (V_m - b)}, \quad (2)$$

где:

$$\alpha(T) = a \cdot 0,45724 \cdot \frac{R^2 \cdot T_k^2}{P_k} = 0,45724 \cdot \left[ 1 + m \cdot \left( 1 - \sqrt{T_r} \right) \right]^2 \cdot \frac{R^2 \cdot T_k^2}{P_k}.$$

В работе [5] установлено, что для значений ацентрического фактора  $\omega < 0,49$  величину параметрического коэффициента целесообразно использовать квадратичную эмпирическую зависимость (3), в противном случае применяется кубическое уравнение (4).

$$m = 0,37464 + 1,54226 \cdot \omega - 0,26992 \cdot \omega^2. \quad (3)$$

$$m = 0,37464 + 1,48503 \cdot \omega - 0,16442 \cdot \omega^2 + 0,016666 \cdot \omega^3. \quad (4)$$

Главное различие уравнений состояния Редлиха-Квонга (1) и Пенга-Робинсона (2) состоит в наличии в знаменателе множителя  $b \cdot (v - b)$ , что изменило величину коэффициента сжимаемости  $Z$  для критической точки  $K$ .

Если сравнить данные эксперимента с результатами использования двухпараметрических уравнений состояния для расчета молярного объема  $v_\mu$  жидкой фазы, то для чистого вещества наблюдается, применительно достаточно значительного диапазона температур и давлений, систематическая ошибка [6], которую можно учесть введением понятия «поправочный шифт-параметр»  $s$ , значение которого зависит от соотношения экспериментального и расчетного объема жидкой фракции при приведенном значении температуры  $T_r = 0,7$ :

$$c = 0,40768 \cdot (0,29441 - Z_{RA}) \cdot \frac{R \cdot T_k}{P_k},$$

где  $Z_{RA}$  – коэффициент сжимаемости газовой фазы Рокета.

Значение шифт-параметра  $c$  связано с соответствующим значением скорректированного молярного объема линейной зависимости:

$$v_{\mu}^c = v - c.$$

Использование скорректированного молярного объема дает возможность повысить точность нахождения плотности жидкой фракции  $\rho_{ж}$  и в условиях небольших и средних значений давлений не наблюдается существенного влияния на плотность паровой фазы  $\rho_n$ , так как величина его молярного объема  $v_{\mu}$  по сравнению со значением шифт-параметра  $c$  является относительно большим.

В работе [7] показано, что экспериментальное значение коэффициента сжимаемости жидкой фазы  $Z_k$  не соответствует оптимальным условиям, однако использование еще одного параметра в уравнении состояния реального газа дает возможность определить значение коэффициента критической сжимаемости и тем самым приблизить результаты вычисления плотности жидкой фазы к экспериментальным данным для заданной температуры исследуемого вещества:

$$P = \frac{R \cdot T}{v - b} - \frac{\alpha(T)}{v \cdot (v + c) + c \cdot (v - c)}, \quad (5)$$

где значение  $\alpha(T)$  зависит от величины температуры газовой фазы, а величины  $b$  и  $c$  являются постоянными.

В уравнении (5) используется кубическая форма уравнения состояния и обобщенная теория Ван-дер-Ваальса в модели межмолекулярного притяжения, тогда соответствующие постоянные определяются как:

$$\alpha(T) = \alpha(T_r) \cdot \Omega_{\alpha} \cdot \frac{R^2 \cdot T_c^2}{P_c};$$

$$b = \Omega_b \cdot \frac{R \cdot T_c}{P_c}; \quad (6)$$

$$c = \Omega_c \cdot \frac{R \cdot T_c}{P_c}. \quad (7)$$

Более достоверные расчетные данные для углеводородных соединений с ацентрическим фактором  $\omega \approx 0,33$  можно получить, если учитывать значение этого параметра при оценке сил межмолекулярного притяжения, что и положено в основу уравнения состояния Шмидта-Венцеля:

$$P = \frac{R \cdot T}{v - b} - \frac{\alpha_k \cdot a}{v^2 + b \cdot v \cdot (1 + 3 \cdot \omega) - 3 \cdot b^2 \cdot \omega}, \quad (8)$$

где:

$$\alpha_k = \Omega_{ac} \cdot \frac{R^2 \cdot T_k^2}{P_k};$$

$$b = \Omega_b \cdot \frac{R \cdot T_k}{P_k}.$$

Приведенное значение ацентрического фактора  $\Omega_{ac}$  непосредственно связано с коррелирующим параметром  $q$ :

$$\Omega_{ac} = [1 - \eta \cdot (1 - q)]^3 \approx \eta \cdot q = \eta \cdot \frac{b}{v_k},$$

