

ISSN 1998-8990

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ПРОБЛЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ  
В ТЕХНОСФЕРЕ**

PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT

**№ 3 (63)–2022**

**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, кандидат химических наук, профессор **Ложкина Ольга Владимировна**, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

**Члены редакционного совета:**

доктор технических наук, ассоциированный профессор (доцент) полковник гражданской защиты **Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич**, начальник Академии гражданской защиты им. М. Габдуллина Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан;

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 технических наук, доцент **Евтюков Станислав Сергеевич** заведующий кафедрой транспортных систем Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета;

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;

доктор юридических наук, профессор **Сафарзода Бахтовар Амирали**, 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 (г. Минск, Республика Беларусь);

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

доктор юридических наук, доцент **Медведева Анна Александровна**, профессор кафедры трудового права Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор юридических наук, профессор **Агаев Гююлоглан Али оглы**, профессор кафедры уголовного права и таможенных исследований 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, кандидат социологических наук, профессор **Готчина Лариса Владимировна**, заведующий кафедрой уголовного права и криминологии Санкт-Петербургской академии Следственного комитета Российской Федерации;

доктор юридических наук, доцент **Винокуров Владимир Анатольевич**, профессор кафедры теории и истории государства и права Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор юридических наук, доцент **Ишеков Константин Анатольевич**, доцент кафедры правовых основ управления факультета государственного управления Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;

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**, начальник кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ 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;

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

доктор технических наук, доцент полковник внутренней службы **Королева Людмила Анатольевна**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства 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 Григорий Леонидович**, начальник кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

**Секретарь коллегии:**

кандидат технических наук, доцент полковник 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***

Лабинский А.Ю. Методы диагностики техногенных объектов .....	6
Андрюшкин А.Ю., Рустамова М.У., Кадочникова Е.Н. Анализ условий роста краевого отслоения защитного покрытия металлической конструкции .....	13

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

Гришина Е.А., Балабанов И.Д., Танклевский Л.Т. Применение установок сдерживания пожара для учреждений здравоохранения .....	21
Чинбат Алтангэрэл, Тумановский А.А., Ивахнюк С.Г. Токсикомания (сниффинг) как обстоятельство, определяющее техническую причину взрывов газоздушных смесей (на примере Монголии) .....	32
Мельник А.А., Охотников М.А., Клаптюк И.В. Анализ пожаров, связанных с возгоранием литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей .....	39
Савчук О.Н., Троянов О.М. Обеспечение экологической безопасности населения при пожарах на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами .....	48

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

Рева Ю.В. Определение геометрических размеров массивного ротора с гильзой электрических машин открытого исполнения для судов ледового класса .....	60
Преснов А.И., Алибеков А.А. О новых подходах в профессиональной подготовке водителей и операторов высотных пожарных автомобилей в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций .....	66
Ложкина О.В., Савинов А.Г. Получение биосовместимых полимеров на основе акрилоилморфолина для нужд медицины в условиях нарастающего риска чрезвычайных ситуаций .....	76
Андреев А.В., Доронин А.С., Каченкова В.Д. Подход к определению техносферной безопасности .....	86

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

Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Теплякова Т.Д. Альтернатива термогравиметрического и дифференциально-термического анализа в исследовании и экспертизе пожаров .....	95
--	----

### ***ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА***

Осипов А.А., Трапезникова М.М. Информационная безопасность как конституционная гарантия защиты прав граждан .....	104
---	-----

### ***ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ***

Давиденко А.С. Методика использования беспилотных авиационных систем по установлению очагов возгораний на объектах нефтегазового комплекса .....	112
Заводсков Г.Н. Модель поддержки принятия решений для оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах водного транспорта .....	122

Информационная справка .....	134
------------------------------	-----

Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере» .....	138
--	-----

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](mailto:redakziaotdel@yandex.ru). Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: [WWW.IGPS.RU](http://WWW.IGPS.RU)

**ISSN 1998-8990**

# БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 620.19

## МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Александр Юрьевич Лабинский✉.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉[Labinsciy@yandex.ru](mailto:Labinsciy@yandex.ru)

*Аннотация.* В статье обобщены данные по методам технического диагностирования техногенных объектов. Указаны причины опасных и аварийных ситуаций, а также принципы диагностики и контроля. В качестве основных причин опасных и аварийных ситуаций указаны технические ошибки, организационные ошибки и недостаточная квалификация персонала. В качестве основного принципа диагностики указаны последовательные и систематические измерения определенных параметров технической системы, выявление изменений этих параметров и сравнение их с исходными параметрами технической системы.

Основное внимание уделено методам: диагностики повреждений, регистрации напряжений в металле конструкций, визуальной диагностики, обнаружения и контроля утечек, определения деформаций и контроля коррозии металлов.

При рассмотрении технических приемов диагностики выделены приемы, не требующие высокой квалификации и предполагающие фиксирование параметров технической системы, приемы, требующие определенной квалификации и предполагающие постоянную регистрацию эксплуатационных характеристик, а также приемы, требующие высокой квалификации и предполагающие использование сложных диагностических методов.

Рассмотренные методы диагностики включают в себя спектральный и диэлектрический анализ, спектрометрию, акустическую эмиссию, ультразвуковую дефектоскопию, использование тензодатчиков, радиографию и другие методы.

*Ключевые слова:* методы диагностики, принципы диагностики, аварийная ситуация, контроль повреждений, контроль напряжений, контроль утечек, контроль деформаций, контроль коррозии

**Для цитирования:** Лабинский А.Ю. Методы диагностики техногенных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 6–12.

## THE METHODS OF DIAGNOSTICS THE EMERGENCY OBJECTS

Alexander Yu. Labinsky✉.

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

✉[Labinsciy@yandex.ru](mailto:Labinsciy@yandex.ru)

*Abstract.* The article summarizes data on methods of technical diagnostics of technological objects. The causes of dangerous and emergency situations, as well as the principles of diagnostics and control are considered. The main causes of hazardous and emergency situations are technical errors, organizational errors and lack of staff skills. As the main principle of diagnostics, the article considers consecutive and systematic measurements of certain parameters of the technical system, detection of changes of these parameters and comparison of them with the initial parameters of the technical system.

The focus is on damage diagnostic methods, methods of recording stresses in metal structures, methods of visual diagnostics, methods of detecting and controlling leaks, methods of determining deformations and methods of controlling corrosion of metals.

In the consideration of technical methods of diagnostics it is allocated techniques that do not require high qualification and involve fixing technical system parameters, techniques that require a certain qualification and require permanent registration of performance characteristics, as well as highly skilled and sophisticated diagnostic techniques.

Diagnostic methods considered include spectral and dielectric analysis, spectrometry, acoustic emission, ultrasonic flaw detection, strain sensors, radiography and other methods.

*Keywords:* diagnostic methods, diagnostic principles, emergency situation, damage control, stress control, leak control, strain control, corrosion control

**For citation:** Labinsky A.Yu. The methods of diagnostics the emergency objects // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 6–12.

## Введение

Проблемы технической диагностики являются важными в настоящее время, когда параметры техногенных объектов техносферы достигли предельных значений, а последствия аварий на таких объектах часто являются катастрофическими. Поэтому использование методов диагностики техногенных объектов имеет большое значение [1]. Вопросам технической диагностики в различных отраслях промышленности и использования различных методов, включая инфракрасную диагностику, неразрушающий контроль, акустические и рентгеновские методы диагностики, посвящен ряд работ [2–10].

Целью данной работы является обзор используемых методов технической диагностики применительно к различным контролируемым процессам и состояниям объектов техносферы.

Тема статьи актуальна, так как диагностика техногенных объектов помогает предотвращать аварийные ситуации, иногда носящие катастрофический характер.

Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в разработке методики определения численных значений аналитического выражения аппроксимирующей функции временного ряда результатов измерений акустической эмиссии (АЭ) [6].

Далее, будут рассмотрены методы технической диагностики и контроля повреждений на объектах техносферы, включая методы дефектоскопии, методы оценки напряжений и деформаций конструкций, методы обнаружения и контроля утечек, а также методы обнаружения коррозионных повреждений.

## Причины опасных и аварийных ситуаций

Опасность аварии технической системы, вызванная разрушением или отказом в работе отдельных элементов системы в результате различных причин, существует всегда. На практике к аварийным ситуациям приводят ошибки трех основных типов.

1. Технические ошибки, обусловленные:

- неправильной эксплуатацией при нагрузках больше допустимых;
- неправильным проектированием;
- неправильным изготовлением, когда элементы технической системы не соответствуют проекту.

2. Организационные ошибки, часто служащие причиной технических ошибок.

3. Недостаточная квалификация персонала, часто являющаяся причиной технических и организационных ошибок.

Перечень контролируемых процессов и состояний, рассматриваемых в данной статье, представлен на рис. 1.

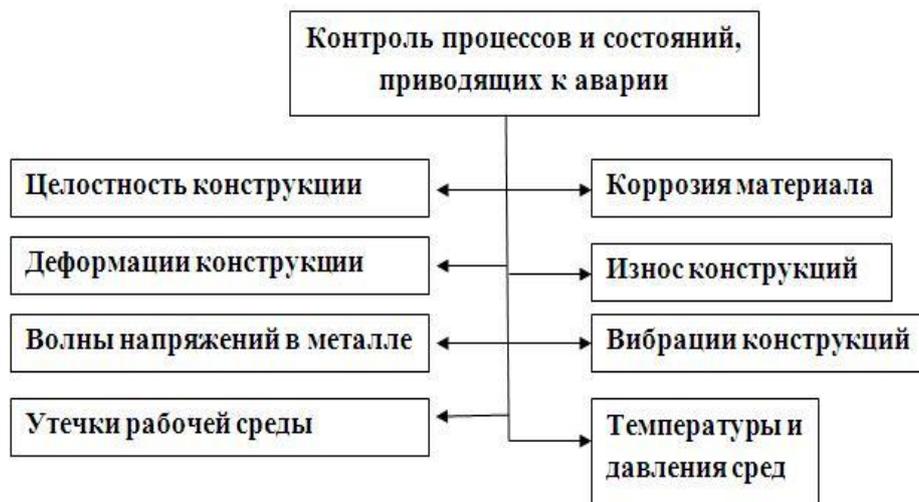


Рис. 1. Контролируемые процессы и состояния

### Принципы диагностики и контроля

Основной принцип диагностики предполагает последовательные и систематические измерения определенных параметров технической системы, выявление изменений этих параметров и сравнение их с исходными параметрами технической системы.

Технические приемы и методы диагностики можно разделить на три типа:

- не требующие высокой квалификации и предполагающие фиксирование параметров технической системы, таких как, например, температура, давление или вибрация;
- требующие определенной квалификации и предполагающие, например, анализ частоты вибраций, постоянную регистрацию эксплуатационных характеристик, визуальный осмотр, использование датчиков деформаций и т.п.;
- требующие высокой квалификации и предполагающие, например, анализ математических моделей, использование дефектоскопии, магнитографии, голографии, АЭ и т.п.

Методы диагностики, рассматриваемые в статье, представлены на рис. 2.



Рис. 2. Методы диагностики

Таким образом, в общем случае, чем проще методы диагностики и менее квалифицированы приемы, тем более грубую, то есть менее точную и чувствительную к изменениям в конструкции системы информацию дают такие методы и тем меньше период времени, на который можно сделать прогноз возникновения аварийной ситуации.

### **Методы диагностики повреждений**

Для диагностики и контроля целостности и работоспособности конструкции технической системы могут быть использованы различные устройства для контроля вибраций, измерения усталостных нагрузок, определения температур, давлений и других параметров технической системы. Рассмотрим некоторые методы диагностики более подробно.

#### **1. Диагностика и контроль износа.**

Существуют различные методики, которые включают в себя:

- магнитное извлечение примесей из системы смазки;
- спектральный анализ химического состава загрязнений в смазке;
- ультрафиолетовая спектрометрия для анализа химических превращений в смазочных маслах;
- диэлектрический анализ примесей в смазочных маслах.

2. Контроль распределения температуры. Основным методом является дистанционный инфракрасный контроль температуры.

#### **3. Методы дефектоскопии.**

Существуют две стадии контроля: идентификация дефекта с выявлением его положения и определение размеров дефекта с контролем его роста. Основным методом является ультразвуковая (УЗ) дефектоскопия, которая подразделяется на эхо-импульсный метод, метод прохождения УЗ-излучения, резонансный метод, метод частотной модуляции и визуализация акустического изображения. Методы УЗ-дефектоскопии успешно используются при диагностике трубопроводов, определении деформации болтов и толщины стенок труб теплообменных аппаратов и т.д.

### **Регистрация деформационной акустической эмиссии**

Возникновение напряжений внутри конструкционных материалов сопровождается появлением звуковых колебаний АЭ, что позволило создать эффективный метод диагностики повреждений различных конструкций. При росте трещины или любого дефекта в конструкционном материале выделяется энергия в виде волн напряжения или АЭ, которые могут быть зафиксированы с помощью пьезопреобразователей, установленных на конструкции технической системы. В отличие от УЗ-дефектоскопии, в АЭ-методе диагностики энергия выделяется из самого материала. Вследствие этого АЭ более чувствительна к росту дефектов и легче поддается интерпретации, чем сигналы при УЗ-дефектоскопии. Вопросы использования АЭ для диагностирования потенциально опасных объектов рассмотрены в работе [6].

### **Методы визуальной диагностики**

В настоящее время использование электронных средств существенно расширяет области использования визуального контроля. Визуальный осмотр можно производить при существенном увеличении изображения. Волоконные системы (фиброскопы) можно использовать в тех случаях, когда расстояние до объекта не превышает 0,5 м. Линзовые оптические системы (бороскопы), имеющие прочную конструкцию, регулируемые длину, диаметр, угол и поле обзора также широко используются для визуального контроля.

Фиброскопы состоят из источника света, двух волоконных светодиодов для освещения и передачи изображения, объектива и окуляра. Светодиоды состоят из пучков тонких, толщиной  $\frac{1}{2}$  диаметра человеческого волоса, стеклянных волокон. Фиброскопы

широко используются в нефтяной, космической, электротехнической, судостроительной, химической и ядерной отраслях промышленности для осмотра трубопроводов, сосудов давления, теплообменников, конструкций самолетов, двигателей и т.п.

Для выявления дефектов и контроля линейных размеров активно используются электронные видеокамеры, которые применяются для осмотра труб, контроля реакторов АЭС, плотин гидроэлектростанций и других объектов.

### **Обнаружение и контроль утечек**

Целостность и работоспособность герметичных конструкций (сосудов давления и трубопроводов) можно оценить путем определения места и величины утечки. Оценку величины утечки можно произвести следующим образом:

- путем определения выделяющихся газов или запахов;
- путем прямого измерения величины утечки;
- путем обнаружения внутренних перетеканий.

Для анализа выделяющихся газов используются газоанализаторы. Для качественного и количественного анализа выделяющегося газа или пара используются колориметры, фиксирующие изменение цвета химического реагента. Ручной течеискатель используется для диагностики повреждений кабелей путем обнаружения малых концентраций индикаторного газа, подаваемого под изоляцию кабеля.

Утечки в технических системах, работающих под давлением или вакуумом, могут быть определены по ультразвуку, который генерируется истекающим газом. Ультразвуковые волны улавливаются высокочастотными керамическими микрофонами.

Для измерения утечек в кранах и клапанах используются портативные приборы, улавливающие сигналы АЭ.

### **Методы определения деформаций**

Давление или напряжение, воздействующее на техническую конструкцию, можно определить, зная упругие свойства материала, путем измерения с помощью тензодатчиков деформации. Принцип работы тензодатчиков основан на измерении удельного электрического сопротивления материала при его деформации. Тензодатчики, содержащие отрезки проволоки, наклеиваются на поверхность исследуемого объекта. При деформации проволока удлиняется, что сопровождается изменением ее электрического сопротивления, которое фиксируется электронным прибором. Связь между изменениями электрического сопротивления и длины проволоки (деформацией) характеризуется чувствительностью:

$$k=(\delta R/R)/(\delta L/L)=\delta R/(\varepsilon * R),$$

где  $R$ – электрическое сопротивление датчика (Ом);  $\delta R$  – изменение сопротивления;  $L$  – длина (база) датчика;  $\delta L$  – изменение длины;  $\varepsilon = \delta L/L$  – относительная деформация.

Характеристики тензодатчика определяются в основном свойствами материала проволоки. Поэтому используется проволока с большим удельным электрическим сопротивлением, так как чем выше сопротивление, тем выше разрешающая способность тензодатчика.

Тензодатчики применяются не только для измерения деформации материала, но и для измерения силы, прогиба, крутящего момента или давления в конструкционном материале технической системы.

### **Методы контроля коррозионных повреждений**

Контроль коррозионных повреждений производится путем систематического определения степени повреждений элементов конструкции технической системы. Контроль

повреждений позволяет планировать ремонтно-профилактические работы, сокращать простои оборудования, предотвращать выходы оборудования из строя и получать информацию, на основе которой можно проводить разработку мер борьбы с коррозией.

Коррозия металлов, находящихся в контакте с жидкими средами, является электрохимическим процессом, в котором участвуют три компонента: анод (участок коррозии), катод (участок, свободный от коррозии) и электролит (коррозионная среда). Анод, катод и электролит образуют гальванический элемент. На анодных участках металл переходит в раствор электролита в виде положительно заряженных ионов. Освобождающиеся при этом электроны переходят от анодных участков к катодным, в результате чего возникает коррозионный ток.

В зависимости от условий протекания и характера разрушения выделяют следующие основные типы коррозии:

- равномерная коррозия – разъедание металла происходит равномерно по всей поверхности;
- оспенная коррозия – образование коррозионных изъязвлений;
- гальваническая коррозия – контакт двух и более металлов с различными электродными потенциалами;
- межкристаллическая коррозия – происходит по границам зерен металла;
- коррозия под напряжением (коррозионная усталость) – разрушение металла под воздействием среды и растягивающих нагрузок;
- коррозия при трении – трение двух контактирующих поверхности металлов.

Для неразрушающего контроля стойкости металлов к различным коррозионным повреждениям используются следующие методы контроля:

- общая коррозия – ультразвуковой метод (наилучший метод) и методы радиографии и вихревых токов;
- межкристаллическая коррозия – ультразвуковой метод (наилучший метод) и методы радиографии, вихревых токов, магнитных частиц и акустической эмиссии;
- коррозионная усталость – радиография (наилучший метод) и методы ультразвуковой, вихревых токов, магнитных частиц и акустической эмиссии.

Коррозионное растрескивание под напряжением – ультразвуковой метод (наилучший метод) и методы радиографии, вихревых токов, магнитных частиц и АЭ.

### **Вывод**

В статье указаны методы диагностики и контроля, включая диагностику и контроль целостности и работоспособности конструкции технической системы, регистрацию деформационной АЭ, визуальную диагностику, контроль целостности и работоспособности герметичных конструкций путем обнаружения и контроля утечек, определение деформаций конструкций, находящихся под давлением или воздействием внешних сил, а также контроль коррозионных повреждений.

В качестве определяемых параметров указаны диагностика и контроль износа, контроль распределения температуры, идентификации дефекта, интенсивности волн напряжения в материале (АЭ), места и величины утечек из герметичных конструкций, величины деформации конструкции и коррозионного повреждения.

В качестве методов диагностики техногенных объектов указаны методы спектрального и диэлектрического анализа, ультрафиолетовая спектрометрия, метод АЭ, ультразвуковая дефектоскопия, фиброскопия и бороскопия, использование тензодатчиков деформации, методы радиографии, вихревых токов и магнитных частиц.

### **Список источников**

1. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2007.

2. Гершберг М.В., Илюшин С.В., Смирнов В.И. Неразрушающие методы контроля в судостроительной промышленности. СПб.: Лань, 2011.
3. Бобров В.А., Химченко Н.В. Неразрушающий контроль в химическом и нефтяном машиностроении. М.: Машиностроение, 2001.
4. Солоухин Р.И. Методы инфракрасной диагностики. Минск, 2002.
5. Вавилов С.П., Горбунов В.И. Рентгеновские методы дефектоскопии. М.: Бином, 2005.
6. Лабинский А.Ю. Акустический метод диагностирования потенциально опасных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2011. № 3 (19). С. 91–95.
7. Frost N.E., Marsh K.J. Fracture monitoring. Clarendon Press, Oxford, 2010.
8. Hearn H.S. Mechanics of materials. Pergamon, Oxford, 2003.
9. Invin G.R. Structural mechanics. Pergamon, Oxford, 2007.
10. Smith R.A. Handbook of stress intensity factors. Wiley, New York, 2005.

### References

1. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyj risk: ucheb. / V.S. Artamonov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2007.
2. Gershberg M.V., Ilyushin S.V., Smirnov V.I. Nerazrushayushchie metody kontrolya v sudostroitel'noj promyshlennosti. SPb.: Lan', 2011.
3. Bobrov V.A., Himchenko N.V. Nerazrushayushchij kontrol' v himicheskom i neftyanom mashinostroenii. M.: Mashinostroenie, 2001.
4. Solouhin R.I. Metody infrakrasnoj diagnostiki. Minsk, 2002.
5. Vavilov S.P., Gorbunov V.I. Rentgenovskie metody defektoskopii. M.: Binom, 2005.
6. Labinskij A.Yu. Akusticheskij metod diagnostirovaniya potencial'no opasnyh ob"ektov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2011. № 3 (19). S. 91–95.
7. Frost N.E., Marsh K.J. Fracture monitoring. Clarendon Press, Oxford, 2010.
8. Hearn H.S. Mechanics of materials. Pergamon, Oxford, 2003.
9. Invin G.R. Structural mechanics. Pergamon, Oxford, 2007.
10. Smith R.A. Handbook of stress intensity factors. Wiley, New York, 2005.

### *Информация об авторах:*

**Александр Юрьевич Лабинский**, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: Labinsciy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>

### *Information about the authors:*

**Alexander Yu. Labinsky**, associate professor of the department of applied mathematics and information technology of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: Labinsciy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>

### **Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 06.04.2022; одобрена после рецензирования: 01.08.2022; принята к публикации: 31.08.2022

### **The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 06.04.2022; approved after review: 01.08.2022; accepted for publication: 31.08.2022

УДК 620.191.33

## **АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РОСТА КРАЕВОГО ОТСЛОЕНИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ**

**Александр Юрьевич Андриюшкин;**

**Машхура Умаровна Рустамова.**

**Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»**

**им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия.**

**Елена Николаевна Кадочникова**✉.

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

**✉vf10@yandex.ru**

*Аннотация.* Проведен анализ условий роста краевого отслоения защитного покрытия металлической конструкции. Дефекты в защитном покрытии обуславливают концентрацию напряжений. Напряжения у контура дефекта с вершиной, имеющей малый радиус кривизны, могут в несколько раз превышать напряжения в бездефектном покрытии и значительно снижать его прочность. Опасными дефектами являются трещины и отслоения. Коэффициент интенсивности напряжений характеризует концентрацию напряжений в месте расположения дефекта. Критический коэффициент интенсивности напряжений является мерой трещиностойкости материала защитного покрытия. Увеличение дефекта в размерах происходит при достижении напряжением критического значения. Типичным дефектом защитных покрытий металлических конструкций является краевое отслоение. Выявлены и проанализированы условия и факторы, влияющие на величину критического напряжения при краевом отслоении. К ним относятся: длина трещины, фактор конфигурации, толщина защитного покрытия. Увеличению критического напряжения при краевом расслоении способствует рост длины исходной трещины, повышение фактора конфигурации и уменьшение толщины защитного покрытия. С увеличением толщины защитного покрытия влияние исходной длины трещины на величину критического напряжения при краевом отслоении снижается. Повышение значения критического напряжения при краевом отслоении обеспечивается применением защитного покрытия с высокой трещиностойкостью и нанесением защитного покрытия минимально допустимой толщины.

*Ключевые слова:* краевое отслоение, прочность, защитное покрытие, коэффициент интенсивности напряжений, трещиностойкость, дефект, трещина

**Для цитирования:** Андриюшкин А.Ю., Рустамова М.У., Кадочникова Е.Н. Анализ условий роста краевого отслоения защитного покрытия металлической конструкции // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 13–20.

## **ANALYSIS OF THE CONDITIONS FOR THE GROWTH OF THE EDGE DETACHMENT OF THE PROTECTIVE COATING OF A METAL STRUCTURE**

**Aleksander Yu. Andryushkin;**

**Mashchura U. Rustamova.**

**Baltic state technical university «VOENMEH» of D.F. Ustinov, Saint-Petersburg, Russia.**

**Elena N. Kadochnikova**✉.

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

**✉vf10@yandex.ru**

*Abstract.* The article analyzes the conditions for the growth of the marginal detachment of the protective coating of a metal structure. Defects in the protective coating cause stress

concentration. The stresses at the defect contour with a vertex having a small radius of curvature can be several times higher than the stresses in the defect-free coating and significantly reduce its strength. Dangerous defects are cracks and detachments. The stress intensity coefficient characterizes the stress concentration at the location of the defect. The critical stress intensity coefficient is a measure of the crack resistance of the protective coating material. An increase in the size of the defect occurs when the voltage reaches a critical value. A typical defect of protective coatings of metal structures is the edge detachment. The conditions and factors affecting the magnitude of the critical stress at the edge separation are identified and analyzed. These include: crack length, configuration factor, thickness of the protective coating. The increase in the critical stress during the edge separation is facilitated by an increase in the length of the initial crack, an increase in the configuration factor and a decrease in the thickness of the protective coating. With an increase in the thickness of the protective coating, the effect of the initial crack length on the critical stress value during edge detachment decreases. The increase in the value of the critical stress during the edge detachment is ensured by the use of a protective coating with high crack resistance and the application of a protective coating of the minimum permissible thickness.

*Keywords:* edge detachment, strength, protective coating, stress intensity coefficient, crack resistance, defect, crack

**For citation:** Andrushkin A.Yu., Rustamova M.U., Kadochnikova E.N. Analysis of the conditions for the growth of the edge detachment of the protective coating of a metal structure // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 13–20.

## Введение

Защитные покрытия (ЗП) обеспечивают надежность и безопасность ответственных металлических конструкций, работающих под воздействием значительных нагрузок и агрессивных сред. Различные температурные и механические воздействия приводят к развитию дефектов ЗП, понижению показателей его качества во время эксплуатации. Местное разрушение ЗП обуславливает опасное состояние металлической конструкции, чреватое возникновением аварийной ситуации.

Одним из основных показателей качества ЗП является прочность. Обычно ЗП при нанесении на основу (металлическую конструкцию) находится в плоско-деформированном состоянии (ПДС) и подвержено растяжению, которое обусловлено внутренними (остаточными) напряжениями. Внутренние напряжения возникают при нанесении покрытия из-за усадочных явлений или из-за температурных перепадов между формируемым ЗП и основой. В местах производственных дефектов (пор, трещин, расслоений) ЗП возникает значительная концентрация напряжений. При достижении напряжениями критических значений наблюдается увеличение размеров дефекта и разрушение ЗП. Часто встречаются краевые отслоения ЗП от основы, при этом поверхность металлической конструкции начинает взаимодействовать с окружающей средой и ускоренно разрушается. Поэтому задача анализа условий увеличения краевого отслоения ЗП металлической конструкции актуальна [1–7].

Целью исследования является выявление и анализ факторов, влияющих на величину критического напряжения при краевом отслоении ЗП металлической конструкции.

Задачи исследования:

1. Анализ условий концентрации напряжений в месте расположения дефекта.
2. Определение факторов, влияющих на величину критического напряжения при краевом отслоении ЗП металлической конструкции.

### Анализ условий концентрации напряжений в месте расположения дефекта

В местах расположения дефектов ЗП наблюдается концентрация напряжений, то есть значительный рост напряжений, по сравнению с напряжением в бездефектном ЗП. При превышении критического значения напряжений дефект начинает расти, что приводит к разрушению ЗП.

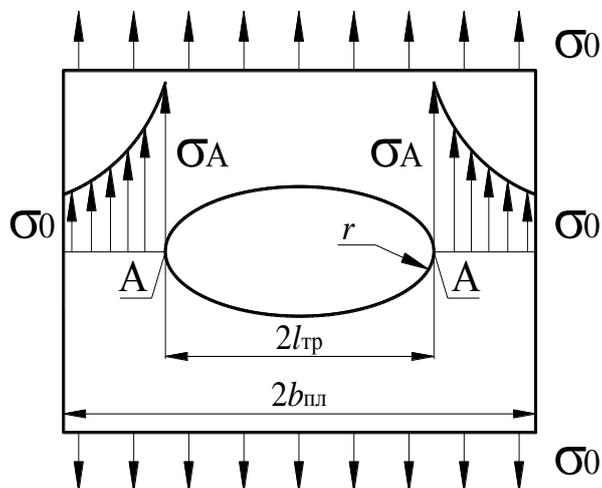


Рис. 1. Эллиптическое отверстие в пластинке:

$A$  – точка с максимальным напряжением у контура эллиптического отверстия;  
 $\sigma_0$  – напряжения в бездефектной пластинке;  $\sigma_A$  – напряжения в точке  $A$  у контура эллиптического отверстия;  $l_{тр}$  – длина большой полуоси эллиптического отверстия;  
 $r$  – радиус кривизны в вершине эллиптического отверстия;  $b_{пл}$  – половина длины пластинки

Например, в сплошной пластике с эллиптическим отверстием максимум напряжений наблюдается в точках  $A$ , эти напряжения определяются по выражению (рис. 1) [2, 4, 5]:

$$\sigma_A = \sigma_0 \cdot \left( 1 + 2 \cdot \sqrt{\frac{l_{тр}}{r}} \right), \quad (1)$$

где  $\sigma_0$  – напряжения в бездефектной пластинке, Па;  $\sigma_A$  – напряжения в точке  $A$  у эллиптического отверстия, Па;  $l_{тр}$  – длина большой полуоси эллиптического отверстия (полудлина трещины), м;  $r$  – радиус кривизны в вершине эллиптического отверстия, м.

Из выражения (1) следует, что у дефектов с малым радиусом кривизны при вершине напряжения могут увеличиваться в несколько раз и приводить к разрушению ЗП. Поэтому трещины, расслоения и отслоения ЗП весьма опасны и существенно снижают его прочность.

Мерой напряжений и деформаций в окрестности вершины дефекта является коэффициент интенсивности напряжений (КИН), который полностью определяет поле напряжений [2–7]:

$$K_I = \sigma_0 \cdot Y \cdot \sqrt{\pi \cdot l_{тр}},$$

где  $K_I$  – коэффициент интенсивности напряжений, Па·м<sup>0,5</sup>;  $Y$  – поправочная функция или фактор конфигурации;  $\pi=3,14$ .

Фактор конфигурации зависит от отношения характерного размера дефекта к характерному размеру тела, например отношение полудлины трещины  $l_{тр}$  к полуширине пластинки  $b_{пл}$  (рис. 1).

Увеличение дефекта в размерах происходит при достижении напряжением критического значения, то есть  $K_I = K_{IC}$  [2–7]:

$$K_{IC} = \sigma_{KIC} \cdot Y \cdot \sqrt{\pi \cdot l_{тр}}, \quad (2)$$

где  $K_{IC}$  – критический коэффициент интенсивности напряжений,  $\text{Па} \cdot \text{м}^{0.5}$ ;  $\sigma_{KIC}$  – критическое напряжение в месте расположения дефекта, обуславливающее его увеличение в размерах, Па.

Критический КИН является мерой трещиностойкости материала, его определяют экспериментально при разрушении образцов с дефектом определенной конфигурации и размеров. Чем выше значение критического КИН, тем больше размеры допускаемых дефектов для рассматриваемого материала.

### Определение факторов, влияющих на величину критического напряжения при краевом отслоении защитного покрытия металлической конструкции

Основным механизмом частичной релаксации внутренних растягивающих напряжений в ЗП является образование краевых отслоений, представляющих собой трещины, лежащие на границе раздела между металлической основой и ЗП. Движущей силой краевого отслоения является накопленная в ЗП упругая энергия. Краевые отслоения развиваются в местах расположения производственных дефектов из-за значительной концентрации напряжений.

Расширение краевого отслоения при ПДС ЗП описывается критическим энергетическим критерием Гриффитса [2, 8–11]:

$$G_{IC} = \frac{\sigma_{кр}^2 \cdot l_{тр} \cdot \pi \cdot (1 - \mu_{зп}^2)}{E_{зп}}, \quad (3)$$

где  $G_{IC}$  – критическая скорость высвобождения энергии,  $\text{Дж}/\text{м}^2$ ;  $E_{зп}$  – модуль Юнга для ЗП, Па;  $\mu_{зп}$  – модуль Пуассона для ЗП.

При ПДС критический энергетический критерий Гриффитса (3) связан с критическим КИН (2) выражением [2, 8–11]:

$$G_{IC} = \frac{K_{IC}^2 \cdot (1 - \mu_{зп}^2)}{E_{зп}}. \quad (4)$$

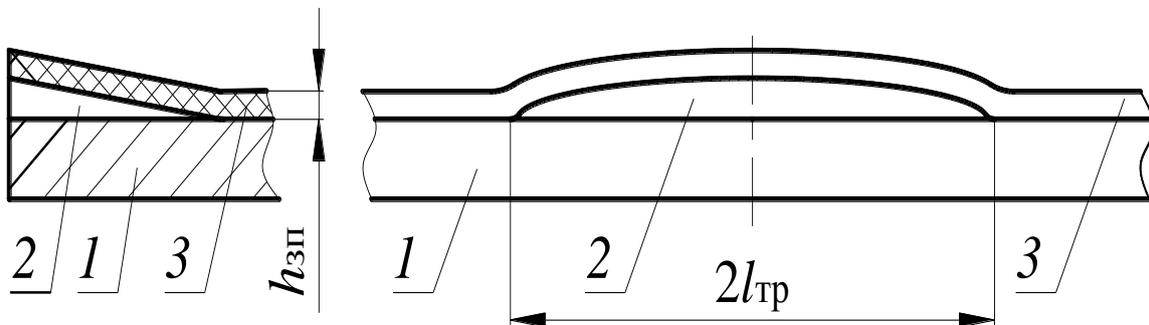


Рис. 2. Краевое отслоение защитного покрытия от металлической основы:  
 1 – металлическая основа; 2 – отслоение; 3 – защитное покрытие;  
 $h_{зп}$  – толщина защитного покрытия;  $l_{тр}$  – полудлина трещины

Критическое напряжение для краевого отслоения ЗП от металлической основы при ПДС можно определить по выражению (рис. 2) [8–11]:

$$\sigma_{кр} = \left( \frac{2 \cdot G_{IC} \cdot E_{ЗП}}{h_{ЗП} \cdot (1 - \mu_{ЗП}^2)} \right)^{0,5}, \quad (5)$$

где  $h_{ЗП}$  – толщина ЗП, м.