где:

$$\eta = \frac{1}{3 \cdot (1 + q \cdot \omega)}.$$

В свою очередь, значение коррелирующего параметра  $q$  можно вычислить, решая кубическое уравнение:

$$(6 \cdot \omega + 1) \cdot q^3 + 3 \cdot q^2 + 3 \cdot q - 1 = 0;$$

$$q \approx 0,25989 + 0,0217 \cdot \omega - 0,00375 \cdot \omega^2.$$

Использование уравнения Шмидта-Венцеля (8) в определении параметров состояния газожидкостных углеводородных соединений позволяет достигнуть оптимальной точности в определении объема жидкой фазы. Однако в точности определения плотности жидкой фазы проявляется 15 % систематическая ошибка, которой можно избежать, если ввести дополнительную четвертую константу  $d$  в обобщенное уравнение состояния (9), что и было предложено А.И. Брусиловским в работе [8]:

$$P = \frac{R \cdot T}{V - b} - \frac{a}{(V + c) \cdot (V + d)}; \quad (9)$$

$$a = \alpha \cdot \frac{R^2 \cdot T_k^2}{P_k} \cdot [1 + \psi \cdot (1 - \sqrt{T_r})]^2.$$

В уравнениях (6) и (7), позволяющих вычислить значения постоянных  $b$  и  $c$ , ацентрические факторы  $\Omega$  заменяются в этих уравнениях на некоторые константы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\sigma$ ,  $\delta$ , значения которых связаны с соответствующими ацентрическими факторами  $\Omega$ . Величина введенной четвертой константы  $d$  также определяется из уравнения, аналогичного уравнению (7). Условия, позволяющие получить значения этих четырех констант с учетом экспериментальных значений параметров критического состояния газожидкостных углеводородных соединений  $P_k$ ,  $T_k$ , и  $V_k$ , имеют вид системы дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial P}{\partial V} = 0 \\ \frac{\partial^2 P}{\partial V^2} = 0 \end{array} \right\} \text{при} \left. \begin{array}{l} V(P_k, T_k); \\ P = P_k; \\ T = T_k \end{array} \right\}.$$

В результате получаем:

$$\begin{aligned} \alpha &= \Omega_c^3; \beta = Z_k^* + \Omega_c - 1; \\ \sigma &= -Z_c^* + \Omega_c \cdot (0,5 + \sqrt{\Omega_c - 0,75}); \\ \delta &= -Z_c^* + \Omega_c \cdot (0,5 - \sqrt{\Omega_c - 0,75}). \end{aligned} \quad (10)$$

В уравнении (10) значения независимых переменных  $\Omega_c$ ,  $Z_c$  и  $\psi$  должны удовлетворять условиям минимального расхождения результатов расчета и натурального эксперимента.

Таким образом, в ходе изучения аналитических уравнений, пригодных для анализа состояния газожидкостных углеводородных соединений, прежде всего, уравнений Ван-дер-Ваальса, Пенга-Робинсона, Редлиха-Квонга, Бенедикта-Вебба-Рубина, Шмидта-Венцеля можно сделать вывод о невозможности выделения зависимости, одинаково пригодной для достаточно точного описания термодинамических свойств различного вида описываемых систем. Однако модификация Пенга-Робиссона-Стрижека-Веры и переход к четырехзвенной структуре экспериментальных констант, а также учет ацентрических факторов обеспечивает достаточно приемлемое расхождение расчетных и экспериментальных данных в описании условий фазового равновесия, не превышающее 5 %.

### Литература

1. Особенности фазового равновесия смесей углеводородов C1-C3 с азотом / Е.Б. Федорова [и др.] // Химия и технология топлив и масел. 2018. № 1 (605). С. 36–40.
2. Katz D., Firoozabadi A. Predicting phase behavior of condensate/crude-oil systems using methane interaction coefficients // Journal of Petroleum Technology. 1978. № 11. P. 1 649–1 655.
3. Firoozabadi A. Thermodynamics of Hydrocarbon Reservoirs // McGraw-Hill. 1989. 353 p.
4. Redlich O. On the Three-Parameter Representation of the Equation of State // Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals. 1975. V. 14. № 3. P. 257–260.
5. Starling K.E. A New Approach for Determining Equation-of-State Parameters Using Phase Equilibria Data // SPE Journal. 1966. Vol. 237. P. 363–371.
6. Peneloux A., Rauzy E., Freze R. A Consistent Correction for Redlich-Kwong-Soave Volumes // Fluid Phase Equilibria. 1982. Vol. 8. P. 7–23.
7. Patel N.C., Teja A.S. A new cubic equation of state for fluids and fluid mixtures // Chem. Eng. Sci. 1982. Vol. 37. P. 463–473.
8. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. М.: Грааль, 2002. 575 с.



# ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

---

---

УДК 343.241

## УСЛОВНОЕ НЕПРИМЕНЕНИЕ УГОЛОВНОГО НАКАЗАНИЯ: ЗА И ПРОТИВ

**Г.А. Агаев, доктор юридических наук, профессор.**

**Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения.**

**А.А. Медведева, доктор юридических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается институт условного неприменения уголовного наказания. Обращено внимание на необходимость условного неприменения уголовного наказания в системе освобождения от наказания.