Подставим (2) и (4) в выражение (5) и получим:

$$\sigma_{кр} = \left( \frac{2 \cdot K_{IC}^2}{h_{ЗП}} \right)^{0,5} = \left( \frac{2 \cdot \sigma_{KIC}^2 \cdot Y^2 \cdot \pi \cdot l_{тр}}{h_{ЗП}} \right)^{0,5} = \sigma_{KIC} \cdot Y \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot l_{тр}}{h_{ЗП}} \right)^{0,5}. \quad (6)$$

Анализ выражения (6) позволяет выявить факторы, влияющие на величину критического напряжения при краевом отслоении ЗП.

Первым фактором является полудлина исходной трещины  $l_{тр}$ . Критическое напряжение возрастает при увеличении полудлины исходной трещины. Чем при большей длине трещины достигается значение критического напряжения, тем выше трещиностойкость материала ЗП.

Вторым фактором является конфигурация расположения краевого отслоения в ЗП металлической конструкции. Фактор конфигурации  $Y$  зависит от характерных размеров дефекта и металлической конструкции с ЗП и может в несколько раз увеличить значение критического напряжения при краевом отслоении.

Третьим фактором является толщина ЗП, с увеличением толщины которого критическое напряжение при краевом отслоении снижается. Чем толще ЗП, тем меньшее напряжение требуется для роста краевого отслоения.

Оценим влияние толщины ЗП  $h_{ЗП}$  и полудлины трещины  $l_{тр}$  на величину критического напряжения  $\sigma_{кр}$  при краевом отслоении (рис. 2) по выражению (6) для различных полудлин трещин  $l_{тр}=10; 40; 70$  мкм при толщине покрытия  $h_{ЗП}=100–1000$  мкм. Критическое напряжение, приводящее к росту дефекта,  $\sigma_{KIC}=15$  МПа. Значение фактора конфигурации  $Y=1$  (рис. 3).

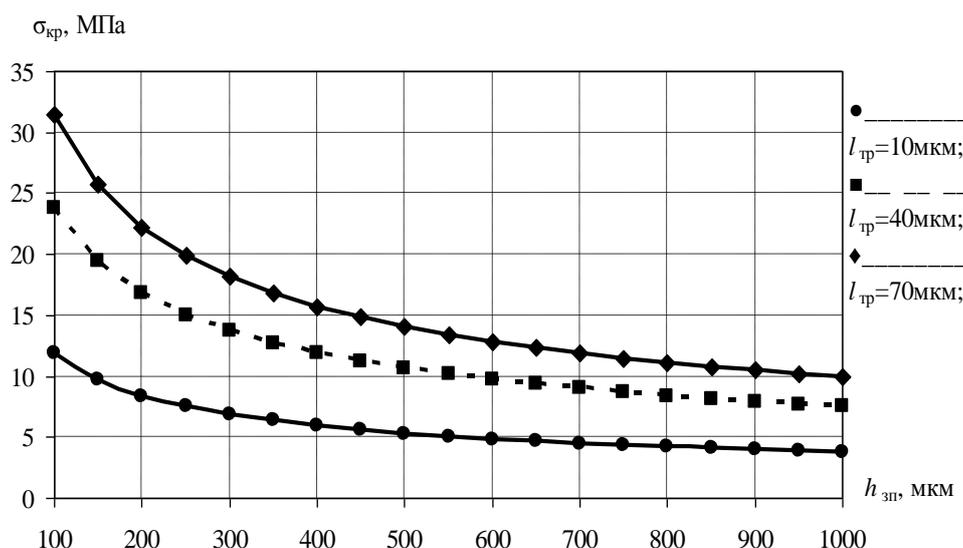


Рис. 3. Зависимость критического напряжения  $\sigma_{кр}$  при краевом отслоении от толщины защитного покрытия  $h_{ЗП}$  при различной полудлине трещины  $l_{тр}$

Анализ результатов расчета показывает (рис. 3), что чем лучше трещиностойкость материала ЗП, тем при большей длине полутрещины достигается критическое напряжение, необходимое для ее увеличения при краевом отслоении. При меньшей толщине ЗП значение критического напряжения при краевом отслоении выше. С увеличением толщины ЗП влияние длины полутрещины на величину критического напряжения при краевом отслоении снижается.

Таким образом, для повышения значения критического напряжения при краевом отслоении рекомендуется выбирать материал с высокой трещиностойкостью. Желательно, чтобы фактор конфигурации был максимален. ЗП должно иметь минимальную толщину при выполнении им своего функционального назначения. С повышением толщины ЗП влияние длины полутрещины на величину критического напряжения при краевом отслоении снижается, поэтому толстое покрытие менее чувствительно к размеру дефекта.

### Результаты исследования и их обсуждение

Обычно ЗП при нанесении на основу находится в ПДС, на него действуют растягивающие напряжения, из-за которых в местах расположения дефектов возникает значительная концентрация напряжений.

Проведен анализ условий концентрации напряжений в месте расположения дефекта. Показано, что из-за концентрации напряжений на контуре дефекта напряжения могут вырасти в несколько раз и существенно снизить прочность. Особенно опасны дефекты с малым радиусом кривизны при вершине: трещины, расслоения, отслоения. Мерой напряжений и деформаций в окрестности вершины дефекта является КИН. Увеличение дефекта в размерах происходит при достижении напряжением критического значения. Критический КИН является мерой трещиностойкости материала.

Расширение краевого отслоения при ПДС ЗП описывается критическим энергетическим критерием Гриффитса. Определены факторы, влияющие на величину критического напряжения при краевом отслоении ЗП металлической конструкции: полудлина исходной трещины  $l_{тр}$ ; фактор конфигурации  $Y$ ; толщина ЗП  $h_{зп}$ . Увеличению значения критического напряжения при краевом отслоении способствует рост полудлины исходной трещины, повышение фактора конфигурации и уменьшение толщины ЗП.

Цель исследования можно считать достигнутой – выявлены и проанализированы факторы, влияющие на величину критического напряжения при краевом отслоении ЗП металлической конструкции.

### Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Анализ условий возникновения концентрации напряжений у контура дефекта показал, что их значение зависит от радиуса кривизны при его вершине.
2. Из-за концентрации напряжений краевые отслоения существенно снижают прочность ЗП металлических конструкций.
3. Увеличение краевого отслоения в размерах происходит при достижении напряжением критического значения.
4. Размеры краевого отслоения ЗП металлической конструкции определяют факторы, влияющие на величину критического напряжения: полудлина исходной трещины  $l_{тр}$ ; фактор конфигурации  $Y$ ; толщина ЗП  $h_{зп}$ .

Таким образом, повышение значения критического напряжения при краевом отслоении обеспечивается применением ЗП с высокой трещиностойкостью и нанесением ЗП минимально допустимой толщины.

**Список источников**

1. Андриюшкин А.Ю. Применение сверхзвукового газодинамического напыления при многоструйной подаче газа для снижения вероятности отказа многослойных функциональных покрытий: монография. СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2021. 258 с.
2. Николаева Е.А. Основы механики разрушения. Пермь: Изд-во Пермского гос. техн. ун-та, 2010. 103 с.
3. Комарицина В.Н., Сухорукова Н.Н. Исследования механики деформаций и разрушений и некоторые вопросы обеспечения безопасности и надежности трубопроводов с учетом особенностей технологического процесса // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Т. 7. № 4. С. 116–119.
4. Гольцев В.Ю., Маркочев В.М. Методика исследования процессов роста усталостных трещин при постоянном размахе коэффициента интенсивности напряжений // Деформация и разрушение материалов. 2012. № 7. С. 43–47.
5. Масалов А.В. Определение коэффициента интенсивности напряжений в балке с центральной трещиной и оценка критической длины трещины // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23. № 3. С. 65–73.
6. Сысоева В.В. Расчеты коэффициентов интенсивности напряжений для типовых авиационных конструкций с трещинами // Труды МАИ. 2011. № 45. С. 60–77.
7. Соколов С.А., Тулин Д.Е. Методика вычисления коэффициента интенсивности напряжений для трещины в области концентратора напряжений // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 5. С. 328–335.
8. Freund L.B., Suresh S. Thin Film Materials: stress, defect formation and surface evolution. Cambridge: Cambridge university press, 2003. 820 p.
9. Hsueh C.-H., Lee S., Lin H.-Y. Analyses of mode I edge delamination by thermal stresses in multilayer systems // Composites B. 2006. Vol. 37. P. 1–9.
10. Effect of graded interlayer on the mode I edge delamination by residual stresses in multilayer coating-based systems / X.C. Zhang [et al.] // Applications. Surf. Sci. 2008. Vol. 254. P. 1881–1889.
11. Yu H.H., He M.Y., Hutchinson J.W. Edge effects in thin film delamination // Acta Mater. 2001. Vol. 49. P. 93–107.

**References:**

1. Andryushkin A.Yu. Primenenie sverhsvukovogo gazodinamicheskogo napyleniya pri mnogostrujnoy podache gaza dlya snizheniya veroyatnosti otказа mnogoslujnyh funkcional'nyh pokrytij: monografiya. SPb.: BG TU «VOENMEKH», 2021. 258 s.
2. Nikolaeva E.A. Osnovy mekhaniki razrusheniya. Perm': Izd-vo Permskogo gos. tekhn. un-ta, 2010. 103 s.
3. Komaricina V.N., Suhorukova N.N. Issledovaniya mekhaniki deformacij i razrushenij i nekotorye voprosy obespecheniya bezopasnosti i nadezhnosti truboprovodov s uchetom osobennostej tekhnologicheskogo processa // Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov. 2017. T. 7. № 4. S. 116–119.
4. Gol'cev V.Yu., Markochev V.M. Metodika issledovaniya processov rosta ustalostnyh treshchin pri postoyannom razmahe koefficienta intensivnosti napryazhenij // Deformaciya i razrushenie materialov. 2012. № 7. S. 43–47.
5. Masalov A.V. Opredelenie koefficienta intensivnosti napryazhenij v balke s central'noj treshchinoj i ocenka kriticheskoj dliny treshchiny // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2019. T. 23. № 3. S. 65–73.
6. Sysoeva V.V. Raschety koefficientov intensivnosti napryazhenij dlya tipovyh aviacionnyh konstrukcij s treshchinami // Trudy MAI. 2011. № 45. S. 60–77.
7. Sokolov S.A., Tulin D.E. Metodika vychisleniya koefficienta intensivnosti napryazhenij dlya treshchiny v oblasti koncentratora napryazhenij // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2020. № 5. S. 328–335.

8. Freund L.B., Suresh S. Thin Film Materials: stress, defect formation and surface evolution. Cambridge: Cambridge university press, 2003. 820 p.
9. Hsueh C.-H., Lee S., Lin H.-Y. Analyses of mode I edge delamination by thermal stresses in multilayer systems // Composites B. 2006. Vol. 37. P. 1–9.
10. Effect of graded interlayer on the mode I edge delamination by residual stresses in multilayer coating-based systems / X.C. Zhang [et al.] // Applications. Surf. Sci. 2008. Vol. 254. P. 1881–1889.
11. Yu H.H., He M.Y., Hutchinson J.W. Edge effects in thin film delamination // Acta Mater. 2001. Vol. 49. P. 93–107.

*Информация об авторах:*

**Александр Юрьевич Андриюшкин**, заведующий кафедрой А2 «Технологии конструкционных материалов и производства ракетно-космической техники» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 1), кандидат технических наук, доцент, e-mail: Sascha1a@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7812-069X>

**Машхура Умаровна Рустамова**, аспирант кафедры А2 «Технологии конструкционных материалов и производства ракетно-космической техники» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 1), <https://orcid.org/0000-0002-2513-3809>

**Елена Николаевна Кадочникова**, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vf10@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4577-390X>

*Information about the authors:*

**Alexander Yu. Andryushkin**, head of the A2 department «Technologies of structural materials and production of rocket and space technology» of D.F. Ustinov Baltic state technical university «VOENMEH» (190005, Saint-Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya, 1), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: Sascha1a@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7812-069X>

**Mashkhura U. Rustamova**, postgraduate student of D.F. Ustinov Baltic state technical university «VOENMEH» (190005, Saint-Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya, 1), department A2 «Technologies of structural materials and Production of rocket and space technology», <https://orcid.org/0000-0002-2513-3809>

**Elena N. Kadochnikova**, associate professor of the department of fire safety of technological processes and productions of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: vf10@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4577-390X>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 07.06.2022; одобрена после рецензирования: 28.07.2022; принята к публикации: 29.07.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 07.06.2022; approved after review: 28.07.2022; accepted for publication: 29.07.2022

# ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.849

## ПРИМЕНЕНИЕ УСТАНОВОК СДЕРЖИВАНИЯ ПОЖАРА ДЛЯ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Елизавета Алексеевна Гришина;

Иван Дмитриевич Балабанов<sup>✉</sup>;

Леонид Тимофеевич Танклевский.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

<sup>✉</sup>[balabanov@gefest-spb.ru](mailto:balabanov@gefest-spb.ru)

*Аннотация.* Данная работа посвящена разработке рекомендаций для повышения пожарной безопасности объектов здравоохранения и созданию условий, обеспечивающих безопасную эвакуацию посредством применения установок сдерживания пожара. Было изучено влияние водяного орошения на скорость распространения дыма через дверной проем и его состав, получены результаты измерения концентраций монооксида и диоксида углерода при активации оросителя. Был рассмотрен вариант реализации системы сдерживания пожара для учреждения здравоохранения. Проведен анализ уже существующих исследований, и представлены результаты натурных испытаний, проведенных в рамках данного исследования. Экспериментальная часть проводилась на базе ООО «ФНПП «Гефест» и на базе научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, где по результатам проведенных научных экспериментов был проведен анализ полученных данных и обобщение результатов натурных испытаний.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, опасные факторы пожара, тонкораспыленная вода, дым, продукты горения, эвакуация

**Для цитирования:** Гришина Е.А., Балабанов И.Д., Танклевский Л.Т. Применение установок сдерживания пожара для учреждений здравоохранения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 21–31.

## APPLICATION OF FIRE CONTAINMENT INSTALLATIONS FOR HEALTHCARE INSTITUTIONS

Elizaveta A. Grishina;

Ivan D. Balabanov<sup>✉</sup>;

Leonid T. Tanklevsky.

Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great, Saint-Petersburg, Russia

<sup>✉</sup>[balabanov@gefest-spb.ru](mailto:balabanov@gefest-spb.ru)

*Abstract.* This work is devoted to the development of recommendations for improving the fire safety of healthcare facilities and creating conditions for safe evacuation through the use of fire containment installations. The effect of water irrigation on the speed of smoke propagation through the doorway and its composition was studied, and the results of measuring the concentrations of monoxide and carbon dioxide during the activation of the sprinkler were obtained. The option of implementing a fire containment system for a healthcare institution was considered. The analysis of existing studies is carried out and the results of field tests conducted

within the framework of this article are presented. The experimental part was conducted on the basis of ООО «FNPP «Gefest» and on the basis of research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, where the results of scientific experiments were analyzed and the results of the data obtained were summarized in full-scale tests.

*Keywords:* fire safety, fire hazards, fine-dusted water, smoke, combustion products, evacuation

**For citation:** Grishina E.A., Balabanov I.D., Tanklevsky L.T. Application of fire containment installations for healthcare institutions // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 21–31.

### Введение

Данное исследование посвящено повышению пожарной безопасности медицинских учреждений с помощью применения специальных технических средств по сдерживанию пожара.

Здания с пребыванием людей с ограниченными возможностями согласно анализу данных статистики МЧС России [1] являются одними из наиболее уязвимых объектов при возникновении пожаров и характеризуются высокими показателями риска гибели в них людей.

На рис. 1, 2 представлены данные по статистике пожаров в учреждениях здравоохранения. Они показывают растущее число пожаров и количества погибших за последние годы. Основной причиной гибели людей при пожаре является отравление продуктами горения. Это происходит ввиду того, что люди не успевают покинуть здание до наступления критических значений опасных факторов пожара, определенных приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приказ МЧС России № 382), приложение № 6 [2].

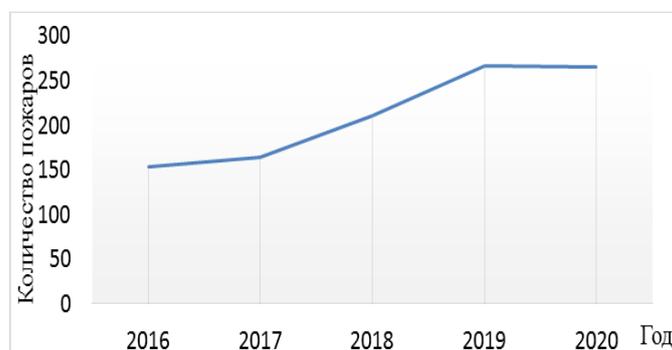


Рис. 1. Количество пожаров в зданиях здравоохранения и социального обслуживания за период 2016–2020 гг.

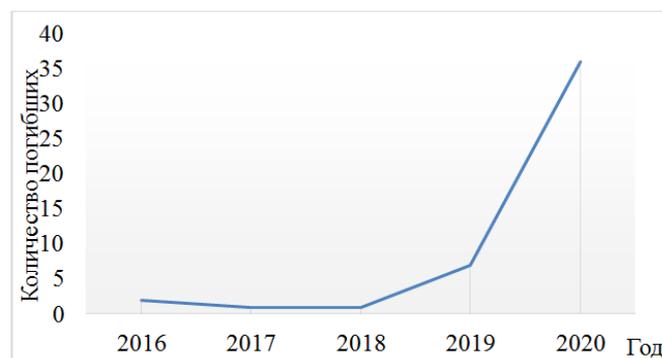


Рис. 2. Количество погибших в зданиях здравоохранения и социального обслуживания при пожарах за период 2016–2020 гг.

Различные исследования показывают, что люди с ограниченными возможностями не могут своевременно и адекватно реагировать на системы оповещения при пожаре. Например, целью работ Коо и др. [3] и Мэнли и др. [4] является определение имитационных моделей для улучшения процедуры эвакуации с учетом людей с ограниченными возможностями. Однако данные исследования рассматривают эвакуацию только с точки зрения моделирования безопасных путей эвакуации и не затрагивают систему оповещения для людей малой мобильности.

Главным документом в области обеспечения пожарной безопасности является Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [5]. Данный Федеральный закон регламентирует основные требования к системам противопожарной защиты. В ст. 117 упомянутого закона допускается возможность применения автоматических установок сдерживания пожара, но на практике применение таких установок не реализуется в связи с отсутствием требований к этим установкам. Для выполнения требований регламента выпущено большое количество стандартов и сводов правил обязательного и добровольного применения. Однако в области проектирования и применения автоматических установок сдерживания пожара отсутствует стандарт, свод правил или иные нормативные документы.

### Методы исследования

В качестве методов исследования в работе использовались общие эмпирические методы, а именно: наблюдение, планирование и проведение научного эксперимента, измерение. Также применялся метод анализа полученных данных и обобщения результатов исследования (индукция), метод классификации и систематизации данных.

Работа основана на экспериментах, которые проводились в условиях, имитирующих пожары класса А. В эксперименте в качестве устройства сдерживания пожара применялся ороситель тонкораспыленной воды (ТРВ) «Аква-Гефест» с коэффициентом производительности 0,07 и малой интенсивностью 0,04 ... 0,08 л/(с×м<sup>2</sup>). Такая интенсивность позволит сократить расход воды, тем самым уменьшить материальные потери, связанные с использованием воды при пожаротушении.

Для проведения натуральных испытаний был использован стенд, построенный на базе научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности (НИИПИИТ в ОБЖ) Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Геометрические параметры коридора и прилегающего к нему помещения представлены на рис. 3. Высота потолка составила 3 м. Ширина коридора – 1,5 м. Ширина дверного проема – 0,9 м. Размеры комнаты составили 3×4 м.

В качестве источника опасных факторов пожара был использован модельный очаг пожара класса А (рис. 4), состоящий из 18 брусков, материал – сосна, сечением (20±1) мм и длиной (200±10) мм. Влажность материала измерена влагомером и находилась в пределах нормы 10–20 %. Получившаяся пожарная нагрузка составила (170±10) Мдж/м<sup>2</sup>, что соответствует пожарной нагрузке первой группы помещений, к которой относятся здания здравоохранения (не более 180 Мдж/м<sup>2</sup>). Давление, подаваемое на ороситель, составило 0,5 МПа. Ороситель расположен за пределами помещения, напротив дверного проема на расстоянии 0,5 м. Чтобы детально исследовать влияние установки сдерживания пожара на распространение дыма, были проведены измерения концентрации монооксида и диоксида углерода на расстоянии 2 м от одной из сторон дверного проема. Для измерения концентрации применялся газоанализатор МАГ-6 П. Диапазон измерения концентрации оксида углерода от 0 до 500 мг/м<sup>3</sup>, концентрации диоксида углерода – от 0,0 до 10,0 % (об.д.).

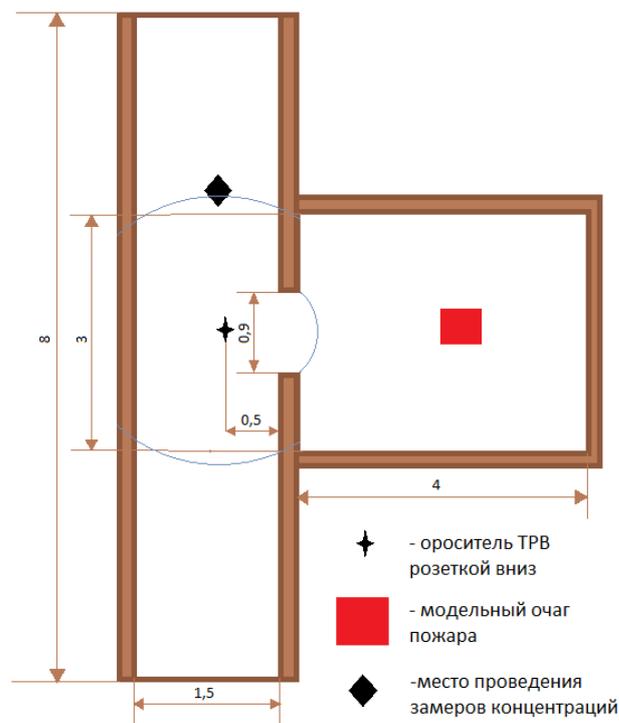


Рис. 3. Схема конструкции для проведения натуральных испытаний

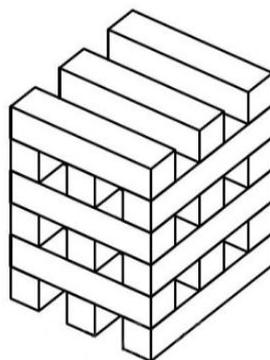


Рис. 4. Модельный очаг пожара класса А

### Результаты исследования и их обсуждение

Необходимость защиты людей от воздействия опасных факторов пожара обусловлена большей вероятностью гибели людей от отравления продуктами горения (монооксид и диоксид углерода), чем от воздействия самого пламени. Опасные факторы пожара, такие как пламя, повышенная температура и концентрация продуктов горения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости блокируют пути выхода, то есть на путях эвакуации достигаются предельно допустимые значения опасных факторов, определенные приложением № 6 Приказа МЧС России № 382.

При проведении литературного обзора и статистических данных были выявлены основные особенности эвакуации из учреждений здравоохранения, которые могут существенно влиять на эффективность эвакуации, и предложены мероприятия по снижению числа пострадавших.

1. Успешность эвакуации зависит в первую очередь от правильной организации и проектирования путей эвакуации. В соответствии с особенностями пациентов необходимо рассчитать ширину путей, наличие пандусов, протяженность пути и другие характеристики [6, 7].

2. Медицинский персонал играет важную роль, особенно при эвакуации лежачих и тяжелобольных пациентов. Работники учреждений здравоохранения должны проходить обучение и знать порядок действий при возникновении пожара.

3. При эвакуации пожилых людей возникают проблемы поведенческого характера, в силу своего возраста они дезориентируются и не могут адаптироваться к действиям при пожаре. У них могут возникать сложности как при оповещении о пожаре, так и при осуществлении собственной эвакуации, связанные с общей пониженной мобильностью организма. Опыт показывает, что пожилым людям требуется намного больше времени при осуществлении эвакуации, а также больше времени для реагирования на звуковые и световые сигналы оповещения.

Для решения этой проблемы можно использовать в каждой жилой комнате мерцающие световые табло с дополнительным дублированием звуковых сигналов.

4. Другим важным фактором, влияющим на спасение и сохранение здоровья людей, является время достижения опасными факторами пожара критических значений. При горении происходит сильное дымовыделение и образование продуктов горения, которые, распространяясь по зданию, препятствуют эвакуации граждан, снижают видимость и негативно влияют на здоровье человека.

Одним из решений повышения безопасности является создание условий для безопасной эвакуации посредством сдерживания и локализации опасных факторов пожара с помощью дополнительных инженерных систем.

Такой системой может являться применение спринклеров с тонкораспыленной водой для орошения дверных проемов. Это позволит значительно увеличить время наступления критических значений опасных факторов пожара, тем самым создавая условия для безопасной эвакуации. Также установки сдерживания пожара блокируют распространение опасных факторов пожара и создают безопасные пути эвакуации [8].

Для обоснования применения установок сдерживания пожара были проведены натурные испытания при отсутствии орошения и при орошении дверного проема (рис. 5, 6).



Рис. 5. Изменение концентрации CO в течение 15 мин без активации оросителя

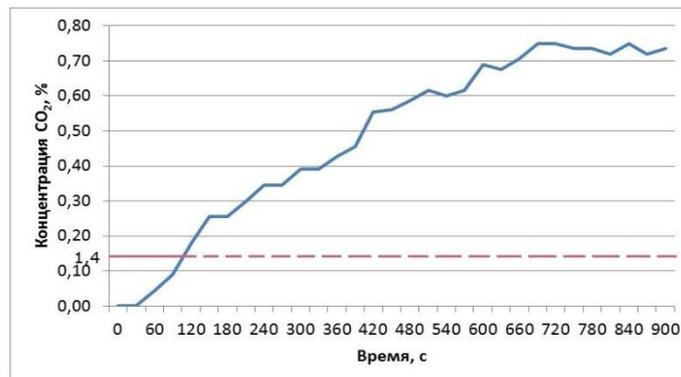


Рис. 6. Изменение концентрации CO<sub>2</sub> в течение 15 мин без активации оросителя

Уже на второй минуте начал образовываться слой дыма, и через 2 мин от начала возгорания дым заполнил более 50 % от объема помещения (рис. 7) и начал заполнять пространство коридора.



Рис. 7. Образование дымовой прослойки

По результатам первого эксперимента, без активации оросителя, концентрация СО в коридоре достигла предельно допустимого значения (ПДКм.р.) за 2 мин горения. Такая концентрация за короткий промежуток времени может привести к необратимым последствиям в организме человека и к его гибели. Предельно допустимая максимально разовая концентрация СО<sub>2</sub> не была достигнута, но в 4 раза превысила допустимую норму содержания СО<sub>2</sub> в помещении (0,14 %) [9]. Диоксид углерода является нетоксичным газом, опасен лишь в очень больших количествах.

Для второго испытания был заново установлен аналогичный модельный очаг. Ороситель был активирован через 3 мин после начала горения [10]. Замеры проводились идентично первому случаю, на расстоянии 2 м от одной из сторон двери и на высоте 1,7 м. Результаты измерений представлены на рис. 8, 9.

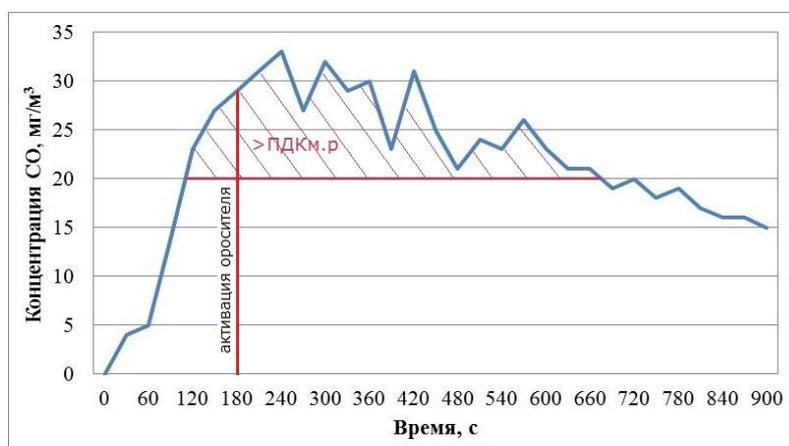


Рис. 8. Изменение концентрации СО в течение 15 мин при активации оросителя через 3 мин горения

Из графика мы видим, что срабатывание оросителя привело к хаотичному перемещению частиц дыма и постепенному снижению концентрации до допустимых значений в течение 9 мин работы оросителя.

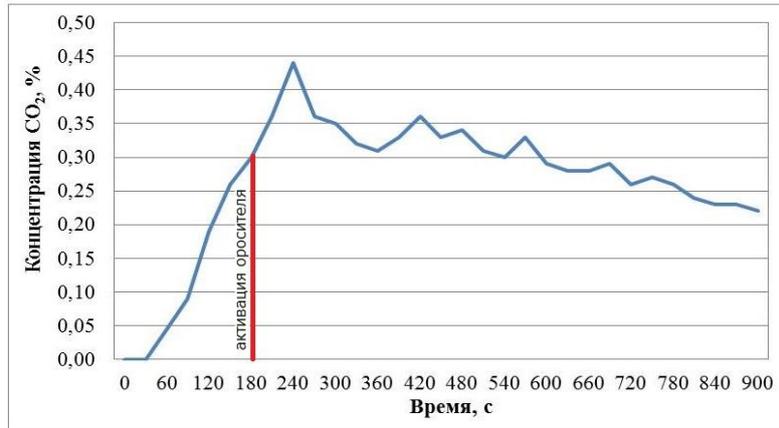


Рис. 9. Изменение концентрации CO<sub>2</sub> в течение 15 мин при активации оросителя через 3 мин горения

Результаты измерения CO<sub>2</sub> (рис. 9) показывают снижение концентрации газа при активации оросителя. Сравнивая результаты эксперимента, получаем, что после 15 мин горения концентрация CO в коридоре при орошении дверного проема тонкораспыленной водой с интенсивностью орошения 0,054 л/(с×м<sup>2</sup>) достигла значений в 5,6 раз меньше, чем без орошения. Аналогично, концентрация CO<sub>2</sub> оказалась меньше в 3,4 раза. Визуально было отмечено оттеснение дыма распыляемой водой и образование условного барьера, препятствующего распространению дыма за пределы помещения. Результаты испытаний показали, что орошение дверного проема способствует снижению распространения опасных факторов пожара, а именно концентрации монооксида и диоксида углерода.

На основании проведенных экспериментов разработан вариант реализации установок сдерживания пожара на примере медицинского центра, и предложены рекомендации по их применению, расположению и эксплуатации.

Здание медицинского центра не оборудовано автоматическими установками пожаротушения. В результате проведенного анализа различных характеристик данного объекта защиты был разработан вариант реализации установок сдерживания пожара на объекте. На рис. 10 представлена часть планировки здания с примером расположения оросителей на путях эвакуации.

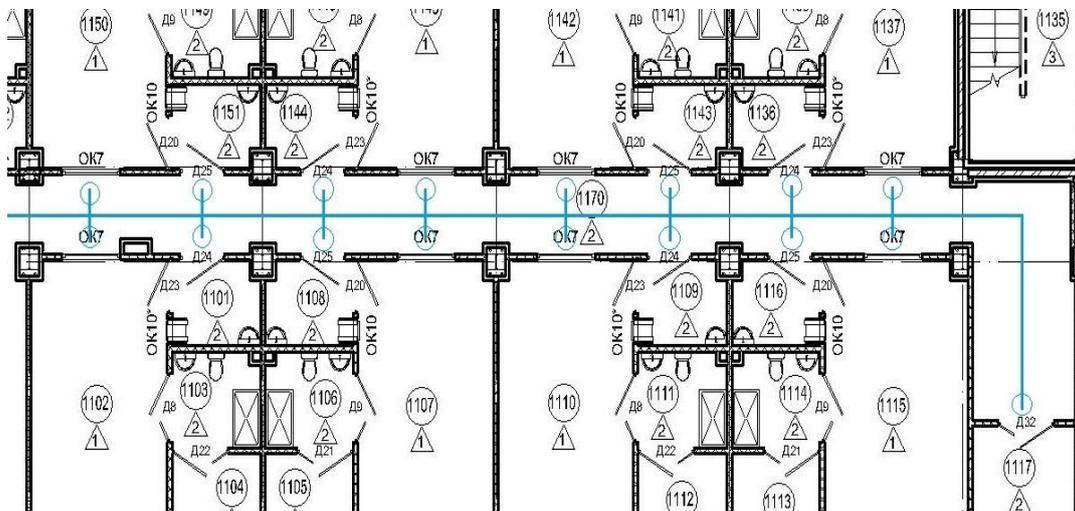


Рис. 10. Пример расположения оросителей для системы сдерживания пожара

Здание объекта двухэтажное, без подвала и чердака. Класс функциональной пожарной опасности здания Ф1.1 – больницы. Все помещения объекта защиты оборудованы автоматической установкой пожарной сигнализации. Здание объекта оборудовано системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре 3-го типа.

В качестве установок сдерживания пожара предлагается использовать спринклерные оросители тонкораспыленной воды, установкой вертикально вниз, с устройством принудительного пуска – СЭBS0-ПBo(д)0,07-R1/2P57(68,93).B2-«Аква-Гефест». При срабатывании пожарного извещателя в помещении подается сигнал на активацию определенного оросителя или группы оросителей, находящихся за пределами помещения.

Источником водоснабжения установок сдерживания пожара для данного объекта рекомендуется использовать резервуар противопожарного запаса воды. Пополнение резервуара следует осуществить через хозяйственно-питьевой водопровод через задвижку и обратный клапан, позволяющий восстановить противопожарный объем воды за время не более 24 ч.

Расстановка распылителей обеспечивает орошение площадей пола и дверного проема. В медицинском центре двери имеют различную ширину, которая находится в пределах от 0,9 м до 1,2 м. Ороситель малой интенсивности  $0,04 \dots 0,08 \text{ л}/(\text{с}\times\text{м}^2)$  с расстояния 0,5 м орошает всю поверхность двери (рис. 11, 12).