*Ключевые слова:* Уголовный кодекс Российской Федерации, наказание, система наказаний, освобождение от наказания, виды освобождения от наказания, классификация видов освобождения от наказания, условное неприменение наказания

## CONDITIONAL SUSPENDED PENALTY: PROS AND CONS

G.A. Agaev. Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation.

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

The article considers the institution of conditional suspended penalty. Attention is drawn to the need for conditional suspended penalty in the system of exemption from punishment.

*Keywords:* Criminal code of Russian Federation, punishment, system of punishments, exemption from punishment, types of exemption from punishment, classification of types of exemption from punishment, conditional suspended penalty

Наказание, как и преступление, – фундаментальная категория уголовного права, что проявляется в его сущности, целях, социальной роли, месте в системе уголовного права. Без наказания не может быть полноценной борьбы с преступностью. В наказании, его содержании, механизме назначения и исполнения, прежде всего, выражается действительный демократизм конкретного общества или его отсутствие. При этом в зависимости от общественно-экономической формации, от политических, социальных, культурных и моральных взглядов, доминирующих в обществе, зависит его содержание.

Система наказания строится сообразно господствующим взглядам на способы противодействия преступности и отображает результаты генезиса общества, корреспондирует тем или иным этапам его развития [1]. Подобный подход видится правильным, так как именно в системе наказаний больше всего выражены характеристики

уголовной политики государства, которая, в свою очередь, зависит от развитости социального правосознания, общественно-экономического, политического строя страны, состояния преступности и т.п.

Действующая система наказаний (ст. 44 Уголовного Кодекса Российской Федерации (УК РФ), образует закрытый (исчерпывающий) перечень из 13 мер государственного принуждения<sup>1</sup>. Суд может назначить наказание только из указанного списка. В российском уголовном законодательстве, по сравнению с другими государствами, перечень наказаний весьма обширен, что создает суду достаточные условия для индивидуализации назначения наказания. В тоже время некоторые предусмотренные УК РФ так называемые альтернативные наказания (арест) до сих пор не введены в действие, что, на взгляд авторов, является ущербным.

Отметим, что в системе наказаний конкретные их виды располагаются не хаотично, а от менее к более строгому («лестница наказаний»). В санкциях уголовно-правовых норм Особенной части УК РФ наказания также располагаются последовательно от менее к более строгому, что, очевидно, должно ориентировать суды в вопросе выбора меры наказания. Более строгое наказание из предусмотренных за конкретное преступление можно назначать только тогда, когда менее строгий вид наказания не обеспечит достижение целей наказания. Если в санкции уголовного закона наряду с лишением свободы предусмотрены и другие виды наказания, то суд в приговоре должен мотивировать свой выбор в пользу назначения лишения свободы<sup>2</sup>.

Другое дело, когда иногда к моменту вынесения приговора становится понятным, что цели наказания уже практически достигнуты: виновное лицо доказало свое исправление. Для такой ситуации в уголовном законе согласно принципам гуманизма и справедливости предусмотрена возможность освобождения лица от реального исполнения наказания.

Сущность института освобождения от реального исполнения наказания заключается в том, что по основаниям, предусмотренным уголовным законом, лицо, совершившее преступление, может (а в некоторых случаях – должно) быть освобождено судом: а) от назначения наказания за совершенное преступление; б) от реального отбывания наказания, назначенного приговором суда; в) досрочно от дальнейшего отбывания частично отбытого осужденным к этому времени наказания, назначенного судом.

Справедливо заметить, что вопросы генезиса и совершенствования рассматриваемого института в целом [2], видов освобождения от наказания [3, 4], а также в контексте совершения отдельных преступлений [5, 6], ресоциализации лиц, освобожденных от наказания [7], обращают на себя внимание и отечественных [8], и зарубежных ученых [9].

Освободить лицо, совершившее преступление, от наказания может только суд, за исключением освобождения от наказания в силу акта амнистии или помилования.

Общим основанием освобождения лица от реального исполнения наказания является нецелесообразность или невозможность назначения или исполнения наказания в силу утраты или значительного уменьшения общественной опасности лица, совершившего преступление, ухудшения состояния его здоровья или по иным законным основаниям.

Социальное назначение рассматриваемого института состоит в экономии уголовной репрессии и стимулировании исправления лица, совершившего преступление, содействии его скорейшему приспособлению к требованиям правопорядка.

Юридическое значение освобождения от наказания заключается в аннулировании правовых последствий совершенного преступления, так как лицо, освобожденное от наказания, считается несудимым.

<sup>1</sup> См.: ч. 2 ст. 86 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

<sup>2</sup> См. п. 2 постановления Пленума Верховного Суда РФ от 22 дек. 2007 г. № 58 «О практике назначения судами Российской Федерации уголовного наказания» // Бюлл. Верховного Суда Рос. Федерации. 2016. Февраль. № 2.



Но если освобождение от наказания является условным, то до истечения срока испытания лицо остается судимым, и это учитывается при назначении наказания за новое преступление, совершенное в период срока испытания.

Институт освобождения от наказания имеет межотраслевую природу. Он включает в себя нормы уголовного права, закрепляющие основания освобождения от уголовного наказания<sup>3</sup>, предписания уголовно-процессуального права<sup>4</sup>, определяющие процедуру освобождения от наказания, и нормы уголовно-исполнительного права<sup>5</sup>.

Действующее уголовное законодательство в гл. 12 УК РФ предусматривает основные виды освобождения от наказания. Кроме того, освобождают от наказания также согласно акту амнистии и помилования.

В ст. 72 УК РФ предусмотрена возможность полного освобождения от наказания лиц, содержащихся под стражей до судебного разбирательства, которых суд приговорил к штрафу либо лишению права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью в качестве основного вида наказания (с учетом срока содержания под стражей).

По значимости усмотрения суда в решении этого вопроса освобождение от наказания может быть обязательным и факультативным. К первой группе относятся те виды освобождения, которые применяются в обязательном порядке<sup>6</sup>. Остальные виды освобождения относятся к факультативным, так как их применение является правом суда.

В зависимости от возможности последующей отмены в случае невыполнения возложенных обязанностей освобождение от наказания может быть условным и безусловным.

Вышеназванные классификации убедительно доказывают существующую в действующей уголовной доктрине проблему классификации рассматриваемой группы соответствующих видов освобождений от наказания. Такое состояние дел со временем только усугубилось в связи с внесением в гл. 12 УК РФ новых видов освобождений от наказания (например ст.ст. 82, 82.1 УК РФ). Очевидно, на сегодня рассматриваемая глава УК РФ продолжает оставаться «универсальным запасником», что существенно затрудняет классификацию видов освобождения от наказаний, входящих в данную главу.

Авторы осознают, что всякая предложенная классификация видов освобождения от наказания в ее нынешнем виде не будет лишена недостатков и в первую очередь «претензия» будет заключаться в отсутствии единого критерия.

Вместе с тем авторы считают, что поскольку освобождение от наказания, как указывалось выше, осуществляется преимущественно судом, соответствующие меры уголовно-правового характера по судебному порядку их применения можно разделить на следующие группы: освобождение от наказания без назначения такового (с постановлением приговора без назначения наказания), от назначаемого (либо назначенного) наказания или от дальнейшего его отбывания.

К первой группе относится освобождение от наказания по амнистии<sup>7</sup>, которое осуществляется либо обвинительным приговором суда, если виновный предан суду ко времени объявления Государственной Думой Российской Федерации амнистии, либо иным предусмотренным уголовно-процессуальным законодательством судебным актом, если лицо к этому времени отбывает назначенное по приговору суда наказание.

<sup>3</sup> См. гл. 12 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

<sup>4</sup> См. гл. 47 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации от 18 дек. 2001 г. № 174-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации от 24 дек. 2001 г. № 52 (ч. I). Ст. 4921.

<sup>5</sup> См. гл. 21 Уголовно-исполнительного кодекса Российской Федерации от 8 янв. 1997 г. № 1-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1997. № 2. Ст. 198.

<sup>6</sup> См. ст. ст. 81, 83, 84, 85 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

<sup>7</sup> См. ч. 2 ст. 84 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

К этой группе относится и освобождение от наказания с применением предусмотренных ч. 2 ст. 90 УК РФ мер при осуждении несовершеннолетнего за преступление небольшой или средней тяжести (ч. 1 ст. 92 УК РФ). Такие воспитательные меры по смыслу закона могут применяться как без назначения осужденному наказания, так и с его назначением. Это особенно характерно для тех случаев, когда судом вышестоящей инстанции изменяется приговор, которым виновный уже осужден к наказанию, но, по обстоятельствам дела, от назначенного судом первой инстанции наказания может быть освобожден с применением к нему принудительных мер воспитательного воздействия.

К этой же группе относится освобождение от отбывания наказания в связи с истечением сроков давности обвинительного приговора суда (ст. 83 УК РФ). Лицо освобождается от наказания как судебным решением, выносимым в порядке производства по рассмотрению и разрешению вопросов, связанных с исполнением приговоров, так и обвинительным приговором, если виновный предается суду за вновь совершенное преступление и на момент его осуждения истекли сроки давности полностью или частично неисполненного приговора, ранее вынесенного в отношении этого же лица. Такое возможно, например, в тех случаях, когда в отношении осужденного вынесено постановление суда об отсрочке исполнения приговора (ст. 398 Уголовно-процессуальный кодекса РФ) и лицо осуждается за вновь совершенное преступление. На момент же вынесения виновному нового обвинительного приговора истекает установленный ст. 83 УК РФ срок давности того обвинительного приговора, исполнение которого было отсрочено судом по предусмотренным уголовно-процессуальным законодательством основаниям, в основном коррелирующим с соответствующими мерами уголовно-правового характера (например, с предусмотренным ст. 81 УК РФ освобождением от наказания в связи с болезнью).