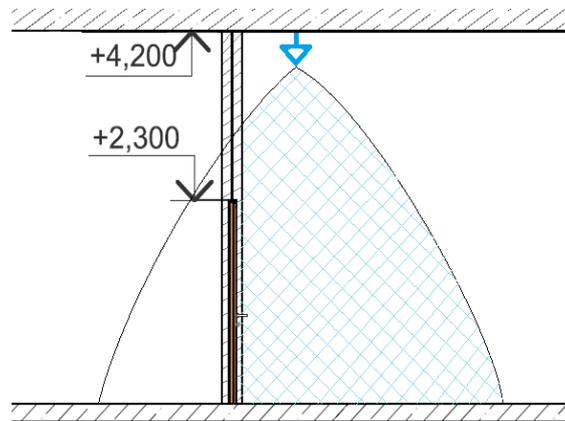


Рис. 11. Орошение дверной поверхности: вид сбоку

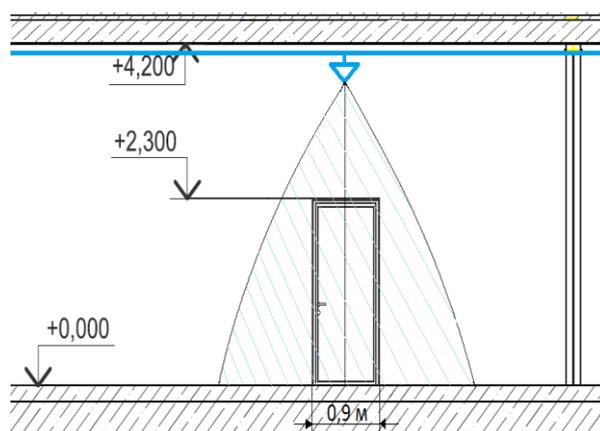


Рис. 12. Орошение дверной поверхности: вид спереди

Трубопроводы АУСП-ТРВ требуется выполнить из нержавеющей труб. Соединение трубопроводов выполнить при помощи соединительной арматуры с врезными кольцами. Диаметр побудительного трубопровода спринклерной установки должен быть не менее 15 мм.

Технические средства включения спринклерных АУСП (устройства дистанционного пуска или ручные гидравлические запорные устройства) должны располагаться непосредственно у защищаемых проемов с внешней стороны и (или) на ближайшем участке пути эвакуации.

### **Заключение**

Установки сдерживания пожара способны обеспечить безопасную эвакуацию до приезда пожарных служб. Они блокируют распространение опасных факторов пожара и создают безопасные пути эвакуации.

Анализ уже существующих исследований и результаты натурных испытаний, проведенных в рамках данной работы, показали, что система тонкораспыленной воды эффективна для снижения скорости распространения опасных факторов пожара и создания условий для безопасного выхода из здания при возникновении пожара. Результаты испытаний показали значительное снижение скорости распространения дыма и концентрации продуктов горения, проходящих через дверной проем во время действия оросителя ТРВ «Аква-Гефест» с коэффициентом производительности 0,07.

Проведенные испытания и анализ существующих нормативных документов в области пожаротушения показали, что для применения таких установок необходимо разработать к ним общие технические требования и внести изменения в СП 485, СП 486. Данные установки рекомендуется применять для территориального ограничения распространения пожара на время, необходимое до приезда первой пожарной бригады, для снижения скорости распространения опасных факторов пожара (температура, концентрация горючих веществ, дым) на пути эвакуации, для защиты строительных конструкций, в том числе светопрозрачных перегородок, для защиты от опасных факторов пожара наиболее значимых зон объекта.

На данный момент группой компаний «Гефест» разработан стандарт, предлагающий классификацию установок сдерживания пожара, основные параметры установок и методы испытаний. Стандарт находится на этапе утверждения. В дальнейшем предлагается внесение изменений в нормативные документы с указанием случаев, когда необходимо применение установок сдерживания пожара.

На основе разработанного стандарта и проведенных экспериментов был предложен вариант реализации системы сдерживания пожара для повышения пожарной безопасности медицинского центра, который может служить примером при разработке проекта реализации такой системы для различных объектов. Разработанный вариант размещения установок показал, что такая система требует меньше средств к реализации, чем система пожаротушения. Требуется меньше затрат при прокладке трубопроводов (меньше длина, количество изгибов), не возникает проблем с источником водоснабжения, и осуществляется меньший расход воды.

Предлагаемые требования направлены на повышение качества противопожарной защиты объектов в целом. Ранее отсутствовали требования и методы испытаний к установкам сдерживания пожара и не проводились исследования их эффективности. Существует необходимость дальнейшей проработки требований для системы сдерживания пожара, а разработанные рекомендации могут служить основой для дальнейших исследований.

### **Список источников**

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: статистический сб. / П.В. Полехин [и др.]; под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2021. 112 с.
2. Об утверждении Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 (с изм. и доп. в ред. от 2 дек. 2015 г.) //

Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.06.2022).

3. Koo J., Kim Y.S., Kim B. Estimating the impact of residents with disabilities on the evacuation in a high-rise building: A simulation study // *Simulat. model. pract. theory*. 2012. № 24. С. 71–83.

4. Manley M., Kim Y.S. Exitus: Agent-Based evacuation simulation for individuals with disabilities in a densely populated sports arena // *Proceedings of AMCIS*. Detroit, MI, USA. 2011.

5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № ФЗ-123 (с изм. и доп. в ред. от 30 апр. 2021 г.) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.06.2022).

6. СП 1.13130.2020. Свод правил. Эвакуационные пути и выходы // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 11.06.2022).

7. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения СНиП 35-01-2001. М.: Стандартинформ, 2021.

8. Chow W.K., Zou G.W. Correlation equations on fire-induced air flow rates through doorway derived by large eddy simulation // *Building and environment*. 2005. № 40 (7). P. 897–906.

9. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с изм. и доп. в ред. от 1 сент. 2019 г.). М.: Стандартинформ, 2019.

10. ГОСТ Р 51043–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

## References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2020 godu: statisticheskij sb. / P.V. Polekhin [i dr.]; pod obshch. red. D.M. Gordienko. М.: VNIPO, 2021. 112 s.

2. Ob utverzhdenii Metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti: prikaz MCHS Rossii ot 30 iyunya 2009 g. № 382 (s izm. i dop. v red. ot 2 dek. 2015 g.) // *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhneskoj dokumentacii*. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 11.06.2022).

3. Koo J., Kim Y.S., Kim B. Estimating the impact of residents with disabilities on the evacuation in a high-rise building: A simulation study // *Simulat. model. pract. theory*. 2012. № 24. S. 71–83.

4. Manley M., Kim Y.S. Exitus: Agent-Based evacuation simulation for individuals with disabilities in a densely populated sports arena // *Proceedings of AMCIS*. Detroit, MI, USA. 2011.

5. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon Ros. Federacii ot 22 iyulya 2008 g. № FZ-123 (s izm. i dop. v red. ot 30 apr. 2021 g.) // *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhneskoj dokumentacii*. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 11.06.2022).

6. SP 1.13130.2020. Svod pravil. Evakuacionnye puti i vyhody // *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhneskoj dokumentacii*. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 11.06.2022).

7. SP 59.13330.2020. Dostupnost' zdaniy i sooruzhenij dlya malomobil'nyh grupp naseleniya SNiP 35-01-2001. М.: Standartinform, 2021.

8. Chow W.K., Zou G.W. Correlation equations on fire-induced air flow rates through doorway derived by large eddy simulation // *Building and environment*. 2005. № 40 (7). P. 897–906.

9. GOST 30494–2011. Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimate v pomeshcheniyah (s izm. i dop. v red. ot 1 sent. 2019 g.). М.: Standartinform, 2019.

10. GOST R 51043–2002. Ustanovki vodyanogo i pennogo pozharotusheniya avtomaticheskie. Orositeli. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2002.

*Информация об авторах:*

**Елизавета Алексеевна Гришина**, студентка магистратуры Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: [grischina.elizaweta2014@yandex.ru](mailto:grischina.elizaweta2014@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9384-0003>

**Иван Дмитриевич Балабанов**, аспирант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: [balabanov@gefest-spb.ru](mailto:balabanov@gefest-spb.ru)

**Леонид Тимофеевич Танклевский**, заведующий кафедрой «Пожарная безопасность» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29); председатель Совета директоров Группы компаний «Гефест» (197342, Санкт-Петербург, ул. Сердобольская, д. 65), доктор технических наук, профессор, e-mail: [tanklevskiy@gefest-spb.ru](mailto:tanklevskiy@gefest-spb.ru)

*Information about the authors:*

**Elizaveta A. Grishina**, graduate student of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politechnicheskaya str., 29), e-mail: [grischina.elizaweta2014@yandex.ru](mailto:grischina.elizaweta2014@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9384-0003>

**Ivan D. Balabanov**, postgraduate student of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politechnicheskaya str., 29), e-mail: [balabanov@gefest-spb.ru](mailto:balabanov@gefest-spb.ru)

**Leonid T. Tanklevsky**, head of the fire safety department of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politechnicheskaya str., 29); chairman of the board of directors of the hephaestus Group of Companies «Gefest» (197342, Saint-Petersburg, Serdobolskaya str., 65), doctor of technical sciences, professor, e-mail: [tanklevskiy@gefest-spb.ru](mailto:tanklevskiy@gefest-spb.ru)

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 25.05.2022; одобрена после рецензирования: 22.07.2022; принята к публикации: 05.08.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 25.05.2022; approved after review: 22.07.2022; accepted for publication: 05.08.2022

УДК 544.45, 614.834.4

## **ТОКСИКОМАНИЯ (СНИФФИНГ) КАК ОБСТОЯТЕЛЬСТВО, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКУЮ ПРИЧИНУ ВЗРЫВОВ ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ (НА ПРИМЕРЕ МОНГОЛИИ)**

**Чинбат Алтангэрэл.**

**Академия управления МВД России, Москва, Россия.**

**Артур Александрович Тумановский<sup>✉</sup>;**

**Сергей Григорьевич Ивахнюк.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

**<sup>✉</sup>supertwain@gmail.com**

*Аннотация.* В Монголии, в последние годы, преступления, связанные со взрывами газозвдушных смесей, имеют тенденцию к значительному росту. Результаты анализа причин подобных преступлений позволили прийти к выводу о том, что одним из обстоятельств, способствующих их совершению, является токсикомания, а именно сниффинг – вдыхание бытового газа. По данным статистики в шести из десяти последних случаев причинами взрывов являлись действия токсикоманов.

В статье рассмотрен феномен сниффинга как обстоятельства, определяющего техническую причину взрывов газозвдушных смесей. Приведены примеры и результаты расчетов, доказывающие техническую возможность разрушения помещений в результате манипуляций даже с небольшими объемами бытовых газов. Даны рекомендации по криминалистическому сопровождению осмотров мест происшествий, связанных со взрывами газозвдушных смесей и обрушением строительных конструкций.

*Ключевые слова:* взрыв, бытовой газ, газовый баллон, токсикомания, сниффинг, газозвдушная смесь, взрывотехническая экспертиза

**Для цитирования:** Чинбат Алтангэрэл, Тумановский А.А., Ивахнюк С.Г. Токсикомания (сниффинг) как обстоятельство, определяющее техническую причину взрывов газозвдушных смесей (на примере Монголии) // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 32–38.

## **TOXICOMANIA (SNIFFING) AS A CONTRIBUTING FACTOR DETERMINING THE TECHNICAL CAUSE OF GAS-AIR MIXTURE EXPLOSIONS (THE CASE OF MONGOLIA)**

**Chinbat Altangerel.**

**Management academy of the Ministry of internal affairs of Russia, Moscow, Russia.**

**Arthur A. Tumanovsky<sup>✉</sup>.**

**Sergey G. Ivakhnyuk.**

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

**<sup>✉</sup>supertwain@gmail.com**

*Abstract.* In Mongolia, in recent years, crimes related to explosions of gas-air mixtures have tended to grow significantly. The results of the analysis of the causes of such crimes have led to the conclusion that one of the circumstances contributing to their commission is toxicomania, namely, sniffing – inhalation of domestic gas. According to statistics, in six out of ten recent cases, toxicomania is the cause of the explosions.

The article considers the phenomenon of sniffing as a contributing factor that determines the technical cause of explosions of gas-air mixtures. Examples and results of calculations are given, proving the technical possibility of destroying premises as a result of manipulations with even small volumes of domestic gases. Recommendations are given on forensic support

for inspections of incident sites associated with explosions of gas-air mixtures and collapse of building structures.

*Keywords:* explosion, domestic gas, gas cylinder, toxicity, sniffing, gas-air mixture, explosive expertise

**For citation:** Chinbat Altangerel, Tumanovsky A.A., Ivakhnyuk S.G. Toxicomania (sniffing) as a contributing factor determining the technical cause of gas-air mixture explosions (the case of Mongolia) // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 32–38.

## Введение

В условиях ускоряющегося экономического роста потребление бытового газа в Монголии за последние 20 лет значительно увеличилось, в связи с чем наблюдается прирост происшествий, связанных со взрывами газоздушных смесей. В этом аспекте прослеживаются значительные аналогии с состоянием дел и в Российской Федерации.

Из-за особенностей климата и условий инфраструктуры жизнеобеспечения в Монголии в настоящее время магистральная доставка газа не реализуется. В качестве источника бытового газа используются исключительно газовые баллоны, наполненные пропан-бутановой смесью. В бытовых целях также используют изобутан, применяемый в основном в качестве хладагента.

Удобство использования пропан-бутановых смесей в совокупности с указанным способом его доставки определяет целесообразность применения этого вида газов в специфичных условиях Монголии. Однако при нарушении правил безопасного использования металлический баллон, находящийся под высоким давлением, представляет собой потенциально опасный объект. Отклонения от регламентов и правил эксплуатации чреватые наступлением таких общественно опасных последствий, как взрывы и пожары, сопряженные с человеческими жертвами и крупным материальным ущербом. Данные утверждения не имеют «географических» границ и абсолютно верны как для лиц, эксплуатирующих газобаллонное оборудование, так и занимающихся расследованием причин аварий и инцидентов с ним.

С учетом того, что в Монголии, как и в Российской Федерации, в последние годы количество преступлений, связанных со взрывами газоздушных смесей, значительно увеличилось, от органов государственной власти требуется принятие дополнительных мер, направленных на предупреждение, пресечение, а также раскрытие и расследование данного вида преступлений.

При этом некоторые из возможных технических причин взрывов газоздушных смесей не попадают в «область зрения» специалистов, в связи с чем ошибочно не учитываются при процедурах рассмотрения перечня приоритетных версий. Выявлению указанных причин и подтверждению с инженерных позиций их потенциальной возможности посвящен материал данного исследования.

## Исследовательская часть

Как правило, для борьбы с любым видом преступлений необходимо изучить его природу, в том числе механизм и обстоятельства, способствующие его совершению.

Прежде всего, необходимо отметить, что под общим понятием «бытовой газ» подразумевается «газ, использующийся в быту для отопления, подогрева воды и приготовления пищи» [1]. Если рассматривать более подробно, бытовой газ представляет собой горючие углеводороды, такие как: метан –  $\text{CH}_4$ , пропан –  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бутан –  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  и их смеси.

Особенности физического состояния потребляемого газа определяют технологию его доставки потребителю. Метан используется в газообразном состоянии, подается к объектам из локального хранилища по системе газопроводов и не меняет физического состояния с момента добычи до доставки потребителю.

В отличие от метана, пропан и бутан перед тем как доставить к потребителям подвергают специальной технологической переработке, в процессе которой их переводят в жидкое состояние, в результате чего получается известная в быту пропан-бутановая смесь, находящаяся под высоким давлением и при низкой температуре.

Следует отметить, что при изучении материалов уголовных дел, зарегистрированных в г. Улан-Баторе (Монголия) за несколько последних лет, в шести из десяти выявленных случаях взрывов бытовых газовых баллонов были установлены их причины, напрямую связанные с токсикоманией, а именно со сниффингом. Сниффинг является одной из разновидностей токсикомании, направленной на вдыхание бытового газа.

Пропан, бутан, изобутан – данные углеводороды вдыхаются человеком вместе с воздухом, а поскольку рецепторы на них не реагируют, их попадание в легкие организм не блокирует. При вдыхании указанные газы вытесняют кислород, тем самым формируя кислородное голодание мозга. В результате, при употреблении бытового газа возникают галлюцинации, фантазии, уводящие в забвение. Сильное токсическое воздействие может приводить к летальному исходу [2].

Существует несколько способов употребления, каждый из которых не исключает возможности попадания газа в объем помещения, а именно:

- впрыскивание в мешок, для чего вещества распыляются в полиэтиленовый пакет, который надевается на голову, и вдыхаются;
- распыление в контейнер и вдыхание;
- распыление непосредственно в ротовую или носовую полости;
- распыление на ткань, марлю, после чего летучие вещества вдыхаются из пропитанного веществом материала, помещенного поверх носа или рта [3].

Феномен сниффинга известен и изучается специалистами с 70-х гг. прошлого века [4]. К 2011 г., согласно данным Европейского центра мониторинга наркотиков и наркомании, увеличение доли лиц, вдыхающих компоненты бытового газа, зафиксировано в 15 из 36 стран западной Европы [5]. Установлено, что большинство из жертв сниффинга (более чем 80 % случаев) – это подростки в возрасте до 16 лет [6].

С 2018 г. сниффинг стал набирать «популярность» и среди российских подростков. Так, за три года в России он стал причиной гибели 571 ребенка в возрасте от 10 до 17 лет: в 2018 г. было зафиксировано 65 смертей, в 2019 – 160, в 2020 – 346, что является явной тенденцией к росту [7].

Вышеуказанные ситуации также характерны и для Монголии. В связи с этим в 2018 г. городское управления по г. Улан-Батору приняло решение запретить продажу бытовых газовых баллонов лицам, возраст которых не достиг 21 года [8]. Представляется, что указанный опыт, после дополнительного изучения результатов его применения, целесообразно распространять и на другие страны.

В Российской Федерации дети в возрасте от 6 до 18 лет вправе совершать мелкие бытовые сделки, а газ в баллоне для бытовых целей не ограничен в гражданском обороте – какой-либо ответственности за его продажу несовершеннолетним законодательством не предусмотрено. Случаи отравления, намеренные и непреднамеренные, токсическими веществами несовершеннолетних лиц – результат отсутствия законодательного регулирования со стороны государства в отношении реализации организациями торговли зажигалок и газовых баллонов для их заправки [9].

Анализом материалов уголовных дел, возбужденных в Монголии, было установлено, что при расследовании и доказывании данного вида преступлений часто возникают трудности, которые обуславливаются отсутствием криминалистических рекомендаций, в том числе по осмотрам мест происшествий.

Например, в сентябре 2021 г. на первом этаже жилого здания г. Улан-Батора произошел взрыв, сопровождаемый пожаром. В результате указанного происшествия трое несовершеннолетних граждан получили повреждения различной степени тяжести, часть конструкций самого здания была разрушена.

После тушения пожара и проведения инженерно-технических мероприятий проводился осмотр места происшествия. Члены следственно-оперативной группы изъяли три газовых баллона каждый объемом 220 мл, на которых специалистом-криминалистом были обнаружены следы пальцев рук всех троих потерпевших.

В ходе опроса молодые люди пояснили, что вдыхали бытовой газ для получения токсического опьянения. Вследствие произошедшего в закрытом помещении образовалось облако газовой смеси, имевшее взрывоопасный уровень концентрации. По этой причине зажжение спички одним из подростков инициировало взрыв.

Однако в период судебного разбирательства подростки, узнав, что им грозит внушительный штраф, решили изменить свои показания. Согласно их новым свидетельствам газовые баллоны взрывались без оказания на них каких-либо внешних воздействий, при этом употребление бытового газа в одурманивающих целях подростки признать отказались.

Таким образом, в процессе доказывания вины возникли трудности, причины которых заключались в несвоевременности проведения судебно-медицинской экспертизы по установлению факта употребления бытового газа. Должно пройти не более шести часов с момента осуществления, поскольку именно в этот период в крови можно обнаружить признаки нахождения пропана или бутана. Стоит отметить, что в связи с объективными трудностям, сопряженными с диагностикой горючих компонентов газовой смеси после их срабатывания, результаты судебно-медицинского исследования могут оказать существенное влияние на установление причин произошедшего.

Для оценки опасности взрыва при использовании газовых баллонов с пропаном или бутаном и ответа на вопрос о возможности взрыва в помещении газовой смеси, образованной смешением вытекшего из баллонов газа с воздухом, проводился расчет параметров ее образования в соответствии с СП 12.13130.2009 [10]. Для проведения расчетов свойства пропана принимались из справочника [11].

Описанные выше повреждения соответствуют умеренным повреждениям зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.). В соответствии с таблицей А.4 [10] избыточное давление взрыва  $P_{изб}$  может составлять около 12 кПа, или 0,12 атм.

Исходя из этого, можно рассчитать объем помещения, в котором взрыв газовой смеси с указанным содержанием пропана мог бы повлечь аналогичные разрушения.

Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания равен:

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2} = 3 + \frac{8}{4} = 5 ,$$

где  $n_C$ ,  $n_H$ ,  $n_X$  и  $n_O$  – количество атомов углерода, водорода, галогенов и кислорода в молекуле вещества, соответственно.

Стехиометрическая концентрация пропана в газовой смеси равна:

$$C_{ст.} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = 3,968 \% .$$

Объем жидкого пропана в трех баллонах объемом 220 мл составляет 660 мл.

Масса жидкого пропана равна:

$$m_{ж} = \rho_{ж} \cdot V_{ж} = 0,33 \text{ кг} ,$$

где  $\rho_{ж} = 498 \text{ кг/м}^3$  – плотность жидкого пропана;  $V_{ж} = 660 \text{ мл}$  – объем жидкого пропана.

Объем помещения, в котором при взрыве 660 мл пропана могло бы создаться давление 12 кПа, рассчитанный в соответствии с СП 12.13130.2009 [10], равен:

$$V_{пом.} = \frac{22,4 \cdot Z \cdot m_{ж} \cdot (P_{max} - P_0) \cdot 100}{M \cdot K_H \cdot C_{ст.} \cdot P_{изб.} \cdot 1000} = \frac{22,4 \cdot 0,5 \cdot 0,33 \cdot (900 - 101) \cdot 100}{0,044 \cdot 3 \cdot 3,968 \cdot 12 \cdot 1000} = 46,67 \text{ м}^3 ,$$

где  $Z=0,5$  – коэффициент участия горючего в сгорании топливоздушная смеси;  $P_{max}=900$  кПа – максимальное давление взрыва топливоздушная смеси;  $P_0=101$  кПа – начальное давление в помещении;  $M=0,044$  кг/кмоль – молярная масса пропана;  $K_{st}=3$  – коэффициент негерметичности помещения.

Получаем, что взрыв газовой смеси, образовавшейся из содержимого трех газовых баллонов объемом 220 мл и кислорода воздуха, мог привести к умеренным разрушениям в помещении объемом порядка  $50 \text{ м}^3$ , что при высоте потолков 2,5 м соответствует площади помещения около  $20 \text{ м}^2$ , то есть среднему размеру комнаты жилого помещения.

Таким образом, можно сделать вывод, что употребление баллонов с пропаном, бутаном при их использовании в качестве источника токсического вещества (в сравнительно небольших количествах) создает значительные риски образования опасных факторов взрыва и разрушения помещений, а проведение расчетов характеристик взрывов в рамках производства соответствующих экспертиз положительно влияет на достоверность и категоричность выводов эксперта.

Результаты проведенного расчета можно проиллюстрировать и на происшествии в одном из районов Санкт-Петербурга, произошедшем весной 2022 г. и имевшем, по факту свершения, широкий общественный резонанс. Два несовершеннолетних подростка получили закрытые черепно-мозговые травмы и тупые травмы живота при частичном обрушении кровли одноэтажного заброшенного здания. Техническая причина обрушения, как и результаты назначенной прокурорской проверки до настоящего времени общественному вниманию не доводились, можно только предполагать. Но едва ли юноши возраста 15–16 лет не представляли возможных последствий от своих же деструктивных действий, а их физические данные, при отсутствии какого-либо инструментария, могли привести к подобным разрушениям.

В свою очередь, если на известные обстоятельства произошедшего наложить «трафарет события», подразумевающего нахождение на месте происшествия баллонов с газом, то можно легко обнаружить логическую связь. Манипуляции подростков могли привести к образованию облака газовой смеси и его инициированию. Как доказано расчетом и богатым личным опытом экспертной практики, содержимого нескольких баллонов вполне достаточно для причинения разрушений строительным конструкциям. При этом существует огромная вероятность, что проявления поражающих факторов взрыва на подобном месте происшествия зафиксированы не будут, так как в условиях отсутствия информации о газифицировании осматриваемого здания (сооружения) и фрагментов разрушенного газового баллона участники следственно-оперативной группы не будут ориентированы на необходимость поиска и фиксации специфичной следовой обстановки после взрыва. Таким образом, возможная версия взрыва останется не отработанной.

Здесь стоит обратить особое внимание, что в настоящее время версия по причине употребления бытового газа в одурманивающих целях не входит в перечень версий, рассматриваемых при расследовании причин взрывов или обрушений конструкций зданий и сооружений. При этом подростки, планируя употребление наркотических и иных средств, зачастую укрываются в заброшенных или полуразрушенных строениях. Взрыв облака газовой смеси может привести к их частичному или полному разрушению и гибели людей под обломками конструкций. При этом признак того, что разрушенное здание не было газифицировано, способен полностью исключить версию возможного взрыва из списка рассматриваемых и ввести в заблуждение как следователя (дознателя), так и технического специалиста на месте происшествия.

Синтезируя вышеизложенное, необходимо отметить, что версию сниффинга, как обстоятельства, определяющего техническую причину образования и срабатывания облака газовой смеси, необходимо рассматривать среди перечня обязательных к рассмотрению не только по установленным в условиях очевидности фактам взрывов, но и по фактам обрушения строительных конструкций.

## Заключение

Таким образом, в статье впервые рассмотрен феномен sniffing как обстоятельства, определяющего техническую причину взрывов газоздушных смесей. Проведенными расчетами подтверждено, что использование баллонов с пропаном, бутаном в качестве источника токсического вещества представляет значительный риск образования опасных факторов взрыва и обрушения строительных конструкций. Показано, что проведение расчетов характеристик взрывов в рамках производства соответствующих инженерно-технических экспертиз положительно влияет на достоверность и категоричность выводов эксперта. Даны рекомендации по внесению версии sniffing как обстоятельства, определяющего техническую причину взрыва газоздушной смеси, в перечень обязательных к рассмотрению по фактам взрывов и обрушения строительных конструкций. Показана важность своевременного назначения судебно-медицинских экспертиз в целях диагностики горючего компонента газоздушных смесей после их срабатывания.

### Список источников

1. Беловинский Л.В. Энциклопедический словарь истории советской повседневной жизни. М., 2015. 1337 с.
2. Актаева Ж.К. Sniffing – новая угроза подростковой токсикомании // Проблемы совершенствования российского законодательства: сб. тезисов Всерос. (с междунар. участием) науч. конф. курсантов, слушателей и студентов. Барнаул: Барнаулский юрид. ин-т Министерства внутренних дел Рос. Федерации, 2021. С. 113–114.
3. Токсикомания вследствие употребления бутана (sniffing). Токсичность. Диагностика / А.Р. Асадуллин [и др.] // Наркология. 2019. Т. 18. № 1. С. 92–96.
4. Remington G., Hoffman B.F. Gas sniffing as a form of substance abuse // The Canadian Journal of Psychiatry. 1984. Т. 29. № 1. С. 31–35.
5. Annual report 2011: the state of the drugs problem in Europe / European monitoring centre for drugs and drug addiction. Luxembourg: Publications office of the European Union, 2011. 105 p.
6. Калинина Е.Ю., Сетко Н.П. Токсикологические исследования при судебно-медицинской экспертизе отравлений бытовым газом // Оренбургский медицинский вестник. 2018. Т. VI. № 4 (24). С. 39–45.
7. Климова О.М. Sniffing несовершеннолетних как новая общественно-социальная проблема // Научный поиск курсантов: сб. материалов Междунар. науч. конф. Могилев: Учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь, 2022. С. 96–97.
8. «Хотын худалдааны дүрэм» – д нэмэлт, өөрчлөлт оруулах тухай 17.01.2014 оны Улаанбаатар хотын захиргааны шийдвэр. Улаанбаатар, 2014. 2 х.
9. Урванцева С.О., Мелькова Е.А., Гончарова Д.Н. Sniffing: анализ проблемы и способы преодоления в Кировской области // Лучшие студенческие исследования: сб. статей IV Междун. науч.-исслед. конкурса: в 2-х ч. Пенза: Наука и Просвещение, 2021. С. 239–243.
10. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М., 2009. 30 с.
11. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2-х ч. М.: Асс. «Пожнаука», 2000. 757 с.

### References

1. Belovinskij L.V. Enciklopedicheskiy slovar' istorii sovetskoj povsednevnoj zhizni. M., 2015. 1337 s.
2. Aktaeva Zh.K. Sniffing – novaya ugroza podrostkovoj toksikomanii // Problemy sovershenstvovaniya rossijskogo zakonodatel'stva: sb. tezisov Vseros. (s mezhdunar. uchastiem)

nauch. konf. kursantov, slushatelej i studentov. Barnaul: Barnaul'skij jurid. in-t Ministerstva vnutrennih del Ros. Federacii, 2021. S. 113–114.

3. Toksikomaniya vsledstvie upotrebleniya butana (sniffing). Toksichnost'. Diagnostika / A.R. Asadullin [i dr.] // Narkologiya. 2019. T. 18. № 1. S. 92–96.

4. Remington G., Hoffman B.F. Gas sniffing as a form of substance abuse // The Canadian Journal of Psychiatry. 1984. T. 29. № 1. S. 31–35.

5. Annual report 2011: the state of the drugs problem in Europe / European monitoring centre for drugs and drug addiction. Luxembourg: Publications office of the European Union, 2011. 105 p.

6. Kalinina E.Yu., Setko N.P. Toksikologicheskie issledovaniya pri sudebno-medicinskoj ekspertize otravlenij bytovym gazom // Orenburgskij medicinskij vestnik. 2018. T. VI. № 4 (24). S. 39–45.

7. Klimova O.M. Sniffing nesovershennoletnih kak novaya obshchestvenno-social'naya problema // Nauchnyj poisk kursantov: sb. materialov Mezhdunar. nauch. konf. Mogilev: Uchrezhdenie obrazovaniya «Mogilevskij institut Ministerstva vnutrennih del Respubliki Belarus', 2022. S. 96–97.

8. «Hotyn hudaldaany dyrem» – d nemelt, ørchlølt oruulah tuhaj 17.01.2014 ony Ulaanbaatar hotyn zahirgaany shijdver. Ulaanbaatar, 2014. 2 h.

9. Urvanceva S.O., Mel'kova E.A., Goncharova D.N. Sniffing: analiz problem i sposoby preodoleniya v Kirovskoj oblasti // Luchshie studencheskie issledovaniya: sb. statej IV Mezhdun. nauch.-issled. konkursa: v 2-h ch. Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2021. S. 239–243.

10. SP 12.13130.2009. Opredelenie kategorij pomeshchenij, zdaniy i naruzhnyh ustanovok po vzryvopozharnoj i požarnoj opasnosti. M., 2009. 30 s.

11. Korol'chenko A.Ya. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya: spravochnik v 2-h ch. M.: Ass. «Pozhnauka», 2000. 757 s.

*Информация об авторах:*

**Чинбат Алтангэрэл**, адъюнкт Академии управления МВД России (125993, Москва, ул. Зои и Александра Космодемьянских, д. 8), e-mail: altangerelchinbat475@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4728-2378>

**Артур Александрович Тумановский**, начальник отдела научно-исследовательского института Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: supertwain@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5690-635X>

**Сергей Григорьевич Ивахнюк**, заместитель начальника научно-исследовательского института Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: sgi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8211>

*Information about the authors:*

**Chinbat Altangerel**, adjunct of management academy of the Ministry of internal affairs (125993, Moscow, Zoya and Aleksandr Kosmodemyanskikh st., 8), e-mail: altangerelchinbat475@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4728-2378>

**Arthur A. Tumanovsky**, head of department of the Research institute of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: supertwain@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5690-635X>

**Sergey G. Ivakhnyuk**, deputy head of the research institute of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: sgi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8211>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 20.07.2022; одобрена после рецензирования: 01.09.2022; принята к публикации: 06.09.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 20.07.2022; approved after review: 01.09.2022; accepted for publication: 06.09.2022

УДК 614.841.2.001.2

## **АНАЛИЗ ПОЖАРОВ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗГОРАНИЕМ ЛИТИЙ-ИОННЫХ И ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

**Антон Анатольевич Мельник;**

**Михаил Анатольевич Охотников;**

**Ирина Викторовна Клаптюк**✉.

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

✉[klaptuk.i@igps.ru](mailto:klaptuk.i@igps.ru)

*Аннотация.* Литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы в настоящее время широко применяются в качестве источника электрической энергии в самых разнообразных устройствах: от мобильных телефонов и ноутбуков до электромобилей и энергетических систем. Несмотря на ряд преимуществ, аккумуляторы данного типа являются источниками пожарной опасности, а пожары с их участием – относительно частое явление. Статистика по количеству таких пожаров в России в настоящее время отсутствует. В данной статье проводится обобщение результатов исследования пожаров, причиной которых явилось возгорание литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей, проведенных судебно-экспертными учреждениями МЧС России в 2021 г.

*Ключевые слова:* литий-ионные и литий полимерные аккумуляторы, возгорание, тепловой разгон, пожар, статистика, исследование, судебно-экспертные учреждения

**Для цитирования:** Мельник А.А., Охотников М.А., Клаптюк И.В. Анализ пожаров, связанных с возгоранием литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 39–47.

## **ANALYSIS OF FIRES RELATED TO IGNITION OF LITHIUM-ION AND LITHIUM-POLYMER BATTERIES**

**Anton A. Melnik;**

**Michail A. Okhotnikov;**

**Irina V. Klapyuk**✉.

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

✉[klaptuk.i@igps.ru](mailto:klaptuk.i@igps.ru)

*Abstract.* Lithium-ion and lithium-polymer batteries are currently widely used as a source of electrical energy in a wide variety of devices: from mobile phones and laptops to electric vehicles and power systems. Despite a number of advantages, batteries of this type are sources of fire danger, and fires involving them are relatively common. There are no statistics on the number of such fires. This article summarizes the results of a study of fires involving lithium-ion and lithium-polymer batteries conducted by forensic expert institutions of EMERCOM of Russia in 2021.

*Keywords:* lithium-ion and lithium polymer batteries, ignition, thermal acceleration, fire, statistics, research, forensic institutions

**For citation:** Melnik A.A., Okhotnikov M.A., Klapyuk I.V. Analysis of fires related to ignition of lithium-ion and lithium-polymer batteries // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 39–47.

## Введение

В настоящее время литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторные батареи (ЛАКБ) в качестве источника электрической энергии находят свое широкое применение в самых разнообразных устройствах, начиная от бытовой техники и заканчивая электротранспортом и энергетическими системами [1–5].

Преимуществами использования ЛАКБ перед аккумуляторами других типов являются: длительный срок службы, приемлемые габариты и вес, быстрая перезарядка, высокая электрическая емкость и мощность, отсутствие «эффекта памяти» и т.д. [6–9].

В то же время ЛАКБ являются источниками повышенной пожарной опасности – электролит таких батарей в результате короткого замыкания, перезарядки, перегрева или механических повреждений может самонагреваться с выделением легко воспламеняющихся газов и дальнейшим их воспламенением, что сопровождается быстрым ростом температуры и давления в аккумуляторной ячейке. Протекание такого комплекса пожароопасных процессов получило название – «тепловой (или термический) разгон» [10–13].