Ко второй группе относится только один из общих видов освобождения от наказания – в связи с изменением обстановки.

По обвинительному приговору суда, выносимому с назначением осужденному наказания, применяется также и один из специальных видов освобождения от наказания<sup>8</sup>, когда взамен назначенного наказания суд применяет к осужденному особую принудительную меру воспитательного воздействия – помещение в специальное учебно-воспитательное учреждение закрытого типа.

Кроме того, также в примечании к ст. 134 УК РФ предусмотрено специальное основание для освобождения от наказания судом в таком же порядке, то есть по обвинительному приговору и без назначения наказания.

И наконец, к третьей группе соответствующих видов освобождения от наказания относятся условно-досрочное освобождение и замена неотбытой части наказания более мягким видом наказания<sup>9</sup>.

К условному неприменению наказания относятся и освобождение от наказания в связи с болезнью, отсрочка отбывания от наказания и отсрочка отбывания наказания больным наркоманией. К этой же группе следует отнести условное осуждение и освобождение лица от наказания или от его дальнейшего отбывания в связи с объявлением амнистии.

В доктрине уголовного права присутствуют и другие мнения в понимании классификации видов освобождения от реального исполнения наказания. Но единодушие заключается в том, что указанное освобождение считается условным, так как к поведению освобождаемого предъявляются требования, невыполнение которых влечет отмену освобождения, после чего осужденный вынужден будет отбывать назначенное наказание или неотбытую его часть.

<sup>8</sup> См. ч. 2 ст. 92 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

<sup>9</sup> См. ст.ст. 79 и 80 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

В то же время в доктрине давно ставится вопрос о целесообразности и эффективности неприменения наказания. Такие виды освобождения, как отсрочка отбывания от наказания, отсрочка отбывания наказания больным наркоманией, условное осуждение являются остро дискуссионными. Другими словами, есть сторонники и противники.

Одним из основных аргументов в пользу рассматриваемого института является необходимость подтверждения гуманности и справедливости уголовного закона. Не менее важной является возможность разгрузить уголовно-исполнительную систему Российской Федерации от значительного количества лиц, отбывающих лишение свободы.

Так, по официальным данным, из общего числа осужденных в 2019 г. лишь 3 209 человек (1 %) были освобождены от наказания в связи с амнистией или по другим основаниям. Таким образом, 99 % осужденных в России несут одно из предусмотренных УК РФ наказаний<sup>10</sup>.

Безусловно, лишение свободы необходимо назначать крайне избирательно, планомерно заменяя иными наказаниями, в том числе и условным осуждением, а точнее – его подвидами, естественным образом из него вытекающими.

Близкой по содержанию к предыдущему подходу представляется позиция И.М. Агзамова. Так, в своей научной статье указанным ученым было высказано мнение, что условность института неприменения наказания объясняется рядом обстоятельств.

Во-первых, условное неприменение наказания – это один из возможных, но не обязательных этапов применения уголовного наказания.

Во-вторых, для определенного вида условного неприменения наказания существуют свои основания и здесь важно соблюсти баланс между неотвратимостью наказания и рациональностью экономии мер государственного принуждения.

В-третьих, условность означает, что вероятность неприменения наказания зависит от степени возможного исправления осужденного, его ресоциализации и предупреждения совершения им нового преступления [10].

Отметим, что за последнее десятилетие значительно снизилось число вновь осужденных, которых ранее освободили по условно-досрочному освобождению: с 55 957 человек (21,5 %) в 2008 г. до 18 135 человек в 2019 г. (8,2 %)<sup>11</sup>.

В тоже время в современной литературе можно встретить и противоположную позицию, согласно которой институт условного неприменения наказания требует серьезной доработки, поскольку далеко не всегда условно осужденный оправдывает оказанный ему кредит доверия со стороны суда и общества. Так, треть всех преступлений совершают рецидивисты<sup>12</sup>.

Сторонники противоположного подхода отмечают, что в России в последнее время условное неприменение наказания получило достаточно широкое применение (в 2019 г. условно осуждены 76 717 человек (26,3 %) <sup>13</sup>, хотя наблюдается постоянный плавный рост преступности<sup>14</sup>. К лишению свободы приговаривается все меньше лиц, совершивших преступления. В качестве дополнительного аргумента сторонники данного подхода приводят данные судебной практики. Так, Россия вошла в число стран, где наблюдалось наиболее значительное снижение численности заключенных – на 32,4 % за последние 10 лет<sup>15</sup>. К реальному лишению свободы в 2019 г. приговорили 84 750 человек (29 %). Для сравнения двумя годами ранее число осужденных к реальному лишению свободы составляло 200 335 человек.

<sup>10</sup> URL: <http://cdep.ru/index.php?id=79&item=5081> (дата обращения: 20.12.2020).

<sup>11</sup> URL: <https://pravo.ru/news/222328/> (дата обращения: 14.01.2021).

<sup>12</sup> URL: <https://pravo.ru/story/215463/> (дата обращения: 19.01.2021).

<sup>13</sup> URL: <http://cdep.ru/index.php?id=79&item=5081> (дата обращения: 19.01.2021).

<sup>14</sup> URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5febdd119a7947030b79f554> (дата обращения: 19.01.2021); <https://iz.ru/970926/ivan-petrov/sveli-schety-statistika-mvd-govorit-o-roste-prestupnosti> (дата обращения: 19.01.2021).

<sup>15</sup> URL: <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2019/04/02/798027-rossii-dolshe-deshevle> (дата обращения: 19.01.2021).

Очевидно, что количество осужденных в ходе либерализации уголовно-исполнительной политики нашего государства сокращается. Уже за последние 10 лет их число уменьшилось почти на 250 тыс. человек<sup>16</sup>.

В целом подобная тенденция (не всегда одобряемая) прослеживается на территории всей Европы. Согласно ежегодному докладу по уголовной статистике SPACE II за 2019 г., проводимому Лозаннским университетом по поручению Совета Европы, европейские государства все чаще прибегают к санкциям и мерам, не связанным с изоляцией правонарушителей от общества и с лишением свободы<sup>17</sup>.

Представляется, что заслуживают поддержки сторонники второго взгляда. Вместе с тем нельзя согласиться полностью с мнением об упразднении института условного неприменения наказания.

Во-первых, представляется, что в ряде случаев, действительно, нецелесообразно реально применять к осужденному назначенное наказание, достаточно уже самого факта порицания от имени государства в совокупности с угрозой исполнения наказания.

Во-вторых, рассматриваемый институт является своеобразным воплощением в уголовном законе принципов гуманизма и справедливости.

В-третьих, сами диспозиции ст.ст. 73, 82, 82.1 УК РФ содержат признаки условности: суд устанавливает испытательный срок, в течение которого осужденный должен своим поведением доказать свое исправление. Временные границы этого срока варьируются в зависимости от вида наказания, которое суд постановит считать условным.

В-четвертых, условное неприменение наказания имеет ряд законодательных ограничений и в ряде случаев не назначается<sup>18</sup>.

И, наконец, законом предусмотрена возможность отмены условного неприменения наказания судом<sup>19</sup>.

Подобные меры достаточны для обеспечения правосудия. Вместе с тем суды не должны лояльно относиться к институту условного неприменения наказания и применять его повсеместно.

### Литература

1. Карпец И.И. Наказание: социальные, правовые и криминологические проблемы. М., 1973. С. 10–11.
2. Иванцова Н.В., Кабанова В.Г. Освобождение от наказания в уголовном праве // Марийский юридический вестник. 2017. № 1 (20).
3. Семенова Д.М. Проблемы применения уголовного законодательства о условно-досрочном освобождении в условиях множественности преступлений // Юридическая наука. 2021. № 1.
4. Бриллиантов А.В. Освобождение от наказания в связи с изменением обстановки // Российское правосудие. 2019. № 10.
5. Gorokh Oleksii. Release from serving of punishment with probation for heavy crowd crimes against property: problems of court practice // NaUKMA Research Papers. Law. 2018. № 1. Pp. 84–92. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-2607.2018.84-92>.
6. Mogensen K. Dom om straffrihed ved overtraedelse af faerdselsloven under udrykningskørsel [Judgment regarding exemption from punishment in the violation of traffic laws in an urgent situation] // Yngre Laeger. 1967. No 23; 13 (23):209-10. Danish. PMID: 5592646.

<sup>16</sup> URL: <https://iz.ru/834628/2019-01-16/chislo-osuzhdennykh-v-rossii-dostiglo-istoricheskogo-minimuma> (дата обращения: 20.12.2020).

<sup>17</sup> URL: <https://www.coe.int/ru/web/portal/-/sanctions-and-measures-without-deprivation-of-liberty-increasingly-used-in-europe-new-survey> (дата обращения: 20.12.2020).

<sup>18</sup> См. ч. 1 ст. 73 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

<sup>19</sup> См. ст. 74 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.

7. Розенцвайг А.И. Зарубежные модели практик ресоциализации лиц, отбывших уголовное наказание и освобожденных от него: криминологический анализ // Юридический вестник Самарского университета. 2018. Т. 4. № 2. С. 118–125. DOI: 10.18287/2542-047X-2018-4-2-118-125.

8. Chitov A. Exemptions from punishment in China and Thailand from the perspective of the theory of Leon Petrazycky // Pravovedenie. 2019. 62 (3). 570–581. doi.org/10.21638/spbu25.2018.309.