Таким образом, пожары могут происходить в самых разнообразных устройствах, в которых источником энергии являются ЛАКБ. В работах [14–18] рассмотрены отдельные случаи пожаров, причиной которых явилось воспламенение литий-ионных аккумуляторов. С целью снижения пожароопасности и удешевления производства в последнее время все более остро назревает вопрос о переходе на натрий-ионные аккумуляторные батареи [19–22].

Необходимо подчеркнуть, что в настоящее время статистические данные по количеству пожаров, произошедших в результате воспламенения ЛАКБ, отсутствуют. Однако одно не вызывает сомнения – количество таких пожаров из года в год будет только увеличиваться по мере продолжения роста производства ЛАКБ и сферы их применения. Это обстоятельство, в свою очередь, подчеркивает актуальность данной проблематики.

Настоящий обзор дает возможность проанализировать статистические данные, содержащиеся в исследованиях судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы МЧС России (СЭУ ФПС) в 2021 г., связанных с возгораниями ЛАКБ.

## Аналитическая часть

На исследование в судебно-экспертные учреждения ФПС МЧС России только в 2021 г. поступили на исследования 82 материала по факту пожаров, произошедших вследствие возгорания ЛАКБ. Далее, в таблице, приведены обобщенные статистические данные.

С целью выявления закономерностей, включающих в себя распределение пожаров, произошедших вследствие возгорания ЛАКБ различных типов электронных устройств, изделиях бытового назначения и на электротранспорте, в таблице приведены данные по пожарам с участием аккумуляторных батарей (АКБ) следующих типов:

– АКБ Быт. – АКБ бытовых электрических устройств: мобильных цифровых и зарядных устройств (мобильные телефоны, ноутбуки, планшеты, фото- и видеокамеры, медиаплееры, устройства «Power Bank» (внешние аккумуляторы); электроинструмента (дрели, перфораторы, болгарки и др.); других мобильных электрических устройств (электрофонари, электронные сигареты) и т.д.

– АКБ СИМ – АКБ средств индивидуальной мобильности: электровелосипедов, электросамокатов, гироскутеров, моноколес и т.д.;

– АКБ ТС – АКБ автотранспортных средств: автомобилей, трамваев, троллейбусов, электробусов, электропогрузчиков и т.д.;

– АКБ Пром. – АКБ промышленных устройств, предназначенных для накопления, преобразования и распределения электрической энергии.

Таблица. Статистика пожаров, произошедших вследствие возгорания ЛАКБ, поступивших на исследование в СЭУ МЧС России в 2021 г.

	СЭУ ФПС	Кол-во пожаров	АКБ Быт. (%)	АКБ СИМ (%)	АКБ ТС (%)	АКБ Пром. (%)
1	Алтайский край	0	0	0	0	0
2	Архангельская область	3	1	1	0	1
3	Брянская область	2	2	0	0	0
4	Владимирская область	0	0	0	0	0
5	Волгоградская область	0	0	0	0	0
6	Воронежская область	0	0	0	0	0
7	Забайкальский край	0	0	0	0	0
8	Ивановская область	3	3	0	0	0
9	Иркутская область	0	0	0	0	0
10	Камчатский край	1	1	0	0	0
11	Кемеровская область – Кузбасс	1	1	0	0	0
12	Краснодарский край	3	1	2	0	0
13	Курская область	1	1	0	0	0
14	Магаданская область	0	0	0	0	0
15	Москва	0	0	0	0	0
16	Нижегородская область	1	1	0	0	0
17	Новосибирская область	0	0	0	0	0
18	Омская область	5	5	0	0	0
19	Орловская область	1	1	0	0	0
20	Пензенская область	1	1	0	0	0
21	Пермский край	1	1	0	0	0
22	Приморский край	2	0	1	1	0
23	Республика Башкортостан	1	1	0	0	0
24	Республика Коми	0	0	0	0	0
25	Республика Марий Эл	0	0	0	0	0
26	Республика Саха (Якутия)	0	0	0	0	0
27	Республика Северная Осетия – Алания	0	0	0	0	0
28	Республика Татарстан	0	0	0	0	0
29	Республика Тыва	0	0	0	0	0
30	Республика Хакасия	0	0	0	0	0
31	Рязанская область	0	0	0	0	0
32	Санкт-Петербург	8	6	2	0	0
33	Саратовская область	3	2	1	0	0
34	Ставропольский край	1	0	1	0	0
35	Тамбовская область	0	0	0	0	0
36	Тверская область	1	1	0	0	0
37	Томская область	0	0	0	0	0
38	Тульская область	0	0	0	0	0
39	Тюменская область	0	0	0	0	0
40	Удмуртская Республика	0	0	0	0	0
41	Ульяновская область	1	1	0	0	0
42	Хабаровский край	1	1	0	0	0
43	Ямало-Ненецкий АО	0	0	0	0	0
44	Ярославская область	0	0	0	0	0
	Кол-во Испытательных пожарных лабораторий: 44 из 78 (56,4 %)	41	31 (75,6)	8 (19,5)	1 (2,4)	1 (2,4)

Подавляющее количество всех исследованных пожаров в СЭУ ФПС (более 75 %), связанных с возгоранием ЛАКБ, приходится на мобильные цифровые и зарядные устройства, что, безусловно, связано с широким распространением такого типа устройств в повседневном быту и трудовой деятельности населения Российской Федерации (рис. 1).

Относительно большое количество пожаров (около 20 %) приходится на устройства передвижения, такие как электросамокаты, гироскутеры, электровелосипеды, которые из года в год используются все более активно, особенно по мере доступности данных устройств и расширением в крупных населенных пунктах сервисов аренды электросамокатов и электровелосипедов.

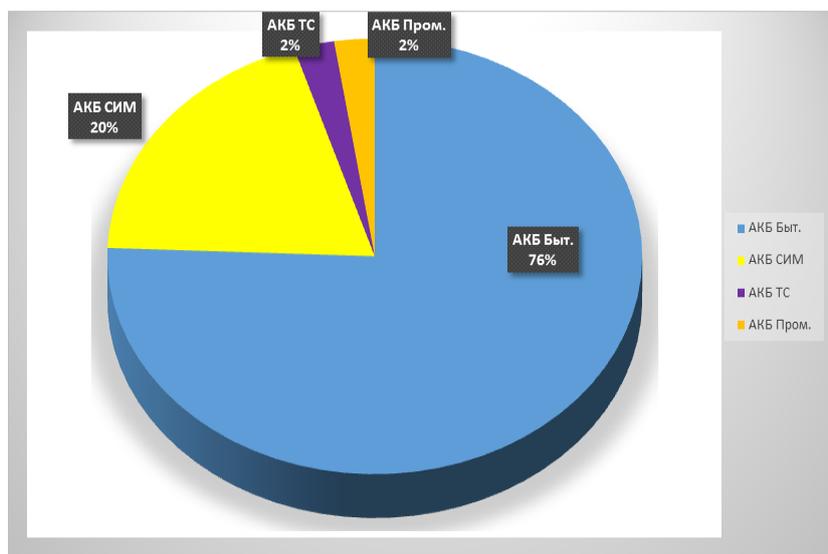


Рис. 1. Диаграмма распределения исследованных пожаров по различным типам устройств с АКБ

Наконец, за 2021 г. было исследовано лишь по одному пожару, причиной которых явилось возгорание ЛАКБ электромотоцикла и промышленного устройства преобразования электроэнергии, что может быть связано как с меньшим распространением электромотоциклов и промышленных устройств вышеуказанного типа в России, по сравнению с зарубежными странами, так и с более жесткими требованиями, относящимися к вопросам пожарной безопасности, предъявляемыми к АКБ электротранспорта и систем электроэнергетики, по сравнению с батареями устройств бытового назначения.

Анализ распределения пожаров по объектам различного назначения, на которых происходили возгорания устройств с питанием от ЛАКБ, показало, что более 70 % пожаров пришлось на жилой сектор (квартиры жилых домов, помещения общежитий, частные домовладения и др.) (рис. 2, АКБ Жил.).

Данная закономерность вполне объяснима и хорошо коррелирует с данными, представленными на рис. 1, поскольку именно в жилом секторе, в большинстве случаев, находят применение мобильные цифровые и зарядные устройства и, отчасти, устройства профессионального назначения.

На втором месте по распространенности пожаров (12 %; на рис. 2 отмечены как АКБ Склад.) находятся объекты, тем или иным образом связанные со складированием или транспортировкой как устройств с АКБ, так и непосредственно самих батарей (торговые центры, магазины, камеры хранения, транспорт для перевозки АКБ и др.). Примерно такое же количество пожаров в 2021 г. (10 %) пришлось на такие объекты, как гаражи, ангары и т.д. (АКБ Др.). Также некоторое количество пожаров произошло на территории образовательных учреждений (высшие учебные заведения, школы, гимназии, интернаты и др.) и на производственных объектах, предполагающих наличие помещений, оборудованных устройствами накопления и распределения электрической энергии, – 5 и 2 % соответственно.

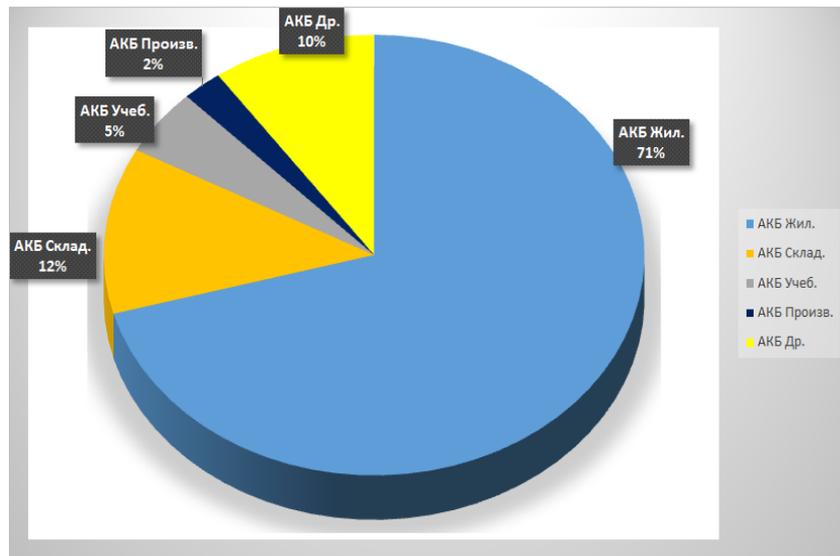


Рис. 2. Диаграмма распределения исследованных пожаров по функциональному назначению объектов пожара

Известно, что наибольшую пожарную опасность представляет разгерметизация литий-ионной батареи, которая может явиться следствием механических повреждений АКБ, ее перезаряда, а также производственных дефектов как в самой компоновке комплектующих и материалов АКБ, так и в элементах системы защиты от перезаряда [23, 24]. Здесь же добавим еще такие два фактора, как внешнее тепловое воздействие (воздействие прямых солнечных лучей, оставление устройства с ЛАКБ возле нагревательных приборов либо источников открытого огня), а также перегрев АКБ вследствие нештатной работы системы охлаждения электрического устройства, если она предусмотрена производителем.

На рис. 3 представлена диаграмма распределения количества исследованных пожаров с участием электроустройств с ЛАКБ, находящихся в состоянии зарядки АКБ (АКБ Заряд.) и в процессе эксплуатации (АКБ Экспл.).

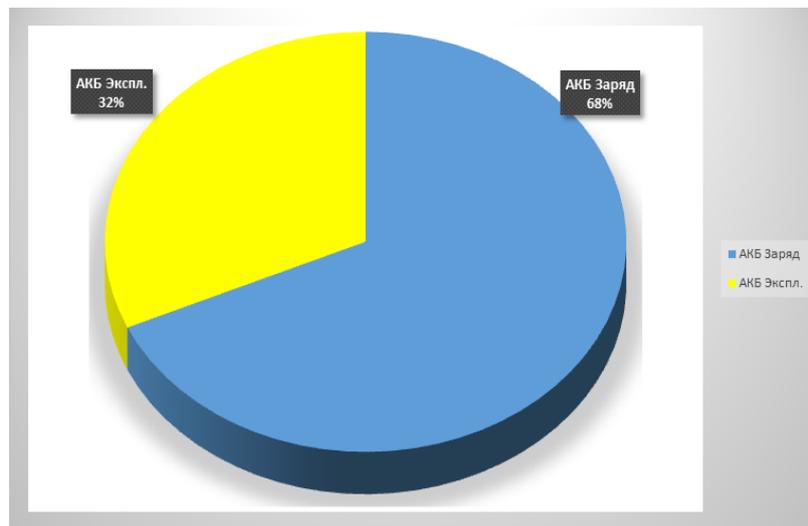


Рис. 3. Диаграмма распределения количества исследованных пожаров с участием электроустройств, находящихся в состоянии зарядки АКБ и в процессе эксплуатации

Более трети всех исследованных в СЭУ ФПС за 2021 г. пожаров (в количественном выражении 13 единиц или 68 %) пришлось на электрические устройства, в которых ЛАКБ находились в состоянии зарядки от электросети. Это является свидетельством того, что вопросы в области пожарной безопасности, относящиеся к совершенствованию защиты

ЛАКБ от перезарядки или, более обобщенно, от разгерметизации АКБ при их зарядке, являются весьма актуальными.

Необходимо особо отметить, что в статистику в рамках проведенного анализа вошли только те пожары, материалы дел по которым были направлены органами следствия и дознания в экспертные учреждения МЧС России. Очевидно, что относительно большое количество пожаров, связанных с возгоранием ЛАКБ, расследование которых проводилось в рамках проверок по фактам пожаров, в СЭУ ФПС не направлялись по причине очевидности причины возгорания (очаг пожара безошибочно определялся в месте, где кроме АКБ других источников зажигания не было; очаг возгорания был относительно локальным; пожары были своевременно ликвидированы и не привели к значительным последствиям и повреждениям).

В заключение приведем некоторые статистические данные, касающиеся перспектив развития рынка ЛАКБ в мире и в России, опубликованные различными ведомствами и аналитическими агентствами.

На фоне увеличивающегося спроса на ЛАКБ для бытовой электрической техники особое внимание аналитики уделяют резко увеличивающейся динамике производства АКБ для тяговых установок электромобилей и промышленных установок накопления и распределения электроэнергии, интегрированных с возобновляемыми источниками энергии.

Согласно текущим мировым трендам, электротранспорт является основной движущей силой развития рынка накопителей на литий-ионных аккумуляторах. К концу 2021 г. количество электромобилей на дорогах мира составило около 16,5 млн, что втрое больше, чем в 2018 г. Об этом свидетельствуют данные, опубликованные в мае 2022 г. Международным энергетическим агентством (IEA). Продажи электромобилей в 2021 г. удвоились, по сравнению с 2020 г., и достигли нового рекорда в 6,6 млн, говорится в докладе. Несмотря на напряженность глобальных цепочек поставок, продажи продолжали активно расти и в 2022 г.: в первом квартале в мире было продано 2 млн электромобилей, что на три четверти больше, чем за тот же период в 2021 г. [25].

В России до недавнего времени приоритет отдавался рынку автомобилей, работающих на газомоторном топливе. Однако в августе 2021 г. Правительством Российской Федерации была утверждена Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 г. (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 г. № 2290р). Предполагается, что к 2030 г. число электромобилей в стране составит 15 % от общего объема рынка автотранспортных средств при сбалансированном сценарии и до 30 % – рынка при сценарии ускоренного развития.

По данным АО «ТВЭЛ» (топливный дивизион Росатома), ожидается, что к 2030 г. в мире будет выпускаться 30 млн электромобилей в год. Также уже сейчас наблюдается ускорение роста сектора промышленных аккумуляторов в энергетике. По прогнозам, мировой рынок аккумуляторных батарей должен вырасти с нынешних 300 ГВт·ч в год до 1,9 ТВт·ч в год к 2030 г. В России, по оценкам компании, к 2030 г. спрос на аккумуляторы для электромобилей достигнет 16 ГВт·ч, а сегмент стационарных систем накопления энергии – до 1,5 ГВт·ч [26].

Таким образом, уже в ближайшем будущем, статистика пожаров в России, произошедших в результате воспламенения ЛАКБ, может претерпеть определенные изменения, и сохранение актуальности исследования данного рода пожаров не вызывает сомнений.

### Заключение

Анализ статистических данных по пожарам, связанным с возгоранием ЛАКБ и исследованным в СЭУ ФПС в 2021 г., позволяет сформулировать следующие обобщающие выводы:

1. Наибольшее количество исследованных пожаров за 2021 г. явились следствием возгорания ЛАКБ мобильных цифровых и зарядных устройств, повсеместно используемых в быту и для решения рабочих задач.

2. Возгорания ЛАКБ наиболее часто происходили в жилом секторе.
3. Актуальным вопросом остается обеспечение пожарной безопасности устройств с автономным питанием от ЛАКБ, находящихся в процессе их зарядки от электрической сети.
4. В среднесрочной перспективе – в период с 2022 по 2030 гг. – следует ожидать увеличение относительного количества пожаров, связанных с возгоранием ЛАКБ электротранспорта и систем накопления и преобразования электрической энергии.

#### Список источников

1. Whittingham M.S. Lithium batteries and cathode materials // *Chemical reviews*. 2004. Vol. 104. P. 4271–4301.
2. Цивадзе А.Ю., Кулова Т.Л., Скундин А.М. Фундаментальные проблемы литий-ионных аккумуляторов // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2013. Т. 49. № 2. С. 149–154.
3. Xu K. Electrolytes and interphases in li-ion batteries and beyond // *Chemical reviews*. 2014. Vol. 114. P. 11503–11618.
4. *Lithium batteries: Science and technology* / G.-A. Nazri, G. Pistoia. New York: Kluwer academic publishers, 2004. 708 p.
5. Yoshino A. The birth of the lithium-ion battery // *Angewandte chemie international edition*. 2012. Vol. 51. Iss. 24. P. 5798–5800.
6. Садовников А.В., Макарчук В.В. Литий-ионные аккумуляторы // *Молодой ученый*. 2016. № 23 (127). С. 84–89.
7. Макарян И.А., Ефимов О.Н., Гусев А.Л. Состояние и перспективы развития рынка литий-ионных аккумуляторов // *Альтернативная энергетика и экология*. 2013. № 06/1 (127). С. 100–115.
8. Tarascon J.-M., Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries // *Nature*. 2011. Vol. 414. P. 359–367.
9. Кедринский И.А., Дмитриенко В.Е., Грудянов И.И. Литиевые источники тока. М.: Энергоиздат, 2012. 247 с.
10. Поведение литий-ионного аккумулятора емкостью 150 А·ч в экстремальных ситуациях / А.Н. Кожевников [и др.] // *Электрохимическая энергетика*. 2008. Т. 8. № 1. С. 46–50.
11. Румянцев А.М., Волжинская Е.Г., Жданов В.В. Поведение малогабаритных литий-ионных аккумуляторов в условиях перезаряда // *Электрохимическая энергетика*. 2007. Т. 7. № 2. С. 73–77.
12. Влияние эксплуатационных факторов на работу литий-ионного аккумулятора / М.А. Бураков [и др.] // *Символ науки*. 2019. № 7.
13. Ouyang D., He Y., Chen M. Experimental study on the thermal behaviors of lithium-ion batteries under discharge and overcharge conditions // *Journal of thermal analysis and calorimetry*. 2018. Vol. 132. P. 65–75.
14. Плотников В.Г., Чешко И.Д., Кондратьев С.А. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов и низковольтных источников питания на их основе // *Расследование пожаров: сб. статей / под ред. С.В. Шарапова, И.Д. Чешко*. СПб., 2014. С. 53–58.
15. Ежелева Е.Е., Мельник А.А., Елисеев Ю.Н. Исследование пожаров, связанных с возгоранием литий-ионных аккумуляторных батарей на транспорте // *Сибирский пожарно-спасательный вестник*. 2021. № 1 (20). С. 50–53.
16. Елисеев Ю.Н., Мокряк А.В. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2020. № 3. С. 14–17.
17. Чудинов Е.А., Ткачук С.А., Кокорин А.Н. Проблемы безопасности при эксплуатации литий-ионного аккумулятора // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 3.
18. Overcharge reaction of lithium-ion batteries / T. Ohsaki [et al.] // *Journal of power sources*. 2005. Vol. 146. P. 97.
19. Slater M.D., Kim D., Lee E. Sodium-Ion batteries // *Advanced functional materials*. 2013. Vol. 23. P. 947–958.

20. Yabuuchi N., Kubota K., Dahbi M. Research development on sodium-ion batteries // *Chemical reviews*. 2014. Vol. 114. Iss. 23. P. 11636–11682.
21. Palomares V. Na-ion batteries, recent advances and present challenges to become low cost energy storage systems // *Energy and environmental science*. 2012. Vol. 5. P. 5884–5901.
22. Vaalma C., Buchholz D., Weil M. A cost and resource analysis of sodium-ion batteries // *Nature reviews materials*. 2018. Vol. 3. P. 18013.
23. Tobishima S., Yamaki J. A consideration of lithium cell safety // *Journal of power sources*. 1999. DOI: 10.1016/S0378-7753(98)00240-7.
24. Balakrishnan P.G., Ramesh R., Kumar T.P. Safety mechanisms in lithium-ion batteries // *Journal of power sources*. 2006. Vol. 155. Iss. 2. P. 401–414.
25. Мировая статистика-2021: электромобили и подзаряжаемые гибриды // Авторевию. URL: <https://autoreview.ru/news/mirovaya-statistika-2021-elektromobili-i-podzaryazhaemye-gibridy> (дата обращения: 23.08.2022).
26. Российский рынок аккумуляторов к 2030 году вырастет до \$1,2 млрд // Рекламно-информационное приложение к газете «Ведомости». 2022. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/02/15/909489-rinok-akkumulyatorov> (дата обращения: 23.08.2022).

### References

1. Whittingham M. S. Lithium Batteries and Cathode Materials // *Chemical Reviews*. 2004. Vol. 104. P. 4271–4301.
2. Civadze A.Yu., Kulova T.L., Skundin A.M. Fundamental'nye problemy litij-ionnyh akkumulyatorov // *Fizikohimiya poverhnosti i zashchita materialov*. 2013. T. 49. № 2. S. 149–154.
3. Xu K. Electrolytes and interphases in li-ion batteries and beyond // *Chemical reviews*. 2014. Vol. 114. P. 11503–11618.
4. Lithium batteries: Science and technology / G.-A. Nazri, G. Pistoia. New York: Kluwer Academic Publishers, 2004. 708 p.
5. Yoshino A. The birth of the lithium-ion battery // *Angewandte chemie international edition*. 2012. Vol. 51. Iss. 24. P. 5798–5800.
6. Sadovnikov A.V., Makarchuk V.V. Litij-ionnye akkumulyatory // *Molodoj uchenyj*. 2016. № 23 (127). S. 84–89.
7. Makaryan I.A., Efimov O.N., Gusev A.L. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rynka litij-ionnyh akkumulyatorov // *Al'ternativnaya energetika i ekologiya*. 2013. № 06/1 (127). S. 100–115.
8. Tarascon J.-M., Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries // *Nature*. 2011. Vol. 414. P. 359–367.
9. Kedrinskij I.A., Dmitrienko V.E., Grudyanov I.I. Litievye istochniki toka. M.: Energoizdat, 2012. 247 с.
10. Povedenie litij-ionnogo akkumulyatora emkost'yu 150 A•ch v ekstremal'nyh situacijah / A.N. Kozhevnikov [i dr.] // *Elektrohimicheskaya energetika*. 2008. T. 8. № 1. S. 46–50.
11. Rumyancev A.M., Volzhinskaya E.G., Zhdanov V.V. Povedenie malogabaritnyh litij-ionnyh akkumulyatorov v usloviyah perezaryada // *Elektrohimicheskaya energetika*. 2007. T. 7. № 2. S. 73–77.
12. Vliyanie ekspluatacionnyh faktorov na rabotu litij-ionnogo akkumulyatora / M.A. Burakov [i dr.] // *Simvol nauki*. 2019. № 7.
13. Ouyang D., He Y., Chen M. Experimental study on the thermal behaviors of lithium-ion batteries under discharge and overcharge conditions // *Journal of thermal analysis and calorimetry*. 2018. Vol. 132. P. 65–75.
14. Plotnikov V.G., Cheshko I.D., Kondrat'ev S.A. Pozharnaya opasnost' litij-ionnyh akkumulyatorov i nizkovol'tnyh istochnikov pitaniya na ih osnove // *Rassledovanie pozharov: sb. statej / pod red. S.V. Sharapova, I. D. Cheshko*. SPb., 2014. S. 53–58.
15. Ezheleva E.E., Mel'nik A.A., Eliseev Yu.N. Issledovanie pozharov, svyazannyh s vozgoraniem litij-ionnyh akkumulyatornyh batarej na transporte // *Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik*. 2021. № 1 (20). S. 50–53.

16. Eliseev Yu.N., Mokryak A.V. Analiz pozharnoj opasnosti litij-ionnyh akkumulyatornyh batarej // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 3. S. 14–17.
17. Chudinov E.A., Tkachuk S.A., Kokorin A.N. Problemy bezopasnosti pri ekspluatatsii litij-ionnogo akkumulyatora // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. № 3.
18. Overcharge reaction of lithium-ion batteries / Ohsaki T. [et al.] // Journal of power sources. 2005. Vol. 146. P. 97.
19. Slater M.D., Kim D., Lee E. Sodium-Ion batteries // Advanced functional materials. 2013. Vol. 23. P. 947–958.
20. Yabuuchi N., Kubota K., Dahbi M. Research development on sodium-ion batteries // Chemical reviews. 2014. Vol. 114. Iss. 23. P. 11636–11682.
21. Palomares V. Na-ion batteries, recent advances and present challenges to become low cost energy storage systems // Energy and environmental science. 2012. Vol. 5. P. 5884–5901.
22. Vaalma C., Buchholz D., Weil M. A cost and resource analysis of sodium-ion batteries // Nature reviews materials. 2018. Vol. 3. P. 18013.
23. Tobishima S., Yamaki J. A consideration of lithium cell safety // Journal of power sources. 1999. DOI: 10.1016/S0378-7753(98)00240-7.
24. Balakrishnan P.G., Ramesh R., Kumar T.P. Safety mechanisms in lithium-ion batteries // Journal of power sources. 2006. Vol. 155. Iss. 2. P. 401–414.
25. Mirovaya statistika-2021: elektromobili i podzaryazhaemye gibridy // Avtorevyu.  
URL: <https://autoreview.ru/news/mirovaya-statistika-2021-elektromobili-i-podzaryazhaemye-gibridy> (data obrashcheniya: 23.08.2022).
26. Rossijskij rynek akkumulyatorov k 2030 godu vyrastet do \$1,2 mlrd // Reklamno-informacionnoe prilozhenie k gazete «Vedomosti». 2022.  
URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/02/15/909489-rinok-akkumulyatorov> (data obrashcheniya: 23.08.2022).

*Информация об авторах:*

**Антон Анатольевич Мельник**, начальник научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), кандидат технических наук, доцент, e-mail: melnik@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5248-1534>

**Михаил Анатольевич Охотников**, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: mikehunter@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3956-8248>

**Ирина Викторовна Клаптюк**, начальник отдела Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: klaptuk.i@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0815-0145>

*Information about the authors:*

**Anton A. Melnik**, head of the research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya nab., 35), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: melnik@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5248-1534>

**Mikhail A. Okhotnikov**, leading researcher at the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya nab., 35), e-mail: mikehunter@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3956-8248>

**Irina V. Klaptuk**, head of the department of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (193079, Saint-Petersburg, Oktyabrskaya nab., 35), e-mail: klaptuk.i@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0815-0145>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 30.08.2022; одобрена после рецензирования: 06.09.2022; принята к публикации: 09.09.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 30.08.2022; approved after review: 06.09.2022; accepted for publication: 09.09.2022

УДК 502/504

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ НА ПОЛИГОНАХ И СВАЛКАХ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ**

**Олег Николаевич Савчук**✉;

**Олег Михайлович Троянов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

✉[oleg-savcuk@mail.ru](mailto:oleg-savcuk@mail.ru)

*Аннотация.* Рассматривается актуальная проблема обеспечения экологической безопасности населения при пожарах на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами. Приводятся статистические данные последних лет по количеству полигонов, санкционированных свалок, возрастанию объемов твердых коммунальных отходов, утилизации, захоронению и обезвреживанию их в России. Несмотря на принятые меры законодательного характера по обеспечению экологической безопасности, в России в последние годы сохраняется угроза токсического отравления людей при пожарах (возгораниях) на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами в связи с ростом в их структуре в первую очередь упаковочных компонентов из полимерных материалов. Приводятся данные по выделению определенного вида токсических продуктов горения таких компонентов, к которым относятся в основном: оксид углерода, цианистый водород, хлористый водород, оксиды азота, акролеин. Сформулированы пути совершенствования обеспечения экологической безопасности населения при пожарах на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами, к которым относятся: повышение культуры экологической безопасности людей; безусловное выполнение правил раздельной сортировки твердых коммунальных отходов; разработка новых технологий по переработке твердых коммунальных отходов без их раздельной сортировки; разработка комплекса мер по предотвращению возгораний и пожаров на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами; совершенствование прогнозирования последствий пожаров на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами.

*Ключевые слова:* обеспечение экологической безопасности, твердые коммунальные отходы, пожары и возгорания на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами, последствия пожаров на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами, захоронение, утилизация, обезвреживание, опасные токсические продукты горения, прогнозирование, предотвращение

**Для цитирования:** Савчук О.Н., Троянов О.М. Обеспечение экологической безопасности населения при пожарах на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 48–59.

## **ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE POPULATION DURING FIRES AT LANDFILLS AND LANDFILLS WITH SOLID MUNICIPAL WASTE**

**Oleg N. Savchuk**✉;

**Oleg M. Troyanov.**

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

✉[oleg-savcuk@mail.ru](mailto:oleg-savcuk@mail.ru)

*Abstract.* The article deals with the actual problem of ensuring environmental safety of the population during fires at landfills and landfills with solid municipal waste. The statistical data of recent years on the number of landfills, authorized landfills, increasing volumes

of municipal solid waste, recycling, burial and neutralization in Russia are given. Despite the legislative measures taken to ensure environmental safety in Russia in recent years, the threat of toxic poisoning of people during fires (fires) at landfills and landfills with solid municipal waste remains due to the growth in their structure, primarily of packaging components made of polymer materials. The data on the release of a certain type of toxic combustion products of such packaging components, which mainly include carbon monoxide, hydrogen cyanide, hydrogen chloride, nitrogen oxides, acrolein, are given. The ways of improving the environmental safety of the population during fires at landfills and landfills with solid municipal waste are formulated, which include: improving the culture of environmental safety of people; unconditional compliance with the rules of separate sorting of solid municipal waste; development of new technologies for processing solid municipal waste without separate sorting; development of a set of measures to prevent fires and fires at landfills and landfills with solid municipal waste; improvement of forecasting the consequences of fires at landfills and landfills with solid municipal waste.

*Keywords:* ensuring environmental safety, solid municipal waste, fires and fires at landfills and landfills with solid municipal waste, the consequences of fires at landfills and landfills with solid municipal waste, burial, disposal, neutralization, dangerous toxic gorenje products, forecasting, prevention

**For citation:** Savchuk O.N., Troyanov O.M. Ensuring environmental safety of the population during fires at landfills and landfills with solid municipal waste // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 48–59.

### Введение и состояние вопроса

Интенсивное развитие промышленности, сельского хозяйства и связанное с ними развитие энергетики, а в настоящее время с упором на импортозамещение в экономике в период беспрецедентных санкций США и ЕС приводит к повышенным отрицательным последствиям загрязнения окружающей среды во многих регионах России. Поэтому так актуальны в настоящее время вопросы повышения экологической безопасности населения наравне с решением вопросов подъема экономики страны.

Экологическая безопасность населения предусматривает такой баланс взаимодействий природы и социума, при котором исключаются отрицательные последствия влияния их друг на друга. Согласно Указу Президента Российской Федерации от 19 апреля 2017 г. № 176 «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» (Указ № 176) [1] до 15 % территории России не соответствуют нормам экологической безопасности. Одной из важных причин, которая может привести к экологическому бедствию на территории России, является проблема размещения и безопасного хранения на полигонах и свалках отходов производства и потребления, к которым относятся твердые коммунальные отходы (ТКО), что представляет потенциальную опасность для населения, проживающего вблизи таких полигонов и свалок.

Как отмечается в Указе № 176 [1], на площади до 4 млн га размещены около 15 тыс. полигонов и свалок, на которых накоплено более 30 млрд т отходов производства и потребления. За счет возрастания объемов отходов ежегодно эта территория увеличивается на более 300 тыс. га. Ежегодно складывается до 4 млрд т отходов, из них только ТКО составляют до 70 млн т. Рост их объемов ежегодно составляет до 5 %.

В Государственном докладе [2] приводятся следующие данные по захоронению, утилизации и обезвреживанию в 2020 г. ТКО на территории России:

- было образовано 48 462,0 млн т ТКО, что на 21 % ниже уровня 2019 г. (61 147,6 млн т);
- общее количество обработанных ТКО составило 18 702,2 млн т (38,5 % от общей массы образованных ТКО), что на 3 % больше, чем в 2019 г.;
- общее количество обезвреженных ТКО составило 1 491,6 млн т (3 % от общей массы образованных ТКО);
- в целом общая масса ТКО, захороненных в 2020 г., составила 36 млрд т.

Несмотря на тенденцию по снижению общей массы и увеличению доли утилизации отходов производства и потребления, включая ТКО, их еще в целом остается значительное количество, что может привести в различных регионах страны к экологическим бедствиям, причинами которых могут быть пожары и возгорания на полигонах и свалках.

К наиболее значимым и опасным районам экологического бедствия в настоящее время, например, следует отнести размещение отходов в г. Усолье-Сибирском Иркутской обл., в окрестности целлюлозно-бумажного комбината у оз. Байкал, полигона «Красный бор» в Ленинградской обл., где размещали опасные и особо опасные промышленные отходы.

На территории России имеется около 3 тыс. свалок и оставшихся промышленных зон [3], на которых размещались также ТКО и которые расположены вблизи населенных пунктов. Так, например, у г. Челябинска свалка, расположенная на территории более 74 га, которая с течением времени оказалась в черте города на расстоянии около 700 м от селитебной части [3], содержит порядка 17 млн т отходов, включающих ТКО.

В статье рассматривается вопрос пожарной опасности для населения полигонов и свалок с ТКО с экологической стороны, с позиций обеспечения экологической безопасности, что обуславливает определенную новизну изложенных материалов.

Огромное количество ТКО, размещенных на полигонах и свалках, представляет экологическую опасность, что определяет актуальность данной статьи и цель проведенного исследования, которой является уяснение экологической опасности для населения в случае возникновения пожаров и возгораний на полигонах и свалках с ТКО, предложение соответствующих мер по совершенствованию обеспечения экологической безопасности.