9. Tekliński Jarosław. Grounds for ending a postponement in the execution of a custodial sentence. *Probacja* // 2020. 2. Pp. 65–115. DOI:10.5604/01.3001.0014.4887.

10. Агзамов И.М. Понятие и виды условного неприменения наказания в уголовном праве России // Юридические науки: проблемы и перспективы: материалы I Междунар. науч. конф. Пермь: Меркурий, 2012. С. 115–117.



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Агаев Гюлоглан Али оглы** – проф. каф. уголовного права и тамож. расслед. СПб гос. ун-та аэрокосм. приборостр. (190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А), e-mail: guloglanmvd@gmail.com, д-р юрид. наук, проф.;

**Агеев Павел Михайлович** – ст. науч. сотр. отд. испыт. и разраб. науч.-техн. прод. в обл. пож. безопасн. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: opbt@igps.ru, канд. техн. наук;

**Аксенов Александр Александрович** – препод. каф. безопасн. жизнедеятельности МГУ им. Н.П. Огарёва (430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), e-mail: 79117183190@yandex.ru, канд. техн. наук;

**Аксенова Екатерина Ивановна** – студент ин-та механики и энергетики МГУ им. Н.П. Огарева (430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), e-mail: katuyscha.bogomolova@mail.ru;

**Андрюшкин Александр Юрьевич** – зав. каф. «Технология конструкц. материалов и пр-ва ракетно-космич. техн.» Балт. гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21), канд. техн. наук, доц.;

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

**Баландин Андрей Владимирович** – ген. дир., аналитик данных ООО «СервисНейро» (115201, Москва, Каширский проезд, д. 13, пом. XIII, эт. 2, ком. 34);

**Баранов Алексей Александрович** – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротуш. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: baranov.a.a@mail.ru, канд. пед. наук, доц.;

**Бочарова Светлана Владимировна** – магистрант Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38);

**Вагин Александр Владимирович** – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-69-68, e-mail: alexwagin@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Данилов Игорь Лолиевич** – проф. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149), e-mail: il\_dan@mail.ru, канд. физ.-мат. наук, доц.;

**Дашко Ирина Владимировна** – гос. эксперт по интеллект. собственности 1 кат. отд. химии и фармацевтики Федер. ин-та пром. собственности (125993, Москва, Бережковская наб., д. 30, корп. 1), e-mail: i-sem@inbox.ru, канд. хим. наук;

**Дашко Леонид Васильевич** – нач. отд. науч. исслед. по спец. видам экспертиз и эксп.-криминалист. обеспеч. противодействия наркопреступн. упр. науч. исслед. ФГКУ «Экспертно-криминалистический центр Министерства внутренних дел Российской Федерации» (125130, Москва, ул. Зои и Александра Космодемьянских, д. 5), e-mail: ldashko@mvd.ru, канд. хим. наук;

**Елисеев Игорь Борисович** – ст. препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: eliseeff.gosha2014@yandex.ru, канд. техн. наук;

**Ивахнюк Григорий Константинович** – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: fireside@inbox.ru, д-р хим. наук, проф.;

**Кадочникова Елена Николаевна** – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

**Калач Андрей Владимирович** – нач. каф. безопасн. информ. и защ. сведений, составляющих гос. тайну Воронеж. ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1-а), e-mail: A\_Kalach@mail.ru, д-р хим. наук, проф.;

**Кожевникова Наталия Юрьевна** – доц. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 149), e-mail: knat1946@yandex.ru, канд. хим. наук, доц.;

**Колесников Дмитрий Александрович** – препод. каф. надзор. деят. Дальневост. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: dmitriy\_kollesio@mail.ru;

**Кондрашин Алексей Викторович** – нач. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kondrashin@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Коробейникова Елена Германовна** – проф. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: korhelen2012@gmail.com, канд. хим. наук, доц.;

**Королев Денис Сергеевич** – доц. каф. техносфер. и пож. безопасн. Воронеж. гос. техн. ун-та (394000, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84), e-mail: otrid@rambler.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Королева Людмила Анатольевна** – зам. нач. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Кузьмин Анатолий Алексеевич** – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kaa47@mail.ru, канд. пед. наук, доц.;

**Лоскутов Никита Васильевич** – курсант ФИТ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Мальчиков Константин Борисович** – препод. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: malchikov87@mail.ru;

**Матвеев Александр Владимирович** – зав. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: fcvega\_10@mail.ru; канд. техн. наук, доц.;

**Медведева Анна Александровна** – нач. центра междунар. деят. и информ. политики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: anutinglaz@yandex.ru, д-р юрид. наук, доц.;

**Минкин Денис Юрьевич** – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротуш. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р СПб ГУП «Горэлектротранс» (196105, Санкт-Петербург, Сызранская ул., д. 15), e-mail: dunkel@mail.ru, д-р техн. наук, проф.;