Задачи проведенного исследования состоят в следующем. Во-первых, осмысление понятия ТКО в соответствии с действующим законодательством. Во-вторых, характеристика отдельных опасных токсических веществ, образующихся при сгорании некоторых компонентов, входящих в ТКО. В-третьих, формулирование путей совершенствования обеспечения экологической безопасности населения при пожарах и возгораниях на полигонах и свалках с ТКО на современном этапе.

Теоретическая значимость исследования в рамках настоящей статьи состоит в том, что изложенные материалы дополняют и развивают теоретические знания в сфере обеспечения экологической безопасности.

Практическая значимость исследования в рамках настоящей статьи заключается в том, что изложенные материалы могут использоваться для повышения эффективности мер по формированию экологической культуры населения и решения экологических проблем, связанных с внедрением новой системы обращения с отходами в соответствии с проводимой реформой отрасли обращения с ТКО в России.

### **Исследовательская часть**

В соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2014 г. № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации» (с изм. и доп.) понятие ТБО определяется как «отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами». Понятие ТКО окончательно пришло на смену понятию ТБО (твердые бытовые отходы) в 2019 г. с переходом на новую систему обращения с отходами («мусорная» реформа).

Понятие ТКО является более широким понятием. К ТБО относили только «домашние» отходы, то есть мусор, который граждане каждодневно выносят из мест проживания (отходы от приготовления пищи, уборки, мелкого ремонта, испорченная одежда, обувь, мебель и т.п.).

На основании Приказа Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22 мая 2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» ТКО (код 7 30 000 00 00 0) – это следующие виды отходов:

1. Мусор из жилых помещений.
2. Отходы от уборки территории городских и сельских поселений, относящиеся к ТКО.
3. Растительный мусор, полученный в результате уборки цветника, газона и прочее в населенном пункте.
4. Отходы от офисных и бытовых помещений предприятий, организаций.
5. Мусор и смет от уборки железнодорожных, автомобильных вокзалов; аэропортов, терминалов; портов; станций метро; любого общественного транспорта.
6. Отходы при предоставлении услуг оптовой и розничной торговли, относящиеся к твердым коммунальным отходам.
7. Мусор, образованный в местах временного проживания (гостиницы); помещениях, в которых предоставляются социальные услуги (почта, больница и т.д.).
8. Отходы, полученные в результате предоставления услуг в сферах: развлечения, образования, ухода за внешним видом и пр.

Среди направлений «мусорной» реформы можно выделить:

1. Раздельный сбор отходов для упрощения их переработки и получения вторсырья.
2. На конкурсной основе для каждого региона осуществляется выбор одной компании-оператора, ответственной за обращение с ТКО.
3. Изменение тарифа по вывозу мусора, что даст возможность направлять полученные от населения средства на строительство современных заводов по переработке/утилизации отходов, а в будущем приведет к сокращению количества свалок.

Следует отметить, что понятие ТБО продолжает использоваться на бытовом уровне.

Если проблема обеспечения экологической безопасности населения от опасных отходов производства в последние годы кардинально решена за счет утилизации и захоронения, а также повседневного мониторинга за их состоянием и соблюдением нормативных правил обращения с ними, то проблема обеспечения экологической безопасности от ТКО находится в начале пути своего решения. Это обусловлено тенденцией роста объема ТКО за счет увеличения народонаселения (включения в состав России Республики Крым, потока беженцев с Украины, в перспективе новообразованных приграничных республик, а также увеличения приезда контингента иммигрантов). По статистике каждый житель России привносит в ТКО до 350 кг различных предметов, утративших потребительское предназначение, а также пищевых остатков.

ТКО, в огромном количестве находящиеся на полигонах и свалках, способны наносить вред людям, окружающей среде, живым организмам.

На первый взгляд пищевые отходы безвредны для окружающей среды. Однако если учесть возможность распространения различных инфекций живыми организмами, которых привлекает на свалках гниющий пищевой мусор, опасность становится очевидной.

Бумажные отходы также кажутся безобидными, но, как правило, на свалку отправляется бумага (макулатура), загрязненная (покрытая) красками, маслами и другими веществами, при разложении которых происходит выделение вредных и даже ядовитых веществ.

Очевидным является вред пластикового мусора, отходов, содержащих синтетические ткани. В общем случае, ТКО, находясь длительное время на свалках, образуют и выделяют опасные химические вещества, в том числе метан – парниковый газ, «парниковое» действие которого на много превосходит углекислый газ.

Следует отметить, что за последние десятилетия состав ТКО кардинально изменился в сторону преобладания компонентов, состоящих в основном из пластиковых упаковок,

старой мебели, с пластиковым покрытием и пропитанной маслами, строительных отходов, нефтесодержащих веществ, материалов из резины, бытовой химии. Несмотря на то, что по классификации опасности ТКО относятся к неопасным (условно безопасным) отходам, но они при горении образуют токсические вещества, которые являются загрязнителями окружающей среды. Опасность пожаров и возгораний на полигонах и свалках с ТКО является реальной. На рисунке показана фотография масштабного пожара на площади 1 тыс. м<sup>2</sup>, который произошел на полигоне с ТКО в пос. Круглово Калининградской области



Рис. Масштабный пожар на полигоне с ТКО под Калининградом  
(URL: <https://vse42.ru/news/33525750>)

Среди опасных факторов пожара наибольшее поражающее действие на человека оказывают токсичные продукты горения, которые в основном и обуславливают наступление смертельного исхода. Вероятность отравления людей при пожарах и возгораниях на полигонах и свалках с твердыми коммунальными отходами повышается в связи с увеличением объемов упаковочных материалов из полимерных материалов, горение которых видоизменяет газовый состав среды пожара. В продуктах горения полимерных материалов содержится ряд токсичных соединений, обладающих высокой биологической активностью, к которым относятся: оксид углерода, цианистый водород, хлористый водород, оксиды азота, акролеин (акриловый альдегид, пропеналь), ацетонитрил и др. [4].

Угроза отравлений при пожарах постоянно возрастает из-за расширения номенклатуры и масштабов применения полимерных материалов, используемых в быту [5–7].

Смеси летучих веществ, которые выделяются при горении этих материалов, сложны по составу и неоднородны по агрегатному состоянию компонентов. В состав смесей входят чрезвычайно токсичные соединения. Согласно ГОСТ 12.1.044–89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов» токсичные газы представляют серьезную опасность даже при кратковременном вдыхании. Возгорание отходов строительных горючих материалов, таких как рубероид, битум, различная кабельная продукция, поролон приводит к поступлению в воздух токсичных продуктов деструкции (разрушения) сгоревших материалов, относящихся к веществам преимущественно удушающего, общедовитого и нейротропного действия. Концентрации этих веществ могут достигать опасных для жизни уровней. Сгорание 1 г различных полимерных материалов приводит к выделению до 144 мг окиси хлористого водорода, до 167 мг окиси углерода, что намного превышает поражающие и смертельные концентрации этих веществ.

При горении ТКО в результате термодеструкции синтетических материалов, входящих в их состав, образуется накопление диоксинов, цианидов, фосфорорганических веществ, оксида углерода на территории вблизи зоны пожара. Это приводит к увеличению экологической опасности для окружающей среды вследствие их комбинированного воздействия.

Серьезной проблемой является термическое разложение технических продуктов (изделий из поливинилхлорида, целлюлозно-бумажная продукция) в процессе горения, которое сопровождается образованием диоксинов в экологически опасных количествах, способных к иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным, мутагенным и эмбриотоксическим воздействиям. Это касается аварийной обстановки, в частности, при пожарах на полигонах и свалках с ТКО. В результате термодеструкции синтетических материалов при пожарах возможны массовые острые и хронические отравления людей различными выделяющимися ксенобиотиками.

Наиболее опасные токсические вещества, выделяющиеся при возгорании материалов, широко используемых в бытовых условиях населением, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Опасные токсические вещества, выделяющиеся при возгорании материалов, широко используемых в бытовых условиях

Наименование материала	Опасные токсические вещества	Изделия
Пластмассы	Цианистый водород, хлористый водород, монооксид углерода, акролеин	Пластиковая посуда, детские игрушки
Пластмасса ПЭТ	Хлор, диоксины	Пластиковые бутылки
Синтетические ткани, нейлон, поролон	Диоксины, цианид, монооксид углерода	Мебель
Древесина, ДСП	Формальдегид, монооксид углерода	Строительные отходы, мебель
ПВХ, линолеум	Диоксины, хлороводород, фосген	Мебель, покрытие полов
Резина	Сероводород, двуокись серы	Резиновые изделия, детские игрушки, автошины
Шерсть, шелк	Цианистый водород	Одежда
Кожа	Синильная кислота	Обувь, мебель

Характеристика и количественный выход опасных токсических веществ при сгорании основных компонентов, входящих в ТКО, представлены в табл. 2 [8]. Анализ представленных данных в табл. 1, 2 показывает, что серьезную угрозу экологической безопасности, жизни и здоровью населения и животного мира в случаях пожаров и возгораний на полигонах и свалках с ТКО представляют особенно такие вещества, как цианистый водород, хлористый водород, диоксины.

Так, например, возгорание лигнина на глубине свыше 25 м на полигоне технологических отходов Биохимического завода на площади более 20 га в г. Канске Красноярского края в 2009 г. с выбросом опасных токсических веществ привело к экологическому бедствию и потребовало значительных материальных затрат на ликвидацию негативных экологических последствий.

Рассматривая вопросы обеспечения экологической безопасности при размещении ТБО, было бы неправильным не отметить положительную роль принятых решений и практических результатов обеспечения экологической безопасности на законодательном уровне.

В соответствии с законом Российской Федерации о поправке к Конституции Российской Федерации от 14 марта 2020 г. № 1-ФКЗ «О совершенствовании регулирования отдельных вопросов организации функционирования публичной власти» в ст. 114 Конституции Российской Федерации были внесены два пункта экологической направленности:

– е.5) осуществляет меры, направленные на создание благоприятных условий жизнедеятельности населения, снижение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, сохранение уникального природного и биологического многообразия страны, формирование в обществе ответственного отношения к животным;

– е.6) создает условия для развития системы экологического образования граждан, воспитания экологической культуры.

Отметим также два важнейших нормативных правовых акта, подчеркивающих приоритет государственной политики России в экологии, в обеспечении экологической безопасности [9, 10].

В целях успешной реализации государственной политики в области экологической безопасности России основными способами нейтрализации и снижения экологического риска в условиях возрастания количества коммунальных отходов являются сокращение их объемов, направляемых на полигоны, и их утилизация. Это достигается путем ликвидации свалок и консервации старых полигонов с промышленными и коммунальными отходами, строительством сжигающих мусор заводов. В 2019 г. началась реализация проекта «Чистая страна» по рекультивации свалок, согласно которому будет ликвидировано к 2024 г. свыше 190 свалок на территории России. В целях утилизации твердых коммунальных отходов к 2024 г согласно Федеральному проекту «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами» будет осуществлена сортировка и их очистка до 60 %, предусматривается строительство более 200 заводов по переработке таких отходов [3]. Однако до 25 % ТКО невозможно сегодня утилизировать по современным технологиям. К ним относятся, например, ТКО, содержащие изношенную одежду, обувь, использованные ватные материалы, деревянный спил и др.

Таблица 2. Характеристика и количественный выход опасных токсических веществ при сгорании материалов

Материал	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Наибольшая t <sup>0</sup> пожара в C <sup>0</sup>	Скорость выгорания		Количественный выход вещества, мг/г											
			Удельная масс., кг/м <sup>2</sup> *мин	Линейная м/мин	Оксид углерода (СО)	Цианистый водород (HCN)	Формальдегид (СН <sub>2</sub> O)	Метилен (СН <sub>2</sub> )	Диоксид углерода (СО <sub>2</sub> )	Бензол (С <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Метан (СН <sub>4</sub> )	Пропилен (С <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	Хлористый водород (HCl)	Хлор (Cl)		
Древесина сосны	500	1 000	2,4	3	179	-	0,07	3,65	10 <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Целлюлоза сульфатная	461	1 020	0,64	3	270	0,74	0,2	9,5	620	-	-	-	-	-	-	-
Лигнин	-	550	-	-	450	0,03	-	-	1031	-	-	-	-	-	-	-
ДСП	800	500	-	0,32	151	-	3,1	0,27	965	-	-	-	-	-	-	-
Фанера фосф.	683	400	-	-	121	-	0,41	-	540	-	-	-	-	-	-	-
Бумага мешочная	-	510	0,64	1	193	0,02	0,01	3,41	2985	-	-	-	-	-	-	-
Пенополистирол	-	1 100	0,86	-	70,5	11,8	-	-	2142,7	4,9	-	-	-	-	-	-
ППУ-316 М	500	6 500	0,168	0,3	98,2	-	-	-	1 022	-	-	-	-	-	-	-
Пенополиуретан	100	650	0,168	-	104,2	6,7	-	-	1 033	-	-	-	-	-	-	-
Древесина сосновая в виде пиломатериалов	461	1300	0,4	-	179	-	0,07	3,65	10 <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Древесина (мебель)	-	-	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Картон	-	400	0,252	-	229	0,27	0,43	0,93	583	-	-	-	-	-	-	-
Поливинилхлоридные (ПВХ) пленки	-	600	-	-	0,02/л	-	-	-	-	-	-	0,3	0,1	0,005	0,001	-
Линолеум ПВХ	-	600	-	-	20/л	-	-	-	-	-	-	-	55/л	-	-	-
Резина	-	-	0,67	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ацетохлориновая ткань	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	380	-
Винипласт	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	-
Волокно ПВХ	-	-	0,4	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
Декоративно-отделочная пленка	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	-
Хлопок/Хлоп+капрон	-	-	1,3 0,75	2,52 1,68	5,2	-	-	-	570	-	-	-	-	-	-	-
Капрон (волокно)	-	-	-	-	-	4 49,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Материал	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Наибольшая t <sup>0</sup> пожара в С <sup>0</sup>	Скорость выгорания		Количественный выход вещества, мг/г														
			Удельная масс., кг/м <sup>2</sup> *мин	Линейная м/мин	Оксид углерода (СО)	Цианистый водород (HCN)	Формальдегид (СН <sub>2</sub> O)	Метилен (СН <sub>2</sub> )	Диоксид углерода (СО <sub>2</sub> )	Бензол (С <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Метан (СН <sub>4</sub> )	Пропилен (С <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	Хлористый водород (HCl)	Хлор (Cl)					
Кожа искусств.	-	-	0,35	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Нитрон (волокно)	-	-	-	-	-	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Полистирол	-	1 100	0,864	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Фенол формальдегид полимеры: – лак БС; – наволооченный СФ-100 – резальный СФ-340	-	-	-	-	9,4 9 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Хлорин (волокно) при соотношении с целлюлозой в % – 65/35; – 50/50; – 35/65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	392 291 193	-
Шерсть	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Заключение

На основе проведенного анализа действующей нормативно-правовой базы по обеспечению экологической безопасности при хранении ТКО на полигонах и свалках, публикаций об экологической опасности, возникающей при сгорании основных компонентов, входящих в ТКО, внедрения новой системы обращения с отходами в соответствии с проводимой реформой отрасли обращения с ТКО в России, а также исследования, проведенного в рамках статьи, определены следующие пути совершенствования обеспечения экологической безопасности населения при пожарах и возгораниях на полигонах и свалках с ТКО:

1. Совершенствование нормативно-правовой базы по обеспечению экологической безопасности при хранении ТКО на полигонах и свалках.

2. Повышение культуры экологической безопасности людей [11] путем проведения разъяснительной работы с ними, проведение бесед, лекций по соблюдению правил тщательной сортировки отходов по отдельным контейнерам. В этих целях предлагается стимулировать тех людей, которые добросовестно выполняют правила отдельной сортировки ТКО, и воздействовать на нерадивых исполнителей, применяя разъяснительные методы, методы убеждения, а в определенных случаях – методы принуждения в соответствующем правовом поле. К сожалению, в мегаполисах и крупных населенных пунктах многие многоквартирные дома старой постройки оборудованы мусоропроводами, что усложняет решение данной проблемы. Здесь тоже есть выход, который относится в большей мере к деятельности сотрудников товарищества собственников жилья.

3. Разработка новых технологий по переработке ТКО без их отдельной сортировки. Это также может решить проблему для домов, оборудованных мусоропроводами.

4. Разработка на базе нанотехнологий материалов с саморазлагающейся структурой для производства различной упаковки, включая емкости для жидких продуктов, которые при вывозе на полигоны и свалки в случаях пожаров на них значительно снизят вред окружающей среде.

5. Совершенствование методов прогнозирования последствий пожаров на полигонах с учетом тщательного контроля объемов накопления ТКО и их размещения, что позволит более достоверно назначать санитарные зоны.

6. Совершенствование комплекса предупредительных мер и мер по предотвращению перерастания возгораний в пожары на полигонах и свалках с ТКО.

7. Совершенствованием комплекса мер по оперативной (в кратчайшие сроки) локализации и ликвидации пожаров (возгораний) на полигонах и свалках с ТКО.

8. Реабилитация закрытых полигонов и свалок с огромными накоплениями ТКО.

Таким образом, реализация предложенных путей по совершенствованию экологической безопасности населения при пожарах ТКО на полигонах и свалках позволит существенно снизить токсическое воздействие на людей и животный мир.

Тушение пожаров (возгораний) на полигонах и свалках с ТКО – необходимые, но сложные и затратные меры. Кардинальное и эффективное решение обеспечения пожарной безопасности и, как следствие, экологической безопасности в области размещения ТКО безусловно лежит в плоскости ликвидации свалок с ТКО, наносящих вред экологии, ликвидации несанкционированных свалок, увеличения доли утилизируемых ТКО и наращивания мощностей по их утилизации.

### Список источников

1. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: Указ Президента Рос. Федерации от 19 апр. 2017 г. № 176. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году: гос. доклад. М.: Минприроды России; МГУ им. М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.

3. Беляева М. Нет отходов – есть сырье // Аргументы и факты. 2021. № 47.

4. Оценка воздействия факторов пожара в токсикологическом эксперименте. Пожарная профилактика: сб. науч. трудов / И.В. Гусев [и др.]. Л.: ВНИИПО, 1986. С. 12.
5. Брусницына М.А. Отравление цианидами при токсико-дымовом поражении людей на пожаре // Украинский медицинский журнал online. 2002. № 5 (31).
6. Dumpsite Rehabilitation Manual.  
URL: [www.elaw.org/system/files/Dumpsite+Rehabilitation+Manual\\_0.pdf](http://www.elaw.org/system/files/Dumpsite+Rehabilitation+Manual_0.pdf) (дата обращения: 24.04.2022).
7. Code of practice. Environmental risk assessment for unregulated waste disposal sites.  
URL: [www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA\\_Code\\_of\\_practice\\_waste\\_disposal\\_sites.pdf](http://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA_Code_of_practice_waste_disposal_sites.pdf) (дата обращения: 24.04.2022).
8. Обеспечение химической безопасности в случае пожара и аварий на объектах транспортной инфраструктуры: монография / О.Н. Савчук [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017.
9. Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. Президентом Рос. Федерации от 30 апр. 2012 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
10. Об утверждении плана действий по реализации Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 18 дек. 2012 г. № 2423-р. // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.  
URL: <https://docs.cntd.ru/document/902388109> (дата обращения: 24.04.2022).
11. Троянов О.М. Формирование культуры экологической безопасности в образовательном процессе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: материалы Всерос. НПК «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения». СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018.

## References

1. Strategiya ekologicheskoy bezopasnosti Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 19 apr. 2017 g. № 176. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2020 godu: gos. doklad. M.: Minprirody Rossii; MGU im. M.V. Lomonosova, 2021. 864 s.
3. Belyaeva M. Net othodov – est' syr'e // Argumenty i fakty. 2021. № 47.
4. Ocenka vozdejstviya faktorov pozhara v toksikologicheskom eksperimente. Pozharnaya profilaktika: sb. nauch. trudov / I.V. Gusev [i dr.]. L.: VNIPO, 1986. S. 12.
5. Brusnicyna M.A. Otravlenie cianidami pri toksiko-dymovom porazhenii lyudej na pozhare // Ukrainskij medicinskij zhurnal online. 2002. № 5 (31).
6. Dumpsite Rehabilitation Manual.  
URL: [www.elaw.org/system/files/Dumpsite+Rehabilitation+Manual\\_0.pdf](http://www.elaw.org/system/files/Dumpsite+Rehabilitation+Manual_0.pdf) (data obrashcheniya: 24.04.2022).
7. Code of practice. Environmental risk assessment for unregulated waste disposal sites.  
URL: [www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA\\_Code\\_of\\_practice\\_waste\\_disposal\\_sites.pdf](http://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA_Code_of_practice_waste_disposal_sites.pdf) (data obrashcheniya: 24.04.2022).
8. Obespechenie himicheskoy bezopasnosti v sluchae pozhara i avarij na ob"ektah transportnoj infrastruktury: monografiya / O.N. Savchuk [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017.
9. Osnovy gosudarstvennoj politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya Rossii na period do 2030 goda (utv. Prezidentom Ros. Federacii ot 30 apr. 2012 g.). Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».
10. Ob utverzhdenii plana dejstvij po realizacii Osnov gosudarstvennoj politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda: rasporyazhenie

Pravitel'stva Ros. Federacii ot 18 dek. 2012 g. № 2423-r. // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii.

URL: <https://docs.cntd.ru/document/902388109> (data obrashcheniya: 24.04.2022).

11. Troyanov O.M. Formirovanie kul'tury ekologicheskoy bezopasnosti v obrazovatel'nom processe Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii: materialy Vseros. NPK «Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Formirovanie kul'tury bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: priority, problemy, resheniya». SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018.

*Информация об авторах:*

**Олег Николаевич Савчук**, профессор кафедры сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, e-mail: sb@igps.ru, oleg-savcuk@mail.ru

**Олег Михайлович Троянов**, доцент кафедры сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат военных наук, доцент, e-mail: sb@igps.ru; troyanovo@igps.ru

*Information about the authors:*

**Oleg N. Savchuk**, professor of the department of security service of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, professor, honored worker of the higher school of the Russian Federation, e-mail: sb@igps.ru, oleg-savcuk@mail.ru

**Oleg M. Troyanov**, associate professor of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of military sciences, associate professor, e-mail: sb@igps.ru; troyanovo@igps.ru

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 16.05.2022; одобрена после рецензирования: 19.08.2022; принята к публикации: 12.09.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 16.05.2022; approved after review: 19.08.2022; accepted for publication: 12.09.2022

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

УДК 62 – 133.241

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ МАССИВНОГО РОТОРА С ГИЛЬЗОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ ДЛЯ СУДОВ ЛЕДОВОГО КЛАССА

Юрий Викторович Рева✉.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉spi78@mail.ru

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы, связанных с конструкцией и применением погружных электрических машин в морской среде для судов ледового класса на буровых установках и платформах. Изложен расчет основных геометрических размеров погружных электрических машин. Приведен математический аппарат расчета геометрических размеров массивного ротора с гильзой в асинхронных электрических двигателях. Также рассмотрены некоторые характерные особенности расчета асинхронных электрических машин открытого исполнения с массивным ротором, и показаны отличительные особенности от обычных асинхронных электрических двигателей. Особое внимание обращено на отличительные особенности электромагнитного и теплового расчета электрических машин с короткозамкнутым и массивным роторами. Рассмотрены конструктивные решения по электрическим машинам открытого исполнения, которые можно использовать в устройствах, работающих в жидких агрессивных средах с химической активностью.

*Ключевые слова:* диаметр расточки статора, погружные электрические машины, погружные электрические двигатели, гильзы ротора, двухслойные роторы и статоры двигателей, полезная мощность, частота скольжения ротора

*Для цитирования:* Рева Ю.В. Определение геометрических размеров массивного ротора с гильзой электрических машин открытого исполнения для судов ледового класса // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 60–65.

## DETERMINATION OF THE GEOMETRIC DIMENSIONS OF A MASSIVE ROTOR WITH A SLEEVE OF OPEN-TYPE ELECTRIC MACHINES FOR ICE-CLASS VESSELS

Yury V. Reva✉.

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

✉spi78@mail.ru

*Abstract.* The article is devoted to the consideration of issues related to the design and application of submersible electric machines in the marine environment for ice-class vessels, on drilling rigs and platforms. The article describes the calculation of the basic geometric dimensions of submersible electric machines. The mathematical apparatus for calculating the geometric dimensions of a massive rotor with a sleeve in asynchronous electric motors is given. Some characteristic features of the calculation of asynchronous electric machines of open design with a massive rotor are also considered and distinctive features from conventional asynchronous electric

motors are shown. Special attention is paid to the distinctive features of electromagnetic and thermal calculation of electric machines with short-circuited and massive rotors. Constructive solutions for open-ended electric machines are considered, which can be used in devices operating in liquid aggressive media with chemical activity.

*Keywords:* stator bore diameter; submersible electric machines; submersible electric motors, rotor sleeves, double-layer rotors and motor stators, useful power, rotor sliding frequency

**For citation:** Reva Yu.V. Determination of the geometric dimensions of a massive rotor with a sleeve of open-type electric machines for ice-class vessels // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 60–65.

## Введение

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

## Постановка задачи

Конструкция погружных электрических машин (ЭМ) открытого исполнения должна позволять применять их в качестве гребных винтов, активных рулей, подруливающих устройств, насосов и других механизмов глубоководных аппаратов на глубине погружения в морской воде с любой химической активностью, соленостью, при наличии в ней биоорганизмов, заиления и других взвешенных органических и неорганических частиц, находящихся в коллоидном состоянии, а также наличии хлоридов, дисульфидов, сероводорода, борной кислоты и т.д.

Характерной особенностью этих машин должно быть охлаждение активных частей машин, в том числе обмотки, электротехнической стали статора и ротора, подшипников забортной морской водой.

По конструктивному исполнению для приводов мощных механизмов погружных ЭМ должны выполняться с короткозамкнутым ротором и с массивным ротором с гильзой на его поверхности.

Актуальность решаемой задачи по созданию ЭМ открытого исполнения с охлаждением ее активных частей непосредственно окружающей морской водой состоит в том, что ЭМ с заполнением полостей диэлектрическими жидкостями из нефти при освоении ресурсов Мирового океана нарушает экологическую чистоту воды возможными утечками масла.

Целью данной работы является определение геометрических размеров массивного ротора с гильзой ЭМ открытого исполнения для судов ледового класса.

Научной новизной данной работы является то, что немагнитный рабочий зазор между статором и массивным ротором рассчитывают по эмпирическим формулам на основе среднестатистических данных для асинхронных короткозамкнутых двигателей. Минимальная толщина зазора для этих двигателей определяется по формуле:

$$\delta = 3(4 + 0,7\sqrt{D_1} * l_1) * 10^{-3} \text{ см}, \quad (1)$$

где  $D_1, l_1$  – диаметр расточки и длина статора, см [1].

Есть ряд других проверенных формул для определения минимальной величины немагнитного зазора для асинхронного двигателя, которые определяются по соответствующим формулам:

$$\delta_{min} = 0,2 + \frac{D_1}{1000}, \text{ мм}, \quad (2)$$

$$\delta_{min} = 0,3 + \frac{D_1}{666}, \text{ мм} \quad \text{или} \quad (3)$$

Теоретической значимостью данной работы является то, что впервые приведен математический аппарат расчета геометрических размеров массивного ротора с гильзой в асинхронных электрических двигателях (АЭД).

Практическая значимость: в результате работы, проведенной автором, была создана модель ЭМ открытого исполнения, которая показала высокие результаты при испытании на АО «Электросила».

### Методы исследования

Объектом исследования являются герметичные маслозаполненные погружные электродвигатели (ПЭД).

В основу исследования положен метод экспертных оценок по вопросам геометрических размеров массивного ротора с гильзой ЭМ открытого исполнения.

Расчеты величины зазора по формулам дают примерно одинаковые значения. При проектировании и расчете определялись зазоры по соответствующим трем формулам (1–3), приведенным выше, и бралось среднее значение  $\delta$  [2].

Экспериментальным путем установлено, что оптимальным значением величины воздушного зазора асинхронного двигателя с двухслойным ротором принимается увеличенным относительно зазора короткозамкнутого асинхронного двигателя в 1,5–2 раза.

$$\delta_1 = (1,5 \div 2) * \delta, \text{ мм.}$$

Это соотношение получено из условия суммарных минимальных потерь в статоре и гильзе ротора на холостом ходу и при нагрузке [3].

Коэффициент Картера или зубчатости немагнитного зазора определяется только для статора, ротор – гладкий:

$$k_{\delta 1} = \frac{t_{12} + 10\delta_1}{t_{12} - b_{ш1} + 10\delta_1},$$

где  $t_{12}$  – пазовое деление, или зубцовый шаг, мм;  $b_{ш1}$  – величина раскрытия паза статора, мм [4].

Диаметр массивного ротора с гильзой с учетом коэффициента Картера равняется:

$$D_2 = D_1 - 2\delta_1 * K_{\delta 1}, \text{ см.}$$

### Результаты исследования и их обсуждение

Трехфазный статор асинхронного двигателя ЭМ открытого исполнения для судов ледового класса при питании током частоты  $f_1$  создает синусоидальные волны, бегущие со скоростью  $\gamma = 2\tau * f_1$ , где  $\tau$  – полюсное деление, в которой берется только основная первая гармоника. Синусоидальная волна создает соответствующую волну индукции, которая при движении относительно ротора со скоростью  $\omega = \omega_1 * (1 - S)$  индуцирует в нем токи, создающие собственное поле. Результирующее поле, аналогично случаю нормального асинхронного двигателя при взаимодействии с током ротора, создает вращающий момент [5].

Основное отличие от нормального асинхронного двигателя заключается в том, что в массивном роторе обмотка является распределенной в виде цилиндра, напрессованного на пакет ротора, параметры ее зависят от частоты величины тока. При высокой частоте токи и поле ротора образуются в поверхностном слое незначительной глубины  $\Delta$ . При малых частотах поле глубже проникает в тело ротора, например, при частоте скольжения ротора 2÷3 % от  $f_1 = 50$  Гц глубина проникновения потока достигает уже 1÷2 см, а в момент пуска при частоте  $f_1 = 50$  Гц ротор стоит, глубина проникновения составляет около 2÷3 мм [6].

Отсюда толщину массивной гильзы из композиционного магнитоэлектропроводящего материала принимают равной или меньшей глубины проникновения электромагнитной волны:

$$\Delta \leq \sqrt{\frac{2\rho}{\omega_1 * \mu_a * S_r}}, \text{ м} \quad (4)$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление Ом\*м;  $\omega_l = 2\pi f_l$  – синхронная угловая скорость 1/с;  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость гильзы Гн/м;  $S_r$  – скольжение гильзы [7].

Для более удачного сочетания рабочих, пусковых, виброакустических характеристик (ВАХ) порошковый (или литейный) материал гильзы подбирается с содержанием чистого железа (Fe) (75÷80) %, чистой меди (Cu) (19÷25) %, остальные – легирующие порошковые элементы, обеспечивающие магнито-электропроводящие свойства гильзы, в том числе антифрикционные и механические свойства [8].

Так, в недавних исследованиях для двухслойных роторов в качестве материала гильзы использованы железомедные сплавы марок СМ-19 – 19 % меди (Cu), СМ-20 – 20 % (Cu), СМ-25 – 25 % (Cu). Оптимальное значение удельного электрического сопротивления гильз из композиционного порошкового материала или сплава СМ при 20 °С равно:

$$\rho_{v\Gamma} = (1,2 \div 2,0) * 10^{-7} \text{ Ом*м.}$$

Эта величина в несколько раз больше, чем у меди:

$$\rho_{vCu} = 0,175 * 10^{-7} \text{ Ом*м.}$$

Оптимальное значение относительной магнитной проницаемости гильз находится в пределах  $\mu_r = 50 \div 70$  до 100, а абсолютная магнитная проницаемость равна:

$$\mu_a = \mu_r \mu_0, \text{ Гн/м,}$$

где  $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$  Гн/м – магнитная проницаемость для вакуума и воздуха.

Например, выбираем  $\rho_{v\Gamma} = 1,5 * 10^{-7}$  Ом\*м и  $\mu_r = 70$  имеем величину проникновения электромагнитной волны по формуле (4) во время пуска  $S_r = 1$ :

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega_1 * \mu_a * S_r}} = \sqrt{\frac{2 * 1,5 * 10^{-7} * 10^6}{314 * 70 * 4\pi * 10^{-7}}} = 3,3 \text{ мм,}$$

а при работе со скольжением ротора  $S_r = 0,05$ :

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega_1 * \mu_a * S_r}} = \sqrt{\frac{2 * 1,5 * 10^{-7} * 10^6}{314 * 70 * 4\pi * 10^{-7} * 0,05}} = 14,7 \text{ .}$$

Оптимальное значение толщины массивной гильзы выбирается несколько ниже, чем проникновение волны, которая равняется:

$$h_r = 0,9 * \Delta = 0,9 \sqrt{\frac{2\rho_{vг}}{\omega_1 * \mu_a * S_r}} . \quad (5)$$

Это значение оптимальной толщины стенки гильзы получено из условия максимальной жесткости механической характеристики. Для приведенного примера  $h_r = 0,9 * \Delta = 0,9 * 14,7 = 13,23$  мм [9].

Для малых диаметров ротора можно округлить до  $h_r = 10$  мм.

Длина гильзы принимается равной длине пакета железа статора.

Материал короткозамкнутых колец, приваренных к гильзе по торцам, берется либо из красной меди, либо из кадмиевой бронзы толщиной  $h_k$  гильзы по формуле (5) и длиной в осевом направлении  $L_k$ , равной  $L_k = (1,0 \div 1,2) * h_r$  или  $L_k = \Delta$  с удельным электрическим сопротивлением для меди, то есть  $\rho_{vk} = 0,175 * 10^{-7}$  Ом\*м. По этим кольцам замыкаются тангенциальные токи гильзы ротора.

### Заключение

Таким образом, на основании вышеизложенных обоснований в определении геометрических размеров массивного ротора с гильзой, применяемых в конструкциях ПЭД, можно сделать вывод, что их использование очень зависит, прежде всего, от удачного сочетания пусковых (ВАХ) и подбора соответствующего материала или сплава, способного соответствовать заданным параметрам устойчивости, прочности и безопасности при их эксплуатации на предельных режимах в условиях низких температур Крайнего Севера [10].

### Список источников

1. Рева Ю.В. Технология изготовления и способ сборки электрических машин открытого исполнения на средствах водного транспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2. 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. 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». Приложение. 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 // 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.

### References

1. Reva Yu.V. Tekhnologiya izgotovleniya i sposob sborki elektricheskikh mashin otkrytogo ispolneniya na sredstvakh vodnogo transporta // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2020. № 2. S. 36–40.

2. Reva Yu.V. Primenenie oporno-upornyykh podshipnikov skol'zheniya elektricheskikh mashin otkrytogo ispolneniya v morskoy vode Arkticheskoy zony // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2020. № 1. S. 27–30.

3. Veshnyakov A.S. Opyt OAO «Udmurtneft'» po vnedreniyu shtangovykh nasosov dvoynogo dejstviya // Neftegazovaya vertikal' – Tekhnologii/special'noe prilozhenie. 2014.

4. Francev A.V., Yushkin A.Yu., Yakimov S.B. Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa // Nauchno-tekhnicheskij vestnik OAO «NK «ROSNEFT'». 2013. № 6. S. 62–66.

5. Reva Yu.V. Tekhnicheskie sredstva dobychi mineral'nykh resursov i poleznykh iskopaemykh iz glubin Mirovogo okeana // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 16–19.

6. Pogruzhnye elektrodvigateli s povyshennym napryazheniem – dvoynoj effekt bez investitsij / S.B. Yakimov [i dr.] // Nauchno-tekhnicheskij vestnik OAO «NK «ROSNEFT'». Prilozhenie. 2014. № 3.

7. Shafikov I.N. Puti povysheniya energoeffektivnosti elektroprivodov skvazhinnykh centrobezhnykh nasosnykh ustanovok // Elektroprivod, elektrotekhnologii i elektrooborudovanie predpriyatij: sb. nauch. trudov III Mezhdunar. (VI Vseros.) nauch.-tekhn. konf. / otv. red. V.A. Shabanov. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2017. S. 156–160.

8. Shafikov I.N. Reguliruemyy privod skvazhinnoy elektrocentrobezhnoy nasosa na osnove vysokovol'tnogo mnogourovnevykh preobrazovatelya chastoty // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. 2019. T. 15. № 3. S. 53–60.

9. Problemy preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychajnykh situatsiy i sozdanie kompleksnykh avarijno-spasatel'nykh centrov v Arktike: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: FGBU VNIИ ГОЧС (FC), 2012.

10. Marek E. Obmotki elektricheskikh mashin postoyannogo i peremennogo toka: per. s franc. M., 2014.

### *Информация об авторах:*

**Юрий Викторович Рева**, доцент кафедры сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат военных наук, доцент, e-mail: yreva@list.ru

### *Information about the authors:*

**Yury V. Reva**, associate professor of the department of security service of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of military sciences, associate professor, e-mail: yreva@list.ru

### **Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 31.03.2022; одобрена после рецензирования: 18.05.2022; принята к публикации: 23.07.2022

### **The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 31.03.2022; approved after review: 18.05.2022; accepted for publication: 23.07.2022

УДК 614.842: 355.237

## **О НОВЫХ ПОДХОДАХ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ВОДИТЕЛЕЙ И ОПЕРАТОРОВ ВЫСОТНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Алексей Иванович Преснов**<sup>✉</sup>;

**Аким Алибекович Алибеков.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

<sup>✉</sup>[presnov.a@igps.ru](mailto:presnov.a@igps.ru)

*Аннотация.* Рассмотрена актуальность подготовки, переподготовки и повышения квалификации водителей-операторов и операторов высотных спасательных автомобилей на современном этапе. Особенности работы водителей-операторов и операторов высотных спасательных автомобилей в условиях ликвидации горения и проведения спасательных работ. Дан анализ новому подходу к подготовке, переподготовке и повышению квалификации водителей-операторов и операторов высотных спасательных автомобилей. Представлены сведения о средствах защиты человека, которые могут использовать водители-операторы и операторы пожарных автолестниц и автоподъемников в непригодной для дыхания среде, и характеристики средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения с целью выбора для комплектации высотных спасательных автомобилей. Рассмотрена возможность корректировки программ профессиональной переподготовки как водителей-операторов и операторов высотных спасательных автомобилей, так и водителей других пожарных автомобилей на предмет дополнения тематикой по устройству и эксплуатации средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

*Ключевые слова:* водитель-оператор, оператор, программа профессиональной переподготовки, высотные спасательные автомобили, средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения

**Для цитирования:** Преснов А.И., Алибеков А.А. О новых подходах в профессиональной подготовке водителей и операторов высотных пожарных автомобилей в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 66–75.

## **ON NEW APPROACHES TO THE PROFESSIONAL TRAINING OF DRIVERS AND OPERATORS OF HIGH-ALTITUDE FIRE TRUCKS IN THE SYSTEM OF PREVENTION AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS**

**Alexey I. Presnov**<sup>✉</sup>;

**Akim A. Alibekov.**

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

<sup>✉</sup>[presnov.a@igps.ru](mailto:presnov.a@igps.ru)

*Abstract.* The relevance of training, retraining and advanced training of drivers-operators and operators of high-altitude rescue vehicles at the present stage is considered. Features of the work of drivers-operators and operators of high-altitude rescue vehicles in the conditions of fire suppression and rescue operations. An analysis is given of new approaches to the training, retraining and advanced training of driver-operators and operators of high-altitude rescue vehicles. Information is presented on the means of human protection that can be used by drivers-operators and operators of fire ladders and car lifts in an environment unsuitable for breathing

and the characteristics of personal respiratory and vision protection equipment in order to select for completing high-altitude rescue vehicles. The possibility of adjusting professional retraining programs for both drivers-operators and operators of high-altitude rescue vehicles, as well as drivers of other fire trucks with a view to supplementing them with topics on the design and operation of personal respiratory and vision protection equipment was considered.

*Keywords:* driver-operator, operator, professional retraining program, high altitude rescue vehicles, personal protective equipment for respiratory and vision organs

**For citation:** Presnov A.I., Alibekov A.A. On new approaches to the professional training of drivers and operators of high-altitude fire trucks in the system of prevention and elimination of consequences of emergency situations // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 66–75.

## Введение

Вопросы подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров, а также совершенствование методов и способов обучения всегда были и есть приоритетными направлениями стратегии развития системы МЧС России [1].

На Международной научно-практической конференции «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций» 1 июня 2018 г. в Санкт-Петербурге были рассмотрены предпосылки нового (оптимального) подхода к подготовке водителей-операторов и операторов высотных спасательных автомобилей (ВСА).

В настоящее время в МЧС России разработан и утвержден Сборник примерных программ профессионального обучения и дополнительного профессионального образования МЧС России [2], первый том которого включает программу профессиональной переподготовки водителей для работы на специальных агрегатах пожарных автолестниц (АЛ) и коленчатых автоподъемников (АПК) (программа подготовки водителей АЛ и АПК). В предыдущем Сборнике примерных программ профессионального обучения и дополнительного профессионального образования МЧС России 2015 г. обучение по такой программе проводилось отдельно: водителей пожарных автомобилей для работы на специальных агрегатах АЛ и водителей для работы на специальных агрегатах АПК.

### **Анализ подготовки водителей-операторов и операторов высотных спасательных автомобилей на современном этапе, с учетом особенности их боевой работы**

Рассматривая новую программу подготовки водителей АЛ и АПК, представленную в Сборнике примерных программ [2] можно отметить, что она составлена с учетом предложений изложенных в работах [3–6], а именно: объем программы сокращен с 250 до 180 ч, из программы удалены (ранее изучаемые при профессиональной переподготовке водителей основных пожарных автомобилей общего применения) вопросы, связанные с организацией деятельности Государственной противопожарной службы (ГПС), пожарной тактикой, первой помощью, устройством электроустановок. Все это позволяет сконцентрироваться на конкретном обучении по профессиональной деятельности.

Также необходимо отметить, что при написании данной программы авторы делают ссылку на Приказ Ростехнадзора от 26 ноября 2020 г. № 461 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (Правила) [7] (о необходимости использовании данных Правил для ВСА отмечено и в работах [5, 6], несмотря на то, что требования Правил не распространяются на обеспечение безопасности объектов, на которых используются подъемные сооружения «применяемые в интересах обороны и безопасности государства, гражданской и территориальной обороны...» [7] (на практике данные Правила используют и производители ВСА). В пожарной охране вопросы безопасности эксплуатации ВСА отражены в Правилах охраны труда в подразделениях пожарной охраны (Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации

от 11 декабря 2020 г. № 881н), в которых, в отличие от Приказа Ростехнадзора от 26 ноября 2020 г. № 461, не охвачен весь спектр требований, в том числе и технического характера.

В настоящее время (в условиях дефицита финансовых ресурсов, некомплекта личного состава) целесообразно совместное обучение (переподготовка и повышение квалификации) водителей АЛ и АПК по общей программе, так как пожарные АЛ и АПК имеют одно предназначение, а именно выполнение следующих специальных работ: подъем пожарных в верхние этажи здания для организации эвакуации людей или тушения пожара, эвакуация людей в случае невозможности использования стационарных эвакуационных путей или других средств, подача огнетушащих веществ на высоту, подъем и перемещение грузов при разборке конструкций и др. Кроме того, АЛ и АПК схожи по устройству, а их системы имеют много общего: базовое шасси, опорный контур, платформа, поворотное устройство, гидропривод, системы блокировок и горизонтирования, органы управления, средства связи, сигнализации и освещения. Существенно отличаются АПК от АЛ подъемным устройством в виде коленчатой (шарнирное соединение колен), телескопической (телескопическое соединение колен) или коленчато-телескопической (шарнирно-телескопическое соединение колен) стрелы, оборудованной стационарной системой водопенных коммуникаций (ГОСТ Р 52284–2004 и ГОСТ Р 53329–2009).

Совместное обучение позволяет также более оперативно решать и кадровый вопрос за счет взаимозаменяемости водителей АЛ и АПК.

На протяжении последних лет подготовка операторов АЛ и АПК не производилась, что вызывало определенные трудности при эксплуатации ВСА [3]. В настоящее время новый Сборник примерных программ профессионального обучения и дополнительного профессионального образования МЧС России включает программу повышения квалификации «Оператор люльки пожарной автолестницы (пожарного автоподъемника)» для следующей категории слушателей: водители пожарных и аварийно-спасательных автомобилей, пожарные, спасатели.

Работа водителя-оператора и оператора ВСА выполняется в сложных, а порой даже «жестких», в отличие от машиниста автовышки, условиях, которые характеризуются опасными факторами пожара и стрессовой ситуацией.

При выборе позиции для установки АЛ и АПК необходимо учитывать множество факторов: высоту зоны работы и ее расположение по отношению к подъездным путям и возможным рабочим площадкам, состояние грунта и его уклон, наличие канав, котлованов, люков, возможные помехи со стороны местных предметов (деревьев, проводов, расположенных поблизости строений и т.п.), условия видимости и освещения (в том числе встречный солнечный свет), силу и направление ветра, а также прогноз изменения обстановки (возможные направления развития пожара и опасные факторы пожара). При этом на практике, вследствие изменений направления ветра и (или) развития пожара АЛ и (или) АПК при выполнении спасательной операции и (или) тушения пожара могут оказаться в зоне, непригодной для дыхания. На этот случай для возможности работы водителя-оператора и оператора в непригодной для дыхания среде и в соответствии с Приказом МЧС России от 28 марта 2014 г. № 142 ВСА комплектуются респираторами в количестве трех штук. Кроме того, в соответствии с Правилами использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны (Приказ МЧС России от 27 июня 2021 г. № 640) «В подразделениях пожарной охраны, осуществляющих тушение пожаров на объектах, связанных с получением, переработкой и хранением вредных и (или) опасных для человека веществ, к использованию средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) допускаются водители пожарных автомобилей в порядке, установленном настоящими Правилами, и в соответствии с должностными регламентами в том случае, если они предусматривают использование СИЗОД».

Пожары и аварии практически всегда сопровождаются обширными зонами задымления и непригодной для дыхания средой. Наличие синтетических полимеров в отделочных материалах и конструкциях зданий (сооружений) при термическом разложении, случаи разгерметизации технологических аппаратов и выбросов опасных веществ создают угрозу для

здоровья и жизни водителя-оператора и оператора ВСА. При выполнении боевых действий по тушению пожара и проведения аварийно-спасательных работ работа водителя-оператора и оператора АЛ и АПК в зоне, непригодной для дыхания, проводится без определения наличия и уровня концентрации опасных веществ, а предлагаемые респираторы не могут обеспечить надежной защиты органов дыхания и зрения. Исходя из вышесказанного, сохраняется риск для здоровья и жизни личного состава подразделений пожарной охраны, работающих на АЛ и АПК.

В этой связи для определения наиболее эффективного средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения водителей-операторов и операторов ВСА, применяемых на пожарах и авариях, в первую очередь необходимо руководствоваться классификацией СИЗОД по назначению, основными сравнительными характеристиками, их преимуществами и недостатками; а также немаловажны доступность и простота в эксплуатации.

К наиболее подходящим по указанным данным можно отнести два вида средств защиты органов дыхания: фильтрующие и изолирующие [8].

Фильтрующие противогазы (рис. 1), основная и отличительная часть которых – фильтрующе-поглощающие коробки (рис. 2), возможно использовать, когда заранее известен или полностью установлен состав газообразных веществ, оказывающих негативное влияние на организм человека. При этом фильтрующий элемент такой коробки служит для нейтрализации конкретного вида отравляющих веществ [9]. В результате чего фильтрующие противогазы не рекомендуются в соответствии с ГОСТ12.4.122–2020 для применения в подразделениях пожарной охраны.



Рис. 1. Фильтрующий противогаз ГП-7



Рис. 2. Фильтрующе-поглощающие коробки

Дыхательные же аппараты со сжатым воздухом (ДАСВ) (рис. 3), в соответствии с ГОСТ Р 53255–2019, используются как автономные устройства изолирующего типа, обеспечивающие дыхание в условиях отсутствия кислорода в воздухе или при его сильном загрязнении токсинами, отравляющими веществами и другими элементами непригодной для дыхания среды. Более того, надежную безопасность обеспечивает наличие избыточного давления воздуха в системе дыхательного аппарата под маской [10].



Рис. 3. Дыхательный аппарат со сжатым воздухом ПТС «Профи»-М

В настоящее время решен вопрос и с массой воздушных дыхательных аппаратов путем применения в составе СИЗОД со сжатым воздухом композитных (облегченных) баллонов, благодаря чему вес дыхательного аппарата, при сохранении времени защитного действия, понизился с 15–16 кг до 10–11 кг. Например, масса дыхательного аппарата со сжатым воздухом ПТС «Профи»-М не более 10,5 кг; при рабочем давлении воздуха в баллоне 29,4 МПа время защитного действия составляет не менее 60 мин [10, 11].

Современные разработки моделей ДАСВ, на сегодняшний день, как оптимальное решение являются основным средством защиты органов дыхания и зрения, применяемым в подразделениях ГПС МЧС России. В этой связи решение вопросов эффективности эксплуатации ДАСВ при использовании последних водителями-операторами и операторами высотной спасательной техники отражены в многолетнем опыте применения подобных средств защиты в пожарной охране.

Для работы в дыхательном аппарате водителю-оператору и оператору ВСА необходимы элементарные знания по газодымозащитной службе (ГДЗС) (устройству и эксплуатации СИЗОД). Ниже представлена тематика (табл. 1) для получения элементарных знаний по устройству и эксплуатации СИЗОД, которую можно предложить для внесения в соответствующие программы подготовки водителей-операторов и операторов ВСА.

Таблица 1. Раздел ГДЗС в учебный план подготовки водителей-операторов и операторов ВСА

п/п	Наименование разделов и тем	Трудоемкость освоения темы дисциплины, ч									
		Общее	Количество аудиторных часов							Самостоятельная работа	
			Всего	Лекции (очно)	Лекции (дистанционно)	Практические занятия (очно)	Практические занятия (дистанционно)	Контрольные работы, рефераты, РГР	КСР		Контроль
1	Классификация СИЗОД. Устройство и назначение основных узлов и деталей		2		2	–	–	–	–	–	–
2	Порядок проведения проверок СИЗОД в дежурном карауле. Обслуживание после применения		6	2	–	4	–	–	–	–	–
3	Правила безопасности при работе в СИЗОД		6	2	–	4	–	–	–	–	–
4	Зачет		2	–	–	–	–	–	–	2	–
5	ИТОГО		16	4	2	8	–	–	–	2	–

Для реализации данного предложения в программы подготовки водителей-операторов и операторов ВСА необходимо внести соответствующие коррективы.

Для примера представлен Учебный план (табл. 2) из Программы профессиональной переподготовки водителей для работы на специальных агрегатах пожарных АЛ и АПК [2], в тематику которого, с учетом требуемой компетентности к водителям АЛ и АПК, можно внести соответствующие коррективы, не увеличивая при этом общего количества учебных часов.

**Таблица 2. Учебный план (Программа профессиональной переподготовки водителей для работы на специальных агрегатах пожарных автолестниц и коленчатых автоподъемников)**

п/п	Наименование разделов и тем	Трудоемкость освоения темы дисциплины, ч									
		Общее	Количество аудиторных часов								Самостоятельная работа
			Всего	Лекции (очно)	Лекции (дистанционно)	Практические занятия (очно)	Практические занятия (дистанционно)	контрольные работы, рефераты, РГР	КСР	Контроль	
1	Назначение, история и перспективы развития АЛ и АПК	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-
2	Состав, технические характеристики, общие требования к АЛ и АПК	6	6	4	-	2	-	-	-	-	-
3	Шасси. Дополнительная трансмиссия	4	4	2	-	2	-	-	-	-	-
4	Силовая группа	6	6	4	-	2	-	-	-	-	-
5	Опорное основание. Привод выдвигания опор	14	14	6	-	8	-	-	-	-	-
6	Подъемно-поворотное основание. Привод поворота комплекта колен (стрел)	6	6	4	-	2	-	-	-	-	-
7	Привод подъема комплекта колен (стрел)	6	6	4	-	2	-	-	-	-	-
8	Механизм бокового выравнивания комплекта колен	6	6	4	-	2	-	-	-	-	-
9	Комплект колен (стрел). Люлька. Привод выдвигания и сдвигания комплекта колен (стрел)	12	12	8	-	4	-	-	-	-	-
10	Водопенные коммуникации комплекта колен (стрелы) и люльки	6	6	4	-	2	-	-	-	-	-
11	Гидравлическая схема	12	12	6	-	6	-	-	-	-	-
12	Дополнительное электрооборудование АЛ и АПК	8	8	6	-	2	-	-	-	-	-
13	Системы и приборы безопасности управления и контроля АЛ и АПК	10	10	6	-	4	-	-	-	-	-
14	Платформа пожарных АЛ и АПК. Нормы табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования АЛ и АПК	6	6	4	-	2	-	-	-	-	-
15	Техническое обслуживание и ремонт АЛ и АПК	6	6	2	-	4	-	-	-	-	-
16	Периодические испытания АЛ и АПК	8	8	4	-	4	-	-	-	-	-
17	Подготовка АЛ и АПК к работе. Порядок работы	12	12	6	-	6	-	-	-	-	-
18	Практическая работа на АЛ и АПК	36	36	-	-	36	-	-	-	-	-
	Итоговая аттестация	12	12	-	-	-	-	-	-	6	6
	Итого по дисциплине	180	180	78	-	90	-	-	-	6	6

Количество аудиторных (лекционных) часов, с учетом необходимых для данной трудовой деятельности знаний и умений, на взгляд авторов, можно сократить при изучении следующих тем:

- № 4 «Силовая группа»: с 4 ч до 2 ч;
- № 5 «Опорное основание. Привод выдвигания опор»: с 6 ч до 4 ч;
- № 7 «Привод подъема комплекта колен (стрел)»: с 4 ч до 2 ч;
- № 8 «Механизм бокового выравнивания комплекта колен»: с 4 ч до 2 ч;
- № 10 «Водопенные коммуникации комплекта колен (стрелы) и люльки»: с 4 ч до 2 ч и др.

Например, двухчасовой лекции (с учетом компетенций водителя ВСА) вполне достаточно для изучения привода подъема комплекта колен (стрел), а именно устройства и эксплуатации гидроцилиндров подъемной рамы или колен.

При этом необходимо отметить, что в данной программе не упоминается об устройстве и эксплуатации лифта на АЛ. Изучение данного материала целесообразно включить в тему № 9 «Комплект колен (стрел). Люлька. Привод выдвигания и сдвигания комплекта колен (стрел)».

В итоге освободившееся учебное время, например в количестве 16 ч (раздел ГДЗС в учебный план подготовки водителей-операторов и операторов ВСА), вполне достаточно для получения элементарных знаний и навыков работы в СИЗОД.

Реализация идеи обучения устройству и эксплуатации СИЗОД возможна и при профессиональной переподготовке водителей основных пожарных автомобилей общего применения. В представленный учебный план (табл. 3) по данной категории обучаемых можно также внести изменения за счет сокращения некоторых учебных часов в разделе «Основы электротехники и электробезопасность» по дисциплине «Охрана труда и электробезопасность в электроустановках».

Таблица 3. Учебный план (Программа профессиональной переподготовки водителей основных пожарных автомобилей общего применения)

№ п/п	Наименование дисциплин (разделов)	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Форма промежуточной и итоговой аттестации				
			Теоретические занятия (очно)	Теоретические занятия (заочно ЭО и ДОТ)	Практические занятия (очно)	Практические занятия (заочно ЭО и ДОТ)	Зачет (очно)	Зачет (заочно ЭО и ДОТ)	Подготовка к экзаменам	Экзамен (очно, заочно)	Защита аттестационной работы
1	Пожарная техника	100	–	52	44	–	4	–	–	–	–
2	Пожарная тактика	16	–	12	2	–	2	–	–	–	–
3	Организация деятельности пожарной охраны	16	–	14	–	–	–	2	–	–	–
4	Первая помощь	12	–	2	8	–	2	–	–	–	–
5	Психологическая подготовка	10	–	8	–	–	–	2	–	–	–
6	Охрана труда и электробезопасность в электроустановках	72	–	52	12	–	–	–	2	6	–
Итоговая аттестация (квалификационный экзамен)		12	–	–	–	–	–	–	6	6	–
Итого:		238	–	140	66	–	8	4	8	12	–

Примечание: ЭО – электронное обучение; ДОТ – дистанционные образовательные технологии

## Заключение

На основании представленного анализа подготовки водителей-операторов и операторов ВСА можно сделать следующие выводы, что в условиях некомплекта личного состава пожарно-спасательных подразделений следует производить обучение данной категории слушателей с учетом их профессиональных требований. Внести в соответствующие обучающие программы вопросы по устройству и эксплуатации СИЗОД (раздел ГДЗС) за счет оптимизации учебного процесса, а именно сокращения аудиторных часов.

Рассмотреть возможность комплектования ВСА изолирующими дыхательными аппаратами со сжатым воздухом, находящимися на вооружении подразделений.

Учитывая, что Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения [7], как нормативный акт, не имеют прямого распространения на пожарные АЛ, АПК и другие ВСА, рекомендовать по подобию Приказа Ростехнадзора от 26 ноября 2020 г. № 461 разработать Правила безопасности при эксплуатации ВСА в подразделениях пожарной охраны.

### Список источников

1. Стратегия в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 16 окт. 2019 г. № 501. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. Сборник примерных программ профессионального обучения и дополнительного профессионального образования МЧС России. Программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, должностям служащих. Программы переподготовки рабочих, служащих. Программы повышения квалификации рабочих, служащих. М.: МЧС России, 2022. Т. 1. Ч. 1. 478 с.

3. Преснов А.И. О проблемах переподготовки водителей-операторов и операторов высотной спасательной техники в системе ФПС МЧС России // Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. С. 110–115.

4. Преснов А.И., Печурин А.А., Данилевич А.В. Высотно-спасательные автомобили: состояние, проблемные вопросы, технические решения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 128–136.

5. Рассохин М.А., Перевалов А.С., Юркин А.В. Особенности обеспечения промышленной безопасности высотной аварийно-спасательной техники, оборудованной современными системами безопасности, управления и контроля // Техносферная безопасность. 2021. № 1 (30). С. 79–84.

6. Рассохин М.А., Юркин А.В., Перевалов А.С. Проблемы обеспечения промышленной безопасности высотной аварийно-спасательной техники // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 478–482.

7. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения»: приказ Ростехнадзора от 26 нояб. 2020 г. № 461. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

8. Алибеков А.А. Вопросы эффективности применения дыхательных аппаратов со сжатым кислородом в пожарно-спасательных подразделениях ГПС МЧС России // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2021. С. 189–193.

9. Тимкин А.В., Тимкина Е.А. Принципы защитного действия изолирующих противогазов: от первых образцов до наших дней // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 3.

10. Фионин Г.Е., Сараев И.В. Анализ современных средств индивидуальной защиты органов дыхания пожарных и спасателей // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов XIII Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная акад. ГПС МЧС России, 2022. С. 270–280.

11. Багажков И.В., Лаврентичева А.А. Баллоны дыхательных аппаратов в аппаратах защиты органов дыхания // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная акад. ГПС МЧС России, 2019. С. 278–280.

## References

1. Strategiya v oblasti razvitiya grazhdanskoj oborony, zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij, obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i bezopasnosti lyudej na vodnyh ob"ektah na period do 2030 goda: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 16 okt. 2019 g. № 501. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

2. Sbornik primernyh programm professional'nogo obucheniya i dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya MCHS Rossii. Programmy professional'noj podgotovki po professiyam rabochih, dolzhnostyam sluzhashchih. Programmy perepodgotovki rabochih, sluzhashchih. Programmy povysheniya kvalifikacii rabochih, sluzhashchih. M.: MCHS Rossii, 2022. T. 1. Ch. 1. 478 s.

3. Presnov A.I. O problemah perepodgotovki voditelej-operatorov i operatorov vysotnoj spasatel'noj tekhniki v sisteme FPS MCHS Rossii // Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018. S. 110–115.

4. Presnov A.I., Pechurin A.A., Danilevich A.V. Vysotno-spasatel'nye avtomobili: sostoyanie, problemnye voprosy, tekhnicheskie resheniya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2020. № 4 (56). S. 128–136.

5. Rassohin M.A., Perevalov A.S., Yurkin A.V. Osobennosti obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti vysotnoj avarijno-spasatel'noj tekhniki, oborudovannoj sovremennymi sistemami bezopasnosti, upravleniya i kontrolya // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. № 1 (30). S. 79–84.

6. Rassohin M.A., Yurkin A.V., Perevalov A.S. Problemy obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti vysotnoj avarijno-spasatel'noj tekhniki // Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 370-j godovshchine obrazovaniya pozharnoj ohrany Rossii. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019. S. 478–482.

7. Ob utverzhdenii federal'nyh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov, na kotoryh ispol'zuyutsya pod"emnye sooruzheniya»: prikaz Rostekhnadzora ot 26 noyab. 2020 g. № 461. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

8. Alibekov A.A. Voprosy effektivnosti primeneniya dyhatel'nyh apparatov so szhatym kislorodom v pozharno-spasatel'nyh podrazdeleniyah GPS MCHS Rossii // Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2021. S. 189–193.

9. Timkin A.V., Timkina E.A. Principy zashchitnogo dejstviya izoliruyushchih protivogazov: ot pervyh obrazcov do nashih dnei // Nauka i Obrazovanie. 2021. T. 4. № 3.

10. Fionin G.E., Saraev I.V. Analiz sovremennyh sredstv individual'noj zashchity organov dyhaniya pozharnykh i spasatelej // Nadezhnost' i dolgovечnost' mashin i mekhanizmov: sb. materialov XIII Vseros. nauch.-prakt. konf. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная акад. ГПС МЧС России, 2022. С. 270–280.

11. Bagazhkov I.V., Lavrентичева А.А. Ballony dyhatel'nyh apparatov v apparatah zashchity organov dyhaniya // Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная акад. ГПС МЧС России, 2019. С. 278–280.

*Информация об авторах:*

**Алексей Иванович Преснов**, доцент кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [presnov.a@igps.ru](mailto:presnov.a@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2491-630X>

**Аким Алибекович Алибеков**, старший преподаватель кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: [alibekov.a@igps.ru](mailto:alibekov.a@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9035-8385>

*Information about the authors:*

**Alexey I. Presnov**, associate professor of the department of retraining and advanced training of specialists of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: [presnov.a@igps.ru](mailto:presnov.a@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2491-630X>

**Akim A. Alibekov**, senior lecturer of the department of retraining and advanced training of specialists of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: [alibekov.a@igps.ru](mailto:alibekov.a@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9035-8385>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 18.07.2022; одобрена после рецензирования: 02.09.2022; принята к публикации: 09.09.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 18.07.2022; approved after review: 02.09.2022; accepted for publication: 09.09.2022

УДК 614

## **ПОЛУЧЕНИЕ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ АКРИЛОИЛМОРФОЛИНА ДЛЯ НУЖД МЕДИЦИНЫ В УСЛОВИЯХ НАРАСТАЮЩЕГО РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Ольга Владимировна Ложкина**✉.

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.**

**Александр Геннадьевич Савинов.**

**НПО «СпецСинтез», Санкт-Петербург, Россия.**

✉[oljkina@yandex.ru](mailto:oljkina@yandex.ru)

*Аннотация.* Современное развитие человечества происходит в условиях нарастающих угроз возникновения и развития чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, биологического и военного характера, сопровождающихся массовым появлением больных и пострадавших. Несмотря на достигнутые успехи в современной медицине, в том числе медицине катастроф, проблема обеспеченности новыми препаратами пролонгированного и направленного действия остается актуальной. С этой точки зрения перспективны препараты, содержащие в качестве носителей полимерные соединения. В представленной статье описаны результаты исследования радиационного синтеза гидрофильных высокомолекулярных соединений на основе акрилоилморфолина и ненасыщенных карбоновых кислот и акрилоилморфолина и винилацетата, перспективных для использования в качестве полимеров-носителей лекарственных форм. Установлено, что изменение условий полимеризации (дозы излучения, соотношения и концентрации сомономеров, природы реакционной среды) позволяет получать с высоким выходом (60–99 %) биосовместимые функционализированные полимеры на основе акрилоилморфолина с заданными свойствами (молекулярной массой, содержанием функциональных групп).

*Ключевые слова:* биолого-социальные чрезвычайные ситуации, полимеры биомедицинского назначения, синтез, модификация, радиационная полимеризация

**Для цитирования:** Ложкина О.В., Савинов А.Г. Получение биосовместимых полимеров на основе акрилоилморфолина для нужд медицины в условиях нарастающего риска чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 76–85.

## **SYNTHESIS OF BIOCOMPATIBLE POLYMERS BASED ON ACRYLOYLMORPHOLINE FOR MEDICAL NEEDS IN CONDITIONS OF INCREASING RISK OF EMERGENCIES**

**Olga V. Lozhkina**✉.

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

**Alexander G. Savinov.**

**NPO «SpetsSintez»**

✉[oljkina@yandex.ru](mailto:oljkina@yandex.ru)

*Abstract.* The development of mankind is taking place in the face of growing threats of natural, biological, social and military emergencies accompanied by appearance of numerous sick and injured people. Despite the successes achieved by modern medicine, including disaster medicine, the problem of providing new drugs with prolonged and directed action remains relevant. From this point of view, preparations containing polymeric compounds as carriers are promising. This article describes the results of a study of the radiation synthesis of hydrophilic macromolecular

compounds based on acryloylmorpholine and unsaturated carboxylic acids and acryloylmorpholine and vinyl acetate, which are promising for use as carrier polymers for dosage forms. It has been established that changing the polymerization conditions (irradiation dose, ratio and concentration of comonomers, nature of the reaction medium) makes it possible to obtain biocompatible polymers based on acryloylmorpholine with desired properties (molecular weight, content of functional groups) and high yield (60–99 %).

*Keywords:* biological and social emergencies, biomedical polymers, synthesis, modification, radiation polymerization

**For citation:** Lozhkina O.V., Savinov A.G. Synthesis of biocompatible polymers based on acryloylmorpholine for medical needs in conditions of increasing risk of emergencies // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 76–85.

## Введение

Современное развитие человечества происходит в условиях нарастающих угроз чрезвычайного характера, обусловленных различными факторами: охватившая всю планету пандемия, вызванная новым вирусом из семейства коронавирусов SARS CoV-2, природные стихийные бедствия, учащающиеся в результате глобального изменения климата, техногенные катастрофы, локальные и региональные военные конфликты. Подавляющее большинство чрезвычайных ситуаций сопровождается массовым появлением пострадавших или заболевших, что требует особого рода организации медицинской помощи, в том числе своевременное оказание пострадавшим догоспитальной и госпитальной помощи [1–3].

Очевидно, что спектр использования высокомолекулярных соединений и полимерных материалов в медицинской практике, включая практику медицины катастроф, безграничен. Полимеры широко используются для изготовления одноразового медицинского инструментария, медицинской посуды, сетов для медицинских анализов, изготовления различных элементов сложного медицинского оборудования, изготовления биологически совместимых шовных, тканевых материалов, элементов органов (например, протезирование сосудов, клапана сердца и костной ткани) и даже органов (например, искусственная почка и искусственное сердце), биологически активных, лекарственных и дезинфицирующих препаратов [4].

Одним из перспективных способов получения высокомолекулярных соединений и полимерных материалов высокой степени химической чистоты является радиационная полимеризация [5–9]. Использование ионизирующего излучения для получения полимерных биоматериалов является одним из примеров применения атомной энергии на благо человечества. Полученные таким образом полимерные изделия могут быть использованы в виде имплантатов различного назначения, стерильных повязок для раневых поверхностей, а полимерные соединения – в виде готовых лекарственных форм или конъюгатов для производства лекарств пролонгированного и направленного действия [5–9].

В Российской Федерации научно-практические исследования по разработке методов синтеза полимеров под воздействием ионизирующего излучения активно велись в Санкт-Петербургском технологическом институте (техническом университете) под руководством профессора А.А. Персенена [10]. В частности, были отработаны технологии получения биосовместимых полимеров на основе поливинилпирролидона и акрилоилморфолина (АМ) [11–12].

Целью настоящей работы явилось исследование процесса синтеза полимерных соединений биомедицинского назначения на основе АМ методом радиационной полимеризации и изучение их состава, структуры и свойств.

### Методы исследования

Радиационную сополимеризацию АМ с акриловой кислотой (АК), 4-пентеновой кислотой (ПК), ундециленовой кислотой (УК) и винилацетатом (ВА) проводили в водно-спиртовых растворах. Процесс полимеризации инициировали при стандартной температуре под воздействием  $\gamma$ -излучения  $^{60}\text{Co}$  (средняя энергия  $\gamma$ -квантов 1,25 МэВ ( $2,0 \cdot 10^{-13}$  Дж)).

Для полученных полимерных соединений устанавливались следующие характеристики:

- выход сополимеров (определялся методом прямого взвешивания на аналитических весах второго класса точности);
- характеристическая вязкость (устанавливалась с использованием вискозиметра Убеллоде);
- средневзвешенная молекулярная масса сополимеров (определяли методом светорассеяния в видимой области спектра при длине волны 546 нм);
- соотношение сомономеров по количеству карбоксильных групп для сополимеров АМ с ненасыщенными кислотами (устанавливалось методом потенциометрического титрования с использованием рН-метра Pharmacia PM-500);
- состав и структура (устанавливались методом ЯМР-спектроскопии с использованием двух спектрометров, а именно «Jeol C-60 HL» (частота 60 МГц) и «Bruker NH-270» (частота 270 МГц)).