**Мироньчев Алексей Владимирович** – нач. каф. переподгот. и повыш. квалиф. спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: mironyshev.a@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Нарусова Елена Юрьевна** – И.О. зав. каф. «Управление безопасностью в техносфере» Рос. ун-та транспорта (МИИТ) (127994, ГСП-4, Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9), e-mail: e.narusova@ubt-rut-miit.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Нефедьев Сергей Аркадьевич** – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р воен. наук, проф.;

**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;

**Плотникова Ксения Сергеевна** – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: plotnikova.k.s@gmail.com;

**Поташев Дмитрий Анатольевич** – ст. препод.-методист отд. инновац. проект. и программ ин-та развития СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: dim-po@igps.ru;

**Рева Юрий Викторович** – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

**Романов Николай Николаевич** – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kaa47@mail.ru, канд. пед. наук, доц.;

**Савин Сергей Николаевич** – проф. каф. «Техносферная безопасность» СПб гос. архитектур.-строит. ун-та (190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4), e-mail: tsb@spbgasu.ru, д-р техн. наук;

**Савчук Олег Николаевич** – проф. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: savchuk.o@igps.ru, канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почетный проф. ун-та;

**Седнев Анатолий Владимирович** – студент Моск. гос. техн. ун-та им. Н.Э. Баумана (нац. исслед. ун-та) (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), техник лаб. динам. проц. ин-та машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101000, Москва, ул. Бардина, д. 4), e-mail: stolya2000@mail.ru;

**Седнев Владимир Анатольевич** – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: sednev70@yandex.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, поч. работник науки и техн. РФ, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. науки и техн., лауреат премии Прав-ва РФ в обл. образования РФ;

**Сильников Михаил Владимирович** – проф. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: silnikov.m@igps.ru, д-р техн. наук, проф.;

**Столяров Святослав Олегович** – препод. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: 79990252529@yandex.ru;

**Сысоева Татьяна Павловна** – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru, канд. техн. наук;

**Таранцев Александр Алексеевич** – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149); зав. лаб. проблем безопасн. транспорт. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: t\_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

**Тарасова Светлана Сергеевна** – ассистент каф. техносф. безопасн. Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: tarasovass@tyuiu.ru;

**Ударцева Ольга Владимировна** – проф. каф. техносфер. безопасн. Тюменского индустр. ун-та (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: oblاد@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

**Хайдаров Андрей Геннадьевич** – доц. каф. бизнес-информатики СПб гос. технол. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), e-mail: andreuhaidarov@gmail.com, канд. техн. наук, доц.;

**Чижков Артем Григорьевич** – нач. ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Архангельской обл. (163015, Архангельская обл., г. Архангельск, ул. Ленина, д. 25), e-mail: 01art29@bk.ru;



**Шапвалова Елена Анатольевна** – Тюменский индустр. ун-т (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: regionsmont@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Шидловский Григорий Леонидович** – нач. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: shidlovsky.g@igps.ru, канд. техн. наук, доц.



---

---

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

---

---

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

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

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-майор внутренней службы, кандидат технических наук, доцент Гавкалюк Богдан Васильевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего

профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

- 32 кафедры;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации, факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА), факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности научно-исследовательского института: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск, Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета

за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств-участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны, Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального

образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



---

---

# АВТОРАМ ЖУРНАЛА «ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ»

---

---

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

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

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) *электронной версией* статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) *плата* с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

**2. Статьи**, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

**3. Оформление текста:**

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, **интервал 1,5**, без переносов, в одну колонку, **все поля по 2 см**, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: УДК (универсальная десятичная классификация); 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):**

Список литературы должен содержать не менее 10 источников. При этом в него не следует включать ссылки на учебники, учебные пособия, патенты, ГОСТы, приказы, распоряжения и другие нормативные документы, сайты компаний и т.п. Информация о них должна быть дана непосредственно по тексту или в сносках. Если статья рассматривает проблемы нормирования, то нормативные документы допускается включать в Список литературы.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок. Не более половины от оставшихся 70 % должны составлять статьи из русскоязычных научных журналов, остальное – другие первоисточники на русском языке.

В списке литературы должно быть не более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикациям цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных (в поиске DOI поможет сайт <http://www.crossref.org/>).

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее половины современных (не старше 7 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

#### *Правила оформления 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 оползневых процессов: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Научно-аналитический журнал**

**Проблемы управления рисками в техносфере**  
**№ 1 (57) – 2021**

**Подписной индекс № ПА482 в электронном каталоге «Почта России»**

**Свидетельство о регистрации**  
**ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.**

Редактор П.А. Болотова

---

Подписано в печать 30.03.2021. Формат 60×84<sub>1/8</sub>.  
Усл.-печ. л. 20,25 Тираж 1000 экз. Зак. № 99

---

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