### Результаты исследования и их обсуждение

#### *Радиохимический синтез и характеристики полученных сополимеров АМ и ненасыщенных карбоновых кислот и АМ и ВА*

Такие преимущества радиационного инициирования полимеризации, по сравнению с традиционным химическим инициированием, как отсутствие химических аддитивов (инициаторов или катализаторов), возможность проведения процесса при любой температуре, даже отрицательной, одновременная стерилизация конечных продуктов обуславливают привлекательность данного технологического подхода для получения полимерных веществ и материалов медицинского и фармацевтического назначения.

АМ по своей структуре и физиологическим свойствам похож на давно используемый в фармацевтической практике N-винилпирролидон, однако менее изучен. Структурные формулы АМ и N-винилпирролидона представлены на рис. 1.

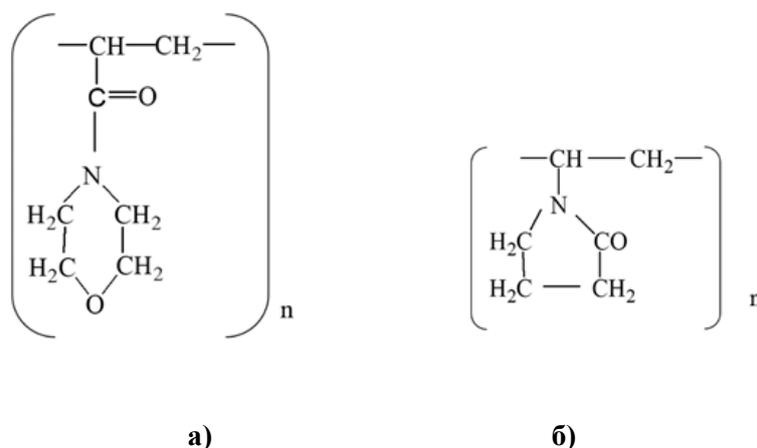


Рис. 1. Структурные формулы мономерных звеньев АМ (а) и N-винилпирролидона (б)

Тем не менее, благодаря своей высокой биосовместимости и низкой токсичности, АМ перспективен в качестве носителя лекарств направленного действия, но вследствие отсутствия реакционноспособных групп требуют дополнительной функционализации.

Для этой цели хорошо себя зарекомендовали ненасыщенные карбоновые кислоты (АК, ПК, УК) (рис. 2), способные вступать в ковалентное взаимодействие с лекарственными субстанциями в мягких условиях), и сложный эфир ВА, при гидролизе которого образуются гидроксильные группы, способные ковалентно связываться с функциональными группами лекарственных субстанций.

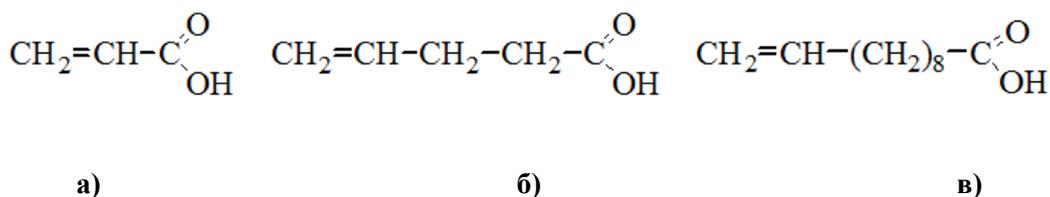


Рис. 2. Структурные формулы акриловой (а), 4-пентеновой (б) и ундециленовой кислот (в)

В результате проведенного исследования была разработана методика радиационно-химического синтеза новых полимерных соединений – потенциальных носителей лекарственных форм, с заданным составом и свойствами.

На рис. 3 (а) в качестве примера схематически отражен процесс сополимеризации АМ и ВА, а гидролиз эфирного компонента с образованием функциональных гидроксильных групп – на рис. 3 (б).

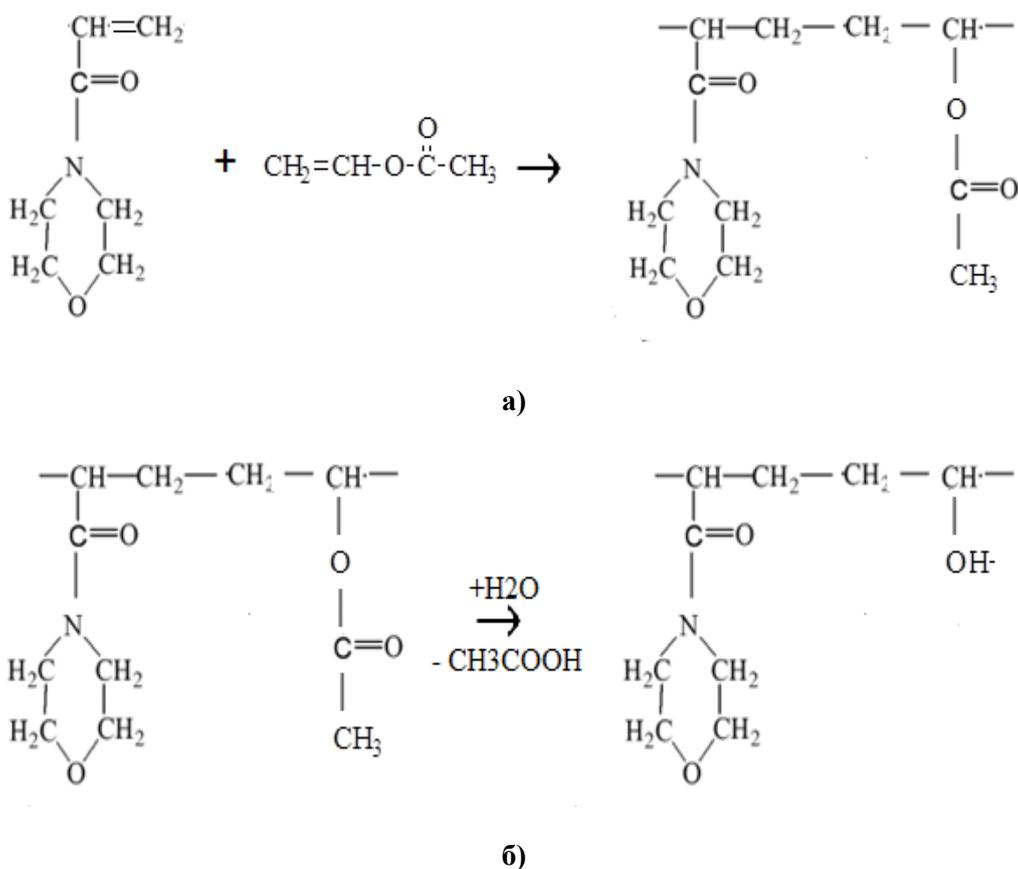


Рис. 3. Процесс сополимеризации АМ и ВА (а) и последующего гидролиза эфирного компонента с образованием функциональных гидроксильных групп (б)

Оптимальные условия радиохимического синтеза и характеристики полученных полимеров обобщены в таблице.

Таблица. **Оптимальные условия радиохимического синтеза и характеристики полученных сополимеров АМ и ненасыщенных карбоновых кислот и АМ и ВА**

Параметр	Сополимеры			
	АМ-АК	АМ-ПК	АМ-УК	АМ-ВА
Доза $\gamma$ -излучения $D_\gamma$ , кГр	0,48–1,25	0,6–2,2	0,84–4,43	0,34–2,0
Мольное соотношение мономеров (НМ/ФМ*), %	85/15–50/50	85/15–65/35	85/15–75/25	85/15–60/40
Концентрации мономеров, масс. %	30–60	30–50	30–50	30–50
Растворитель	Этанол/вода, 50/50	Этанол/вода, 50/50	Этанол/вода, 50/50	Этанол/вода, 50/50
Выход $[\theta]$ , масс. %	50–97	55–94	53–79	60–99
Характеристическая вязкость $[\eta]$ в диметилформамиде, дл/г	1,03–0,71	0,57–0,22	0,41–0,26	0,65–0,83
Содержание функц. мономера в сополимере $[\rho]$ , мол. %	15,3–43,5	5,0–14,2	2,9–8,9	11,2–34,0
Молекулярная масса $[M_w]$	397 000–228 000	164 000–108 000	101 000–53 000	319 000–99 000

Примечание: \*НМ/ФМ – несущий мономер/функциональный мономер

Результаты проведенного исследования показали, что АМ обладает более высокой полимеризационной активностью при взаимодействии с ненасыщенными карбоновыми кислотами, чем *N*-винилпирролидон. Это обуславливает ряд его преимуществ: возможность проведения радиационной полимеризации при более низких дозах ионизирующего излучения и отсутствие необходимости получения промежуточных субстратов.

В результате проведенных исследований было установлено, что:

– варьирование дозы облучения в диапазоне 0,48–1,25 кГр, мольного соотношения АМ и АК в диапазоне 85/15–50/50, концентрации мономеров в диапазоне 30–60 % позволяет получать сополимеры АМ-АК с выходом 50–97 % в широком диапазоне молекулярных масс от 397 000 до 228 000 с содержанием функционального мономера от 15,3 до 43,5 %;

– изменение дозы облучения в диапазоне 0,6–2,2 кГр, мольного соотношения АМ и ПК в диапазоне 85/15–65/35, концентрации мономеров в диапазоне 30–50 % позволяет получать сополимеры АМ-ПК с выходом 55–94 % в диапазоне молекулярных масс от 164 000 до 108 000 с содержанием функционального мономера от 5,0 до 14,2 %.

– варьирование дозы облучения от 0,84 до 4,43 кГр, мольного соотношения АМ и УК в диапазоне от 85/15 до 75/25, концентрации мономеров от 30–50 % позволяет получать сополимеры АМ-УК с выходом 55–94 % в диапазоне молекулярных масс от 101 000 до 53 000 с содержанием функционального мономера от 2,9 до 8,9 %.

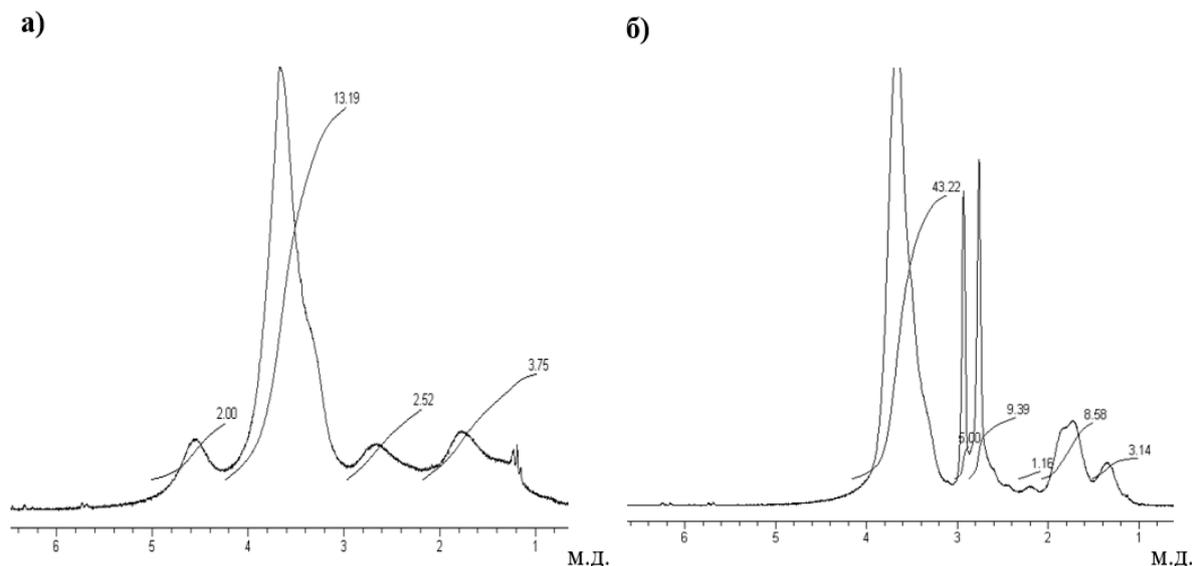
– ожидаемо, наибольшую полимеризационную способность продемонстрировала АК, две остальные были менее активны, и активность снижалась в ряду АК>ПК>УК;

– увеличение дозы ионизирующего излучения и содержания функционального сомономера в исходной смеси приводило к уменьшению молекулярной массы сополимера и характеристической вязкости во всех трех системах;

– ВА проявил довольно высокую активность в реакциях сополимеризации с АМ; варьируя дозу облучения в диапазоне 0,6–2,0 кГр, мольное соотношение АМ и ВА в диапазоне от 85/15 до 60/40, концентрации мономеров от 30 до 50 %, были синтезированы сополимеры АМ-ВА с выходом 60–99 % в диапазоне молекулярных масс от 319 000 до 99 000 с содержанием функционального мономера от 11,2 до 34,0 %.

*Оценка структуры сополимеров АМ-АК, АМ-ПК, АМ-УК, АМ-ВА  
методом парамагнитного резонанса*

Для прецизионной оценки состава и структурных характеристик полученных сополимеров авторами был использован метод ядерно-магнитного резонанса, и были получены и проанализированы протонные и углеродные ( $^{13}\text{C}$ ) спектры (рис. 4–7).



**Рис. 4. Протонные спектры сополимеров АМ и АК в хлороформе (а) и в диметилформамиде (ДМФА) (б) для образца с соотношением мономеров 79/21 мол. % (установлено титриметрически);  $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$ ; м.д. – миллионные доли**

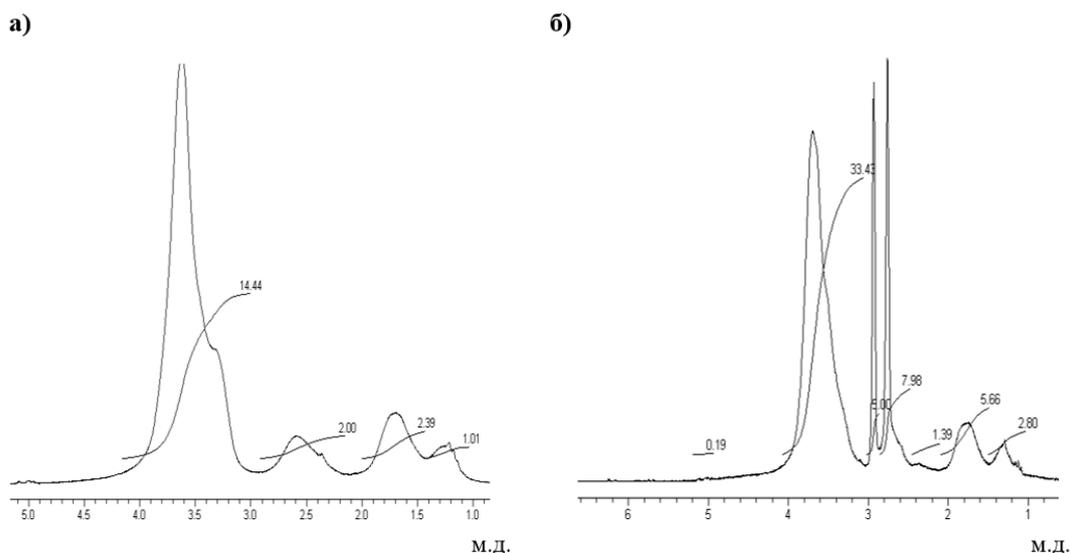
Для анализа были взяты три образца сополимеров АМ и АК с соотношением сомономеров: 1) 15/85 мол. %; 2) 79/21 мол. %; 3) 43/57 мол. % соответственно (изначально состав устанавливался титриметрически). На рис. 4 в качестве примера представлены спектры образца с соотношением мономеров 79/21 мол. %.

В результате сопоставления интегральных интенсивностей сигналов группы  $>\text{CH-CO-N}<$  АМ и группы  $>\text{CH-COO}<$  АК было установлено, что в первом образце соотношение АМ и АК составляет 16/84 мол. %, во втором – 76/24 мол. %, а в третьем – 40/60 мол. %. Полученные данные хорошо коррелируют с результатом титриметрии.

Вывод о структуре сополимеров был сделан на основе анализа спектров протонного магнитного резонанса по виду сигнала  $\alpha\text{-CH}$  протона в области 2,15–2,5 м.д. В 1-м и 2-м образцах звенья АК расположены в основном в триадах  $-\text{AM-AK-AM}-$ . В третьем образце характер включения АК в цепь сополимера носит статистический характер: в области 2,2–2,5 м.д. имеются три сигнала, соответствующие триадам:  $-\text{AK-AK-AK}-$ ,  $-\text{AM-AK-AK}-$  и  $-\text{AM-AK-AM}-$ , а в области 2,7–3,0 м.д. –  $-\text{AM-AM-AM}-$ ,  $-\text{AK-AM-AM}-$  и  $-\text{AK-AM-AK}-$ .

В целом анализ спектров свидетельствует о сопоставимой полимеризационной активности АМ и АК.

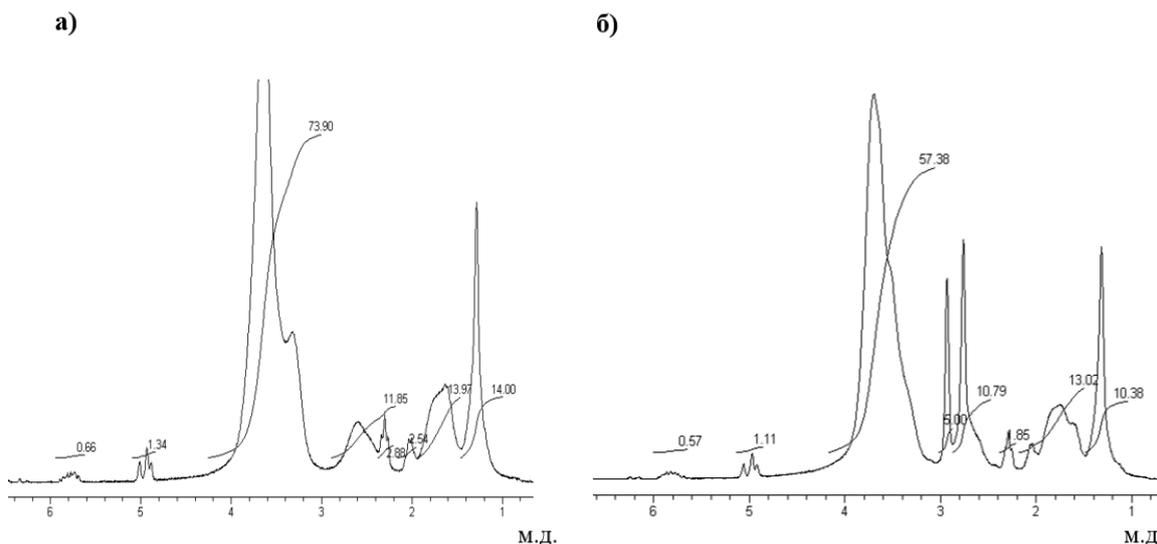
На рис. 5 в качестве примера представлены протонные спектры в ДМФА и хлороформе образца сополимера АМ с ПК с титриметрически установленным соотношением мономеров 87/13 мол. %.



**Рис. 5. Протонные спектры сополимеров АМ и ПК в хлороформе (а) и в ДМФА (б) для образца с соотношением мономеров 87/13 мол. % (установлено титриметрически);  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; м.д. – миллионные доли**

Анализ интенсивности сигналов групп  $>\text{CH-CO-N}<$  АМ (при 2,6–2,8 м.д.) и групп  $-\text{CH}_2\text{-COO-}$  ПК (2,0–2,6 м.д.) по спектрам в ДМФА свидетельствует о статистическом распределении звеньев ПК в полимерной цепи, указывает на соотношение мономеров АМ и ПК 82/18 мол. % (это хорошо согласуется с результатом титриметрического анализа 87/13 мол. %). В целом количественные оценки подтверждают относительно низкую полимеризационную активность ПК, учитывая изначальное соотношение АМ и ПК 70/30 мол. %.

На рис. 6 представлены протонные спектры сополимера АМ и УК в ДМФА и хлороформе.

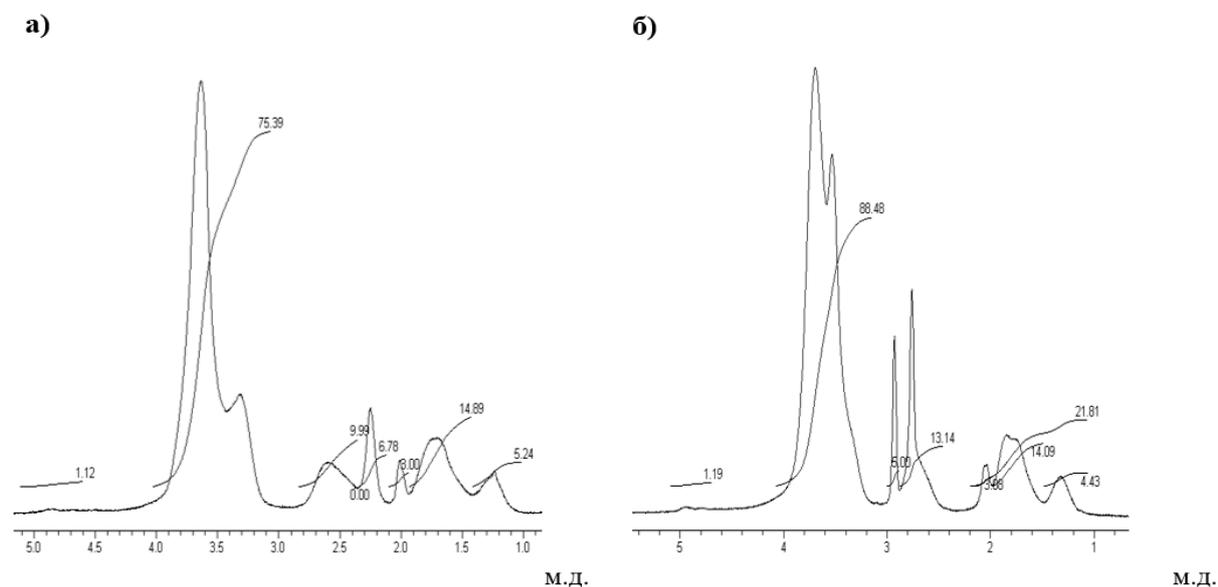


**Рис. 6. Протонные спектры сополимеров АМ и УК в хлороформе (а) и в ДМФА (б) для образца с соотношением мономеров 90/10 мол. % (установлено титриметрически);  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; м.д. – миллионные доли**

На спектре различимы характерные сигналы шести метиленовых групп УК (при 1,3 м.д.), группы  $>\text{CH-CO-N}<$  УК (при 2,3 м.д.) и группы  $>\text{CH-CO-N}<$  АМ (при 2,5–2,8 м.д.). Оценка состава сополимера показывает, что количественное соотношение АМ и АК

в сополимере составляет 90/10 мол. %, что также хорошо согласуется с результатом титриметрического анализа – 91/9 мол. %. Анализ характерных сигналов АМ и УК подтверждает статистический характер образования сополимера и указывает на наличие триад разного типа, в том числе -АМ-УК-АМ-.

На рис. 7 представлены спектры, записанные для сополимера АМ с ВА с титриметрически установленным соотношением мономеров АМ и ВА 82/18 мол. %.



**Рис. 7. Протонные спектры сополимеров АМ и ВА в хлороформе (а) и в ДМФА (б) для образца с соотношением мономеров 90/10 мол. % (установлено титриметрически);  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; м.д. – миллионные доли**

На приведенных спектрах кроме характерного сигнала группы  $>\text{CH-CO-N}<$  АМ (при 2,6–2,8 м.д.) отчетливо выделяется сигнал ацетильной группы  $>\text{OCO-CH}_3<$  ВА (при 2,0 м.д.). Анализ интенсивности сигналов свидетельствует о соотношении АМ и ВА ~90/10 мол. %. Распределение мономерных звеньев АМ и ВА в цепи сополимера имеет статистический характер.

### Заключение

Первые десятилетия XXI в. ознаменовались ростом угроз возникновения и развития чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, биолого-социального и военного характера, сопровождающихся массовым появлением пострадавших или заболевших. Несмотря на высокие достижения современной медицины, в том числе медицины катастроф, остается насущной проблема получения новых лекарственных препаратов пролонгированного и направленного действия. Для решения этой проблемы перспективно получение новых лекарственных форм на основе биосовместимых полимерных носителей.

В результате проведенного исследования была разработана радиационная технология синтеза гидрофильных биосовместимых полимерных соединений высокой степени чистоты на основе АМ и трех ненасыщенных карбоновых кислот (АК, ПК и УК) и АМ и ВА. Было установлено, что варьирование дозы  $\gamma$ -излучения, соотношения и концентрации несущего и функционального мономеров в полимеризуемой смеси позволяет осуществлять направленный эффективный синтез высокомолекулярных соединений в широком диапазоне молекулярных масс и с различным содержанием реакционноспособных групп.

Полученные сополимеры являются перспективными носителями для лекарственных форм с целью улучшения их терапевтических (за счет направленного транспорта

и пролонгированного действия) и потребительских (за счет нивелирования неприятных вкусовых характеристик действующих субстанций) качеств.

Развитие методов синтеза и модификации высокомолекулярных соединений позволит вывести технологию оказания медицинской помощи в условиях нарастающих угроз чрезвычайного характера на новый качественный уровень.

### Список источников

1. Ланцов Е.В., Кобылкин Д.В. Эпидемиологические особенности инфекционной заболеваемости населения в условиях чрезвычайных ситуаций природного характера // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2017. Т. 36. № 4. С. 29–32.
2. Рафеенко Г.К., Ланцов Е.В., Кобылкин Д.В. Противоэпидемическое обеспечение ликвидации последствий чрезвычайной ситуации в Крымском районе Краснодарского края в 2012 г. // Инфекция и иммунитет. 2017. № 5. С. 538.
3. Значение лабораторного мониторинга опасных инфекционных заболеваний в аспекте противоэпидемической защиты при чрезвычайных ситуациях биолого-социального характера / Е.В. Ланцов [и др.] // Журнал инфектологии. 2018. Т. 10. № 4. С. 116–123.
4. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Савинов А.Г. Теория и практика применения инновационных полимерных материалов в условиях нарастающих угроз биолого-социального характера: монография. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 160 с.
5. Radiation processing of polymers for medical and pharmaceutical applications / D. Darwis [et al.] // Macromol. symp. 2015. Vol. 353. P. 15–23.
6. Engineered bioactive polymeric surfaces by radiation induced graft copolymerization: strategies and applications / M.M. Nasef [et al.] // Polymers. 2021. Vol. 13. P. 3102. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13183102>.
7. Gamma radiation processed polymeric materials for high performance applications: a review / A.T. Naikwadi [et al.] // Front. chem. 2022. Vol. 10. P. 837111. DOI: 10.3389/fchem.2022.837111.
8. Highly efficient one-step protein immobilization on polymer membranes supported by response surface methodology / M. Schmidt [et al.] // Front. chem. 2022. Vol. 9. P. 804698. DOI: 10.3389/fchem.2021.804698.
9. Review: Radiation-induced surface modification of polymers for biomaterial application / S.K. Jaganathan [et al.] // J. mater sci. 2015. Vol. 50. P. 2007–2018. DOI: 10.1007/s10853-014-8718-x.
10. Юдин И.В., Перси́нен А.А., Никотин О.П. Радиационные технологии как ключевой элемент «сквозных» технологий // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2016. № 36 (62). С. 7–11.
11. Савинов А.Г., Ушакова В.Н., Перси́нен А.А. Синтез и исследование молекулярных характеристик сополимеров N-винилпирролидона с аллил(тио)уксусной кислотой // Высокомолек. Соед. 2002. Т. 44 В. № 3. С. 520–522.
12. Синтез гомополимеров на основе акрилоилморфолина и исследование их молекулярно-конформационных характеристик / А.И. Киппер [и др.] // Высокомолек. соед. 2003. Т. 45 В. № 3. С. 100–103.

### References

1. Lancov E.V., Kobylkin D.V. Epidemiologicheskie osobennosti infekcionnoj zabolevaemosti naseleniya v usloviyah chrezvychajnyh situacij prirodnoho haraktera // Izvestiya Rossijskoj Voennomedicinskoj akademii. 2017. T. 36. № 4. S. 29–32.
2. Rafeenko G.K., Lancov E.V., Kobylkin D.V. Protivoepidemicheskoe obespechenie likvidacii posledstvij chrezvychajnoj situacii v Krymskom rajone Krasnodarskogo kraja v 2012 g. // Infekciya i immunitet. 2017. № 5. S. 538.
3. Znachenie laboratornogo monitoringa opasnyh infekcionnyh zabolevanij v aspekte protivoepidemicheskoi zashchity pri chrezvychajnyh situacijah biologo-social'nogo haraktera / E.V. Lancov [i dr.] // Zhurnal infektologii. 2018. T. 10. № 4. S. 116–123.

4. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N., Savinov A.G. Teoriya i praktika primeneniya innovacionnyh polimernyh materialov v usloviyah narastayushchih ugroz biologo-social'nogo haraktera: monografiya. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2019. 160 s.
5. Radiation processing of polymers for medical and pharmaceutical applications / D. Darwis [et al.] // Macromol. symp. 2015. Vol. 353. P. 15–23.
6. Engineered bioactive polymeric surfaces by radiation induced graft copolymerization: strategies and applications / M.M. Nasef [et al.] // Polymers. 2021. Vol. 13. P. 3102. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13183102>.
7. Gamma radiation processed polymeric materials for high performance applications: a review / A.T. Naikwadi [et al.] // Front. chem. 2022. Vol. 10. P. 837111. DOI: [10.3389/fchem.2022.837111](https://doi.org/10.3389/fchem.2022.837111).
8. Highly efficient one-step protein immobilization on polymer membranes supported by response surface methodology / M. Schmidt [et al.] // Front. chem. 2022. Vol. 9. P. 804698. DOI: [10.3389/fchem.2021.804698](https://doi.org/10.3389/fchem.2021.804698).
9. Review: Radiation-induced surface modification of polymers for biomaterial application / S.K. Jaganathan [et al.] // J. mater sci. 2015. Vol. 50. P. 2007–2018. DOI: [10.1007/s10853-014-8718-x](https://doi.org/10.1007/s10853-014-8718-x).
10. Yudin I.V., Persinen A.A., Nikotin O.P. Radiacionnye tekhnologii, kak klyuchевой element «skvoznyh» tekhnologij // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta). 2016. № 36 (62). S. 7–11.
11. Savinov A.G., Ushakova V.N., Persinen A.A. Sintez i issledovanie molekulyarnyh harakteristik sopolimerov N-vinilpirrolidona s allil(tio)uksusnoj kislotoj // Vysokomolek. Soed. 2002. T. 44. Vol. 3. S. 520–522.
12. Sintez gomopolimerov na osnove akrilolmorfolina i issledovanie ih molekulyarno-konformacionnyh harakteristik / A.I. Kipper [i dr.] // Vysokomolek. soed. 2003. T. 45 Vol. 3. S. 100–103.

*Информация об авторах:*

**Ольга Владимировна Ложкина**, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, e-mail: [oljkina@yandex.ru](mailto:oljkina@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>

**Александр Геннадьевич Савинов**, научный консультант ООО «НПО «СпецСинтез» (195279, Санкт-Петербург, Индустриальный пр., д. 43, л. К), кандидат химических наук, e-mail: [a.savinov@mail.ru](mailto:a.savinov@mail.ru)

*Information about the authors:*

**Olga V. Lozhkina**, professor of the department of chemistry and combustion processes of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, candidate of chemical sciences, professor, e-mail: [oljkina@yandex.ru](mailto:oljkina@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>

**Alexander G. Savinov**, scientific consultant of ООО «NPO «SpetsSintez» (195279, Saint-Petersburg, Industrial'ny ave., 43, K), candidate of chemical sciences, e-mail: [a.savinov@mail.ru](mailto:a.savinov@mail.ru)

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 10.09.2022; одобрена после рецензирования: 15.09.2022; принята к публикации: 16.09.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 10.09.2022; approved after review: 15.09.2022; accepted for publication: 16.09.2022

УДК 378.1

## ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Андрей Викторович Андреев;**

**Александр Сергеевич Доронин;**

**Валерия Дмитриевна Каченкова.**

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

**Санкт-Петербург, Россия**

**✉ [lera.kachenkova.99@mail.ru](mailto:lera.kachenkova.99@mail.ru)**

*Аннотация.* Рассматривается подход к определению «техносферная безопасность», который основывается на анализе нормативно-правовых актов Российской Федерации, международных источников, включающих термины в области безопасности, научных трудов российских и иностранных исследователей. На основе анализа рассмотренных источников и с учетом определений, представленных в нормативно-правовых актах Российской Федерации, был сделан вывод о том, что нет единого подхода к определению «техносферная безопасность». Исходя из проведенного анализа, авторами было сформулировано определение. Предложенную формулировку целесообразно использовать в образовательном процессе и закрепить в образовательных стандартах по направлению 20.00.00 «Техносферная безопасность».

*Ключевые слова:* техносферная безопасность, определение, охрана труда, пожарная безопасность, промышленная безопасность, экологическая безопасность

**Для цитирования:** Андреев А.В., Доронин А.С., Каченкова В.Д. Подход к определению техносферной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 86–94.

## AN APPROACH TO THE DEFINITION OF TECHNOSPHERE SAFETY

**Andrey V. Andreev;**

**Alexander S. Doronin;**

**Valeria D. Kachenkova**✉.

**Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great, Saint- Petersburg, Russia**

**✉ [lera.kachenkova.99@mail.ru](mailto:lera.kachenkova.99@mail.ru)**

*Abstract.* The approach to the definition of «technosphere security» is considered, which is based on the analysis of regulatory legal acts of the Russian Federation, international sources including terms in the field of security, scientific works of Russian and foreign researchers. Based on the analysis of the sources considered and taking into account the definitions presented in the regulatory legal acts of the Russian Federation, it was concluded that there is no single approach to the definition of «technosphere safety». Based on the analysis, the authors formulated a definition, the proposed formulation should be used in the educational process and fixed in educational standards in the direction of 20.00.00 «Technosphere safety».

*Keywords:* technosphere safety, definition, occupational safety, fire safety, industrial safety, environmental safety

**For citation:** Andreev A.V., Doronin A.S., Kachenkova V.D. An approach to the definition of technosphere safety // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 86–94.

### Введение

Влияние достижений науки на жизнь современного общества сложно оценить, поскольку трудно найти хотя бы одну сферу человеческой деятельности, в которой можно было бы обойтись без использования теоретических научных знаний. Соответственно, влияние

достижений науки и техники на развитие человеческого общества только возрастает. Развитие науки неразрывно связано с потребностью в точном и адекватном научном языке, что привело к созданию научной терминологии в каждой из областей науки. Терминология – совокупность всех терминов определенных областей науки, техники, производства и общественной деятельности, связанная с соответствующей системой понятий [1]. Под термином понимается совокупность специальных выражений, используемых для обозначения объектов в соответствующей области науки. В отличие от слов в обычном языке научные термины описывают строго определенные, единые для понимания множества объектов, их взаимодействие и отношения. Для научных терминов характерно наличие корректного определения, при этом терминология не является чем-то устоявшимся и развивается вместе с развитием науки. Для современного этапа развития науки характерна интернационализация терминов. Термины устанавливаются посредством определений, которые решают следующие задачи: отличают и отграничивают определяемый объект от иных и раскрывают сущность определяемых объектов указанием их признаков. Как показывают исследования, в зависимости от отрасли науки специальная терминологическая лексика может составлять 30 % и более от общей лексики, используемой в научной работе [2].

### **Аналитическая часть**

В 90-е гг. прошлого века в системе научных знаний о безопасности была сформулирована концепция техносферной безопасности, и в это же время был введен термин «техносферная безопасность», который стал достаточно часто использоваться в российских научных кругах. Однако в фундаментальных научных словарях, справочниках, энциклопедиях отсутствует определение «техносферная безопасность», это касается не только российских, но и зарубежных изданий. Более того, в зарубежных научных кругах не нашел широкого применения сам термин «техносфера», например, использование технических онлайн переводчиков с русского на английский язык не дает результата [3–7]. Таким образом, можно выдвинуть гипотезу о том, что термин «техносферная безопасность» используется только в российском научном обществе и в ближнем зарубежье. Исходя из этого вывода, логично провести анализ использования данного термина в различных нормативно-правовых актах Российской Федерации в зависимости от юридической силы.

Из анализа документов первого и второго уровней иерархии нормативно-правовых актов Российской Федерации следует, что в Конституции Российской Федерации [8], законах: Федеральном законе «О безопасности» от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ [9], Федеральном законе «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ [10], Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ [11] и других законах, где установлены стратегические национальные приоритеты страны, не упоминается «техносферная безопасность». Далее были проанализированы подзаконные нормативные акты Российской Федерации, из которых следует вывод о том, что термин «техносферная безопасность» используется в приказах Министерства образования и науки Российской Федерации, вводящих в действие Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО), и Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, устанавливающих профессиональные стандарты, при этом идет ссылка на приказы Министерства образования и науки.

Приказами Минобрнауки Российской Федерации введены образовательные стандарты третьего поколения ФГОС ВО 3 по направлению обучения «Техносферная безопасность» по программам бакалавриата, магистратуры и аспирантуры. В настоящее время на этапе общественных обсуждений рассматривается внесение изменений в номенклатуру научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени. Предусматривается введение новой группы научных специальностей 2.10 «Техносферная безопасность», включающую научные специальности: «Пожарная безопасность», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях», «Экологическая безопасность, безопасность труда».

Проведение исследования целесообразно начать с всесторонней оценки понятия «безопасность» применительно к нормативно-правовой базе. Проведенный анализ международной и Российской нормативной базы позволяет сделать вывод, что нет единого подхода к определению понятия «безопасность». Понятийный аппарат в нормативных документах рассматривает безопасность, но на самом деле указывает на разные виды опасностей, от которых нужно защитить человека, например: ядерная, промышленная безопасность, экологическая безопасность и т.д.

Из проведенного обзора нормативно-правовой базы Российской Федерации следует вывод, что область использования термина «техносферная безопасность» преимущественно в сфере образования и науки. Поскольку в нормативно-правовых документах определение «техносферная безопасность» отсутствует, был проведен обзор научных публикаций в данной области. Ниже приведены наиболее часто используемые определения термина.

Согласно учебному пособию 2004 г. под термином «техносферная безопасность» понимается свойство техносферы не причинять вреда при всех условиях эксплуатации [12].

Более современное пособие 2017 г. трактует термин «техносферная безопасность» как свойство объекта, выраженное в его способности противостоять техносферным опасностям (негативным факторам техносферных опасностей) [13].

Кроме того, существует формулировка термина как «области науки техники, занимающейся разработкой методов и средств, обеспечивающих благоприятные для человека условия существования в преобразуемой человеком биосфере – техносфере».

В учебнике для вузов 2014 г. данный термин употребляется в следующей трактовке: «понятие, охватывающее экологическую, производственную и бытовую безопасность» [14].

При просмотре блогов о различных профессиях был найден блог специалиста по охране труда, и выше упомянутый термин имеет определение «обеспечение безопасности работников и организации в целом» [15].

В студенческом сборнике научных терминов «техносферная безопасность» трактуется как «сфера научной и практической деятельности, направленная на создание и поддержание техносферного пространства в качественном состоянии, исключающее его негативное влияние на природу и человека» [16]; предложена формулировка «деятельность, направленная на защиту окружающей среды и человека» [17].

Определение «безопасность в техносфере, или техносферная безопасность – состояние производственного процесса, при котором отсутствует связанный с ним неприемлемый (и/или недопустимый) риск для жизни и здоровья человека» употреблено в учебном пособии 2015 г. [18].

Анализ приведенных терминов показывает, что в российских научных кругах нет единого подхода к определению термина «техносферная безопасность». Авторами статьи предлагается в качестве базиса формулировки определения термина использовать перечень профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу по уровням бакалавриат и магистратура. Для наглядности области профессиональной деятельности выпускников представлены в виде имитационной модели (рис. 1).



Рис. 1. Модель профессиональной направленности выпускников

Из перечня профессиональных стандартов, приведенных в актуализированных ФГОС ВО, следует, что под содержанием «Техносферной безопасности» понимается совокупность трех профилизаций: водопользование, пожарная безопасность и экология. Представляет интерес рассмотрение подходов в актуализации стандартов в различных вузах Российской Федерации. Рассмотрим содержательный подход в ведущих российских университетах, реализующих образовательный процесс по направлению 20.00.00 «Техносферная безопасность».

В Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана обучение проводится по направлению «Техносферная безопасность»: 20.03.01 (бакалавриат) по профилям подготовки: «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»; «Защита в чрезвычайной ситуации»; «Инженерная защита окружающей среды»; 20.04.01 (магистратура) на магистерских программах: «Комплексное использование водных ресурсов»; «Анализ и управление техногенными и природными рисками»; «Акустика среды обитания»; «Промышленная и производственная безопасность»; «Физико-химические технологии защиты атмосферы».

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете обучение происходит по ФГОС по направлениям: 20.03.01 «Техносферная безопасность» (бакалавриат) на профили подготовки: «Защита в чрезвычайных ситуациях»; 20.04.01 «Техносферная безопасность» (магистратура) на магистерские программы: «Управление комплексной техносферной безопасностью».

В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого обучение происходит по самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартам (СУОС) по направлениям: 20.03.01 «Техносферная безопасность» (бакалавриат) (общий профиль); 20.04.01 «Техносферная безопасность» (магистратура) на магистерские программы: «Управление безопасностью и защита в чрезвычайных ситуациях»; «Управление интегрированными системами обеспечения техносферной безопасности»; «Промышленная безопасность»; «Пожарная безопасность»; «Аварийная готовность и реагирование»; «Надзорная и инспекционная деятельность в сфере труда»; «Экологическая безопасность в промышленности».

Из приведенных данных следует, что в образовательном сообществе нет единого подхода к наполнению содержания понятия «Техносферная безопасность». Области профессиональной деятельности выпускников, следующие из требований профессиональных стандартов, приведены в имитационной модели, представленной на рис. 2.



Рис. 2. Модель профессиональной направленности выпускников

Проведенный анализ позволяет сделать выводы о том, что:

– содержательная составляющая понятия «Техносферная безопасность» должна определяться требованиями потенциального работодателя, то есть положениями профессиональных стандартов;

– профили: защита в чрезвычайных ситуациях (ЧС), промышленная безопасность, охрана труда являются составляющими направления обучения «Техносферная безопасность».

Продолжением предлагаемого подхода являются изменения, вносимые в номенклатуру научных специальностей, имитационная модель которой приведена на рис. 3.

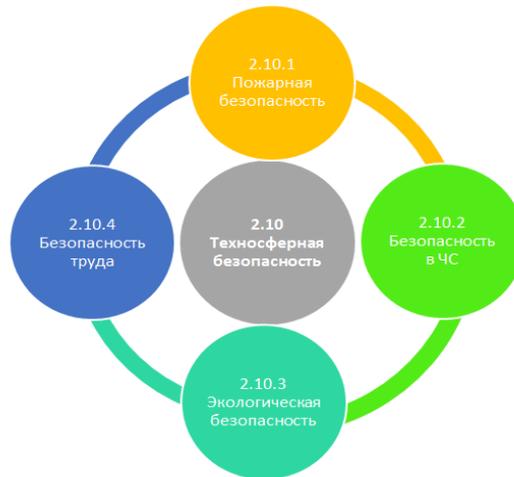


Рис. 3. Имитационная модель группы научных специальностей «Техносферная безопасность»

Сравнение имитационных моделей образовательной деятельности по направлениям «Техносферная безопасность» и научной деятельности по направлениям группы научных специальностей «Техносферная безопасность» позволяет выдвинуть следующую гипотезу по подходу к формулировке определения «техносферная безопасность» – содержание определения «техносферная безопасность» должно учитывать определения:

- пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров [19];
- безопасность в ЧС – состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей в ЧС [20];
- экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, ЧС природного и техногенного характера, их последствий [21];
- безопасность труда – состояние объекта или процесса, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с возможностью причинения вреда [22].

Поскольку сами термины и их составляющие содержат в основе слово «безопасность», формулировку самого определения «техносферная безопасность» целесообразно строить исходя из подхода к формулировке термина «безопасность». Безопасность как термин достаточно часто на практике применяется для характеристики объекта или процесса. Как существительное в паре с прилагательным оно используется для характеристики вида деятельности по защите от опасностей и рисков и тем самым от возможности причинения вреда. Во многих российских нормативно-правовых актах «безопасность» определяют как состояние защищенности от угроз, что не противоречит общепринятым в стандартизации формулировкам, опирающимся на теорию риска [19–21, 23–26]. Данный подход может быть применен при определении «техносферной безопасности» как состояния защищенности. Авторами предлагается следующая формулировка определения техносферной безопасности.

Техносферная безопасность – состояние защищенности, характеризующееся отсутствием недопустимого риска для объекта или процесса от негативных факторов.

Под недопустимым риском предлагается использовать определение, приведенное в ГОСТ 33432–2015 «Межгосударственный стандарт. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта» [27]: «риск, который считают неприемлемым при данных обстоятельствах на основании существующих в текущий период времени ценностей в обществе».

## Заключение

В результате проведенного анализа нормативно-правовой базы Российской Федерации авторами выдвигается предложение определения техносферной безопасности, которое целесообразно использовать в образовательном процессе, также закрепить термин в образовательных стандартах по одноименному направлению с кодом 20.00.00.

Вопрос носит дискуссионный характер, авторы выражают надежду на то, что исследование по данной теме будет продолжено в других научных трудах.

### Список источников

1. Большая советская энциклопедия / под ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М.: Сов. энцикл., 1975. Т. 21.
2. Научная терминология // HELPIKS.ORG.  
URL: <https://helpiks.org/4-18174.html> (дата обращения: 08.06.2022).
3. Collins online dictionary.  
URL: <https://www.collinsdictionary.com/spellcheck/english?q=technosphere> (дата обращения: 20.02.2022).
4. Cambridge dictionary. URL: <https://dictionary.cambridge.org/ru/spellcheck/англо-русский/?q=technosphere> (дата обращения: 20.02.2022).
5. Oxford learner's dictionaries.  
URL: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/spellcheck/english/?q=technosphere> (дата обращения: 20.02.2022).
6. Macmillan dictionary.  
URL: <https://www.macmillandictionary.com/spellcheck/british/?q=technosphere> (дата обращения: 20.02.2022).
7. Longman dictionary of contemporary english.  
URL: <https://www.ldoceonline.com/spellcheck/english/?q=technosphere> (дата обращения: 20.02.2022).
8. Конституция Российской Федерации. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. О безопасности: Федер. закон от 28 дек. 2010 г. № 390-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации: Федер. закон от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
13. Управление техносферной безопасностью в строительстве: курс лекций / сост. Е.А. Жидко. Воронеж: ВГТУ, 2017. 147 с.
14. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. Безопасность жизнедеятельности: учеб. / под общ. ред. С.В. Белова. М.: Высшая школа, 2007. 616 с.
15. Блог специалиста по охране труда.  
URL: <https://oxrana-truda.ru/technosfernaya-bezopasnost-specialnost> (дата обращения: 08.06.2022).
16. Основные понятия и определения // Студопедия.  
URL: [https://studopedia.ru/5\\_30177\\_osnovnie-ponyatiya-i-opredeleniya.html](https://studopedia.ru/5_30177_osnovnie-ponyatiya-i-opredeleniya.html) (дата обращения: 08.06.2022).
17. Центр охраны труда БГТУ им. В.Г. Шухова. URL: <https://beltrud.ru/> (дата обращения: 08.06.2022).
18. Федорец А.Г. Формирование терминологической системы понятия «безопасность» (в техносфере) // Безопасность в техносфере. 2015. Т. 4. № 5. С. 49–61.
19. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

20. ГОСТ Р 22.0.03–2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения // Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175572> (дата обращения: 08.06.2022).
21. Об охране окружающей среды: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
22. ГОСТ 12.0.002–2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения // Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200125989> (дата обращения: 08.06.2022).
23. Technosphere safety: From concept to scientific direction / I.V. Aladyshkin [et al.] // Conference series: earth and environmental science. 2019. № 272 (3). DOI: 10.1088/1755-1315/272/3/032064.
24. Digital pattern of safety of a territory / M.V. Vladimir [et al.] // Journal of computational technologies. 2021. № 26 (6). P. 110–132. DOI: 10.25743/ICT.2021.26.6.008.
25. Avtsinova G.I., Buchnev E.V. Ecological education in the conditions of digital realities: The russian national aspect // Perspektivy nauki i obrazovania. 2021. № 50 (2). P. 88–102. DOI: 10.32744/PSE.2021.2.6.
26. Ivanova U.S., Taseiko O.V., Chernykh D.A. Probabilistic methods for risk assessment of anthropogenic accidents and emergency // Procedia structural integrity. 2019. № 20. P. 136–142. DOI: 10.1016/j.prostr.2019.12.129.
27. ГОСТ 33432–2015. Межгосударственный стандарт. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта // Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127758> (дата обращения: 08.06.2022).

## References

1. Bol'shaya sovetskaya enciklopediya / pod red. A.M. Prohorov. 3-e izd. M.: Sov. encikl., 1975. T. 21.
2. Nauchnaya terminologiya // HELPIKS.ORG. URL: <https://helpiks.org/4-18174.html> (data obrashcheniya: 08.06.2022).
3. Collins online dictionary. URL: <https://www.collinsdictionary.com/spellcheck/english?q=technosphere> (data obrashcheniya: 20.02.2022).
4. Cambridge dictionary. URL: <https://dictionary.cambridge.org/ru/spellcheck/anglo-russkij/?q=technosphere> (data obrashcheniya: 20.02.2022).
5. Oxford learner's dictionaries. URL: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/spellcheck/english/?q=technosphere> (дата обращения: 20.02.2022).
6. Macmillan dictionary. URL: <https://www.macmillandictionary.com/spellcheck/british/?q=technosphere> (data obrashcheniya: 20.02.2022).
7. Longman dictionary of contemporary english. URL: <https://www.ldoceonline.com/spellcheck/english/?q=technosphere> (data obrashcheniya: 20.02.2022).
8. Konstituciya Rossijskoj Federacii. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
9. O bezopasnosti: Feder. zakon ot 28 dek. 2010 g. № 390-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
10. O bezopasnosti kriticheskoj informacionnoj infrastruktury Rossijskoj Federacii: Feder. zakon ot 26 iyulya 2017 g. № 187-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
11. O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov: Feder. Zakon ot 21 iyulya 1997 g. № 116-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
12. Akimov V.A., Lesnyh V.V., Radaev N.N. Riski v prirode, tekhnosfere, obshchestve i ekonomike. M.: Delovoj ekspress, 2004. 352 s.

13. Upravlenie tekhnosfernoj bezopasnost'yu v stroitel'stve: kurs lekcij / sost. E.A. Zhidko. Voronezh: VGTU, 2017. 147 s.
14. Belov S.V., Il'nickaya A.V., Koz'yakov A.F. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: ucheb. / pod obshch. red. C.B. Belova. M.: Vysshaya shkola, 2007. 616 s.
15. Blog specialista po ohrane truda.  
URL: <https://oxrana-truda.ru/tekhnosfernaya-bezopasnost-specialnost> (data obrashcheniya: 08.06.2022).
16. Osnovnye ponyatiya i opredeleniya // Studopediya.  
URL: [https://studopedia.ru/5\\_30177\\_osnovnie-ponyatiya-i-opredeleniya.html](https://studopedia.ru/5_30177_osnovnie-ponyatiya-i-opredeleniya.html) (data obrashcheniya: 08.06.2022).
17. Centr ohrany truda BGTU im. V.G. Shuhova. URL: <https://beltrud.ru/> (data obrashcheniya: 08.06.2022).
18. Fedorec A.G. Formirovanie terminologicheskoy sistemy ponyatiya «bezopasnost'» (v tekhnosfere) // Bezopasnost' v tekhnosfere. 2015. T. 4. № 5. S. 49–61.
19. O pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 21 dek. 1994 g. № 69-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
20. GOST R 22.0.03–2020. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. Prirodnye chrezvychajnye situacii. Terminy i opredeleniya // Kodeks. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175572> (data obrashcheniya: 08.06.2022).
21. Ob ohrane okruzhayushchej sredy: Feder. zakon ot 10 yanv. 2002 g. № 7-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
22. GOST 12.0.002–2014. Mezghosudarstvennyj standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Terminy i opredeleniya // Kodeks.  
URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200125989> (data obrashcheniya: 08.06.2022).
23. Technosphere safety: From concept to scientific direction / I.V. Aladyshkin [et al.] // Conference series: earth and environmental science. 2019. № 272 (3).  
DOI: 10.1088/1755-1315/272/3/032064.
24. Digital pattern of safety of a territory / M.V. Vladimir [et al.] // Journal of computational technologies. 2021. № 26 (6). P. 110–132. DOI: 10.25743/ICT.2021.26.6.008.
25. Avtsinova G.I., Buchnev E.V. Ecological education in the conditions of digital realities: The russian national aspect // Perspektivy nauki i obrazovania. 2021. № 50 (2). P. 88–102.  
DOI: 10.32744/PSE.2021.2.6.
26. Ivanova U.S., Taseiko O.V., Chernykh D.A. Probabilistic methods for risk assessment of anthropogenic accidents and emergency // Procedia structural integrity. 2019. № 20. P. 136–142.  
DOI: 10.1016/j.prostr.2019.12.129.
27. GOST 33432–2015. Mezghosudarstvennyj standart. Bezopasnost' funkcional'naya. Politika, programma obespecheniya bezopasnosti. Dokazatel'stvo bezopasnosti ob'ektov zheleznodorozhnogo transporta // Kodeks. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127758> (data obrashcheniya: 08.06.2022).

*Информация об авторах:*

**Андрей Викторович Андреев**, доцент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, Гидрокорпус-1), кандидат военных наук, доцент, e-mail: andreev\_av@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7936-4517>

**Александр Сергеевич Доронин**, ассистент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, Гидрокорпус-1), e-mail: doronin\_as@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0567-3875>

**Валерия Дмитриевна Каченкова**, студент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29, Гидрокорпус-1), e-mail: lera.kachenkova.99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1911-9904>

*Information about the authors:*

**Andrey V. Andreev**, associate professor of the higher school of technosphere security of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Polytechnic str., 29, Hidrokorpus-1), candidate of military sciences, associate professor, e-mail: andreev\_av@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7936-4517>

**Alexander S. Doronin**, assistant at the higher school of technosphere safety of Peter the great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Polytechnic str., 29, Hidrokorpus-1), e-mail: doronin\_as@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0567-3875>

**Valeria D. Kachenkova**, student of the higher school of technosphere safety of Peter the great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Polytechnic str., 29, Hidrokorpus-1), e-mail: lera.kachenkova.99@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1911-9904>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 28.07.2022; одобрена после рецензирования: 14.09.2022; принята к публикации: 15.09.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 28.07.2022; approved after review: 14.09.2022; accepted for publication: 15.09.2022

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

УДК 614.841.2.001.2

## АЛЬТЕРНАТИВА ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ИССЛЕДОВАНИИ И ЭКСПЕРТИЗЕ ПОЖАРОВ

Илья Данилович Чешко;

Мария Юрьевна Принцева<sup>✉</sup>;

Татьяна Дмитриевна Теплякова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

<sup>✉</sup>[printseva75@mail.ru](mailto:printseva75@mail.ru)

*Аннотация.* Основная цель статьи – показать возможность и целесообразность альтернативного применения в пожарно-технической экспертизе тигельного метода определения остаточного содержания летучих в веществе при нагревании взамен дорогого и сложного в использовании метода термического анализа. Полученные указанным выше методом данные позволяют получить криминалистически значимую информацию об исследуемом веществе, достаточную для оценки его возможного участия в процессе возникновения и развития горения. На примере двух материалов – древесины и полипропилена – показана возможность изучения динамики процесса термического разложения исследуемых материалов с выделением горючих летучих веществ, обеспечивающих воспламенение и пламенное горение. Показана возможность использования тигельного метода при разных режимах нагрева. Установлено, что выбор режима нагрева материала будет влиять на его температурные характеристики.

*Ключевые слова:* термический анализ, пожарно-техническая экспертиза, дифференциально-термический анализ, термогравиметрический анализ, тигельный метод

**Для цитирования:** Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Теплякова Т.Д. Альтернатива термогравиметрического и дифференциально-термического анализа в исследовании и экспертизе пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 95–103.

## ALTERNATIVE TO THERMOGRAVIMETRIC AND DIFFERENTIAL THERMAL ANALYSIS IN THE STUDY AND EXAMINATION OF FIRES

Ilya D. Cheshko;

Mariya Yu. Printseva<sup>✉</sup>;

Tatyana D. Teplyakova.

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

<sup>✉</sup>[printseva75@mail.ru](mailto:printseva75@mail.ru)

*Abstract.* The main purpose of the article is to show the possibility and feasibility of alternative use in the fire-technical examination of the crucible method for determining the residual content of volatile substances in a substance when heated instead of the expensive and difficult-to-use method of thermal analysis. The data obtained by the above method make it possible to obtain criminally

significant information about the investigated substance sufficient to assess its possible participation in the process of combustion occurrence and development. The article on the example of two materials – wood and polypropylene shows the possibility of studying the dynamics of the process of thermal decomposition of the studied materials with the release of combustible volatile substances that ensure ignition and flame combustion. The possibility of using the crucible method in different heating modes is shown. It has been found that the choice of the heating mode of the material will affect its temperature characteristics.

*Keywords:* thermal analysis, fire-technical expertise, differential thermal analysis, thermogravimetric analysis, crucible method

**For citation:** Cheshko I.D., Printseva M.Yu., Teplyakova T.D. Alternative to thermogravimetric and differential thermal analysis in the study and examination of fires // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 95–103.

## Введение

Метод термического анализа давно привлекает внимание пожарно-технических экспертов как один из возможных базовых методов исследования веществ и материалов [1, 2], в частности их пожароопасных свойств. Это не случайно, поскольку метод позволяет исследовать поведение малых количеств веществ при нагревании, горении, то есть процессах, само название которых вызывает ассоциацию с пожарами.

Современные приборы термического анализа позволяют проводить идентификационные исследования по ГОСТ 53293–2009 [3]. Возможности применения термического анализа в решении других частных экспертных задач – определение степени термических поражений материалов различной природы, дифференциация горючих и негорючих веществ, определение температур термического разложения вещества с возможным возникновением пламенного горения, склонности вещества к тлению и самовозгоранию, определение присутствия огнезащитных составов в материале и много других задач показаны в работах [4–9].

Необходимо, однако, констатировать, что в экспертной практике термический анализ в его современном аппаратурном оформлении ожидаемого широкого применения не нашел. Причина этого в первую очередь связана с дороговизной и малой доступностью данных приборов (отечественные приборы такого рода не выпускаются вообще).

Существует также проблема использования уже имеющихся приборов, обусловленная уровнем квалификации соответствующих экспертных кадров. Кроме того, решаемые задачи по своей сложности и затрате на технику не адекватны друг другу. Так огнезащитные составы, которые часто исследуют данным методом, создают при работе на приборе агрессивную среду, выводящую его из строя.

Описанные выше проблемы заставляют задуматься об упрощенной методике термического анализа и средствах ее реализации, ориентированных на решение рутинных задач пожарно-технической экспертизы более простым методом. Таким методом может, вероятно, стать, после некоторой модификации, метод определения содержания горючих летучих в каменных углях и коксе [10].

## Методика исследования

Как известно, пламенное горение твердых веществ и материалов происходит за счет выделения и сгорания в газовой фазе продуктов термоокислительной деструкции этих веществ. Горючесть материалов напрямую зависит от того, когда и сколько этих продуктов выделяется.

В работе изучалась возможность использования тигельного метода определения остаточного содержания летучих веществ при термическом разложении веществ и материалов.

Данный метод аналогичен методу определения остаточного содержания летучих веществ в каменных углях и коксе по ГОСТ 6832–2001 [10], а также в древесных углях [11]. В 80-х годах прошлого века метод определения остаточного содержания летучих веществ в древесных углях рекомендовался к применению для определения температуры и длительности теплового воздействия в точках отбора проб. В дальнейшем, однако, был вытеснен более экспрессным электрорезистивным методом [11, 12].

В данной статье на примере двух разных веществ (древесина и полипропилен) и двух разных способов нагрева (изотермический и динамический) показана возможность применения тигельного метода определения остаточного содержания летучих для оценки пожароопасных свойств веществ и материалов.

По данному методу в изотермическом режиме нагрева навески анализируемого вещества около 1 г с точностью до 0,0001 г загружали в фарфоровые высокие тигли № 3 с крышками по ГОСТ 9147–80. Тигель помещали в разогретую до необходимой температуры муфельную печь и выдерживали при заданной температуре в течение 7 мин, после тигель извлекали и охлаждали в эксикаторе (при закрытых крышках). Затем тигель снова взвешивали, определяя убыль массы при нагревании. Выход летучих веществ определяли параллельно в двух навесках. В ходе исследования нагрев древесины производился до 600 °С с шагом 100 °С.

Температуры нагрева определяют на этапе разработки методики индивидуально для каждого исследуемого вещества или материала. Они будут соответствовать основным характерным температурам разложения органических материалов (например, древесина – 600 °С; поливинилхлорид – 600 °С и т.д.).

Содержание летучих веществ  $L$ , %, по массе определялся по формуле:

$$L = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100,$$

где  $m_1$  – масса пустого тигля с крышкой, г;  $m_2$  – масса тигля с крышкой и пробой до испытания, г;  $m_3$  – масса тигля с крышкой и нелетучим остатком после испытания.

Последняя температура нагрева повторялась с открытым и закрытым тиглем.

Нагрев в открытом тигле необходим для определения зольности исследуемого вещества. Зольность определялась по формуле:

Зольность аналитической пробы  $A$ , %, по массе вычисляли по формуле:

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100,$$

где  $m_1$  – масса пустого тигля, г;  $m_2$  – масса тигля с пробой до испытания, г;  $m_3$  – масса тигля после испытания, г.

Кроме того, данным методом возможно определение содержания летучих веществ, выделившихся в заданном температурном интервале  $\Delta L$ , %:

$$\Delta L = L_2 - L_1,$$

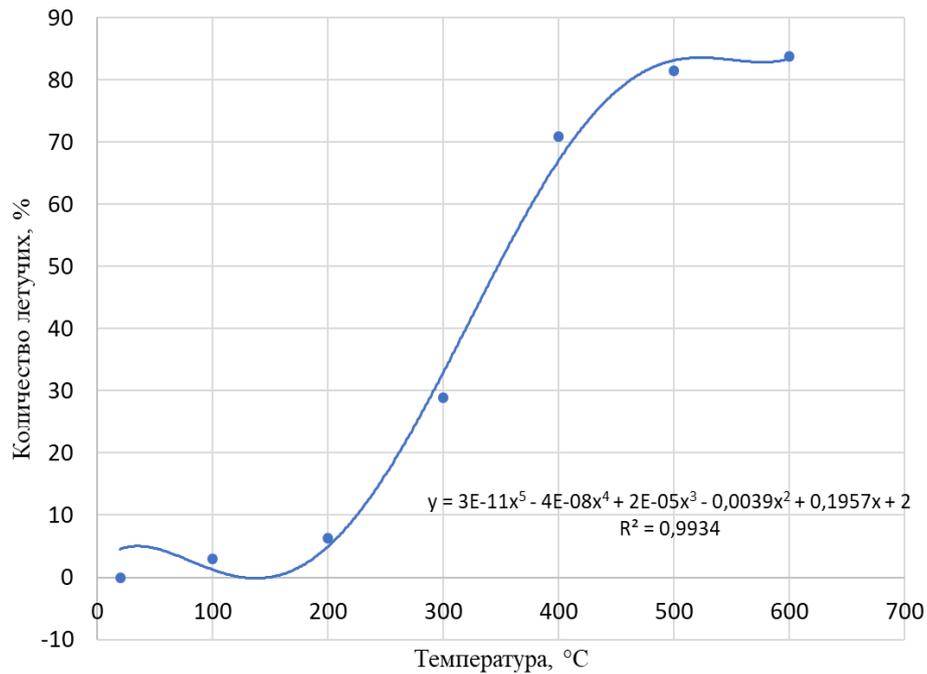
где  $L_1$  – содержание летучих веществ в начале температурного диапазона;  $L_2$  – содержание летучих веществ в конце температурного диапазона.

### Результаты исследования и их обсуждение

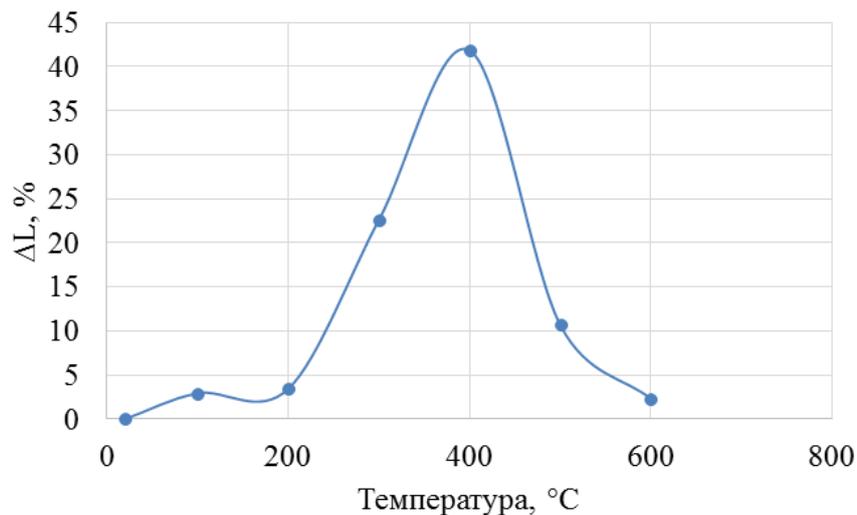
В табл. 1 и на рис. 1 приведено содержание летучих веществ в древесине в зависимости от температуры при изотермическом нагреве.

**Таблица 1. Содержание летучих веществ в древесине в зависимости от температуры при изотермическом нагреве**

Температура, °С	Содержание летучих веществ L, %	ΔL, %
20	0	0
100	2,92	2,92
200	6,35	3,43
300	28,97	22,62
400	70,84	41,82
500	81,48	10,64
600	83,77	2,29
Зольный остаток	7,06	



**Рис. 1. Зависимость содержания летучих веществ в древесине от температуры при изотермическом нагреве**



**Рис. 2. Зависимость ΔL от температуры в древесине при изотермическом нагреве**

На рис. 2 изображена зависимость  $\Delta L$  от температуры в древесине при изотермическом нагреве, которая также является характеристикой исследуемого вещества – древесины и отображает область температур, при которой происходит максимальное выделение летучих веществ. В данном случае максимальное выделение летучих происходит в области от 200 до 600 °С с максимумом при 400 °С.

В табл. 2 и на рис. 3, 4 приведено содержание летучих веществ и  $\Delta L$  в полипропилене (ПП) в зависимости от температуры. При этом максимальное выделение летучих при нагреве ПП происходит в области от 400 до 600 °С с максимумом до 500 °С.

Таблица 2. Содержание летучих веществ в ПП в зависимости от температуры при изотермическом нагреве

Температура, °С	Содержание летучих веществ L, %	$\Delta L$ , %
20	0	0
100	0	0
200	0,16	0,16
300	1,29	1,13
400	18,58	17,29
500	99,75	81,17
600	99,75	0
Зольный остаток	0,48	

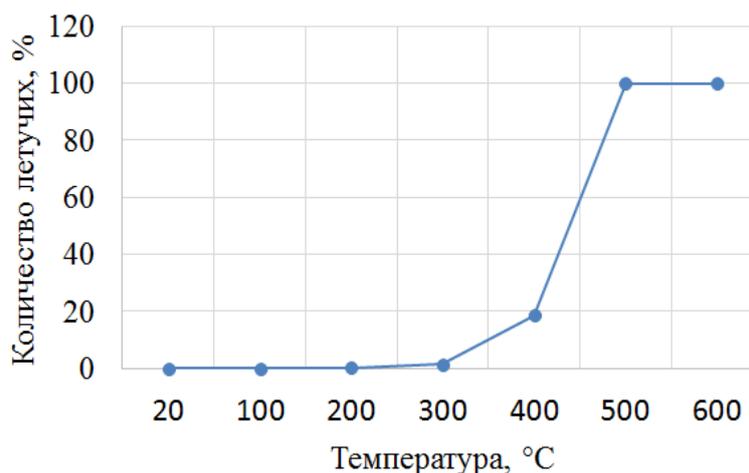


Рис. 3. Зависимость содержания летучих веществ в ПП от температуры при изотермическом нагреве

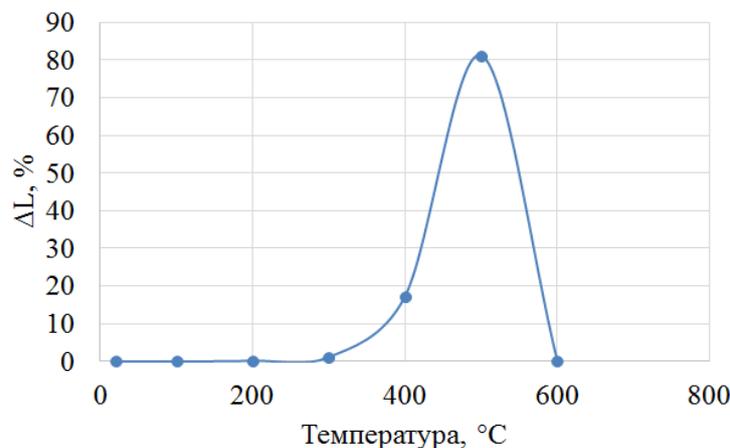


Рис. 4. Зависимость  $\Delta L$  от температуры в ПП при изотермическом нагреве

Как видно, характер кривых, полученных при исследовании ПП, отличается от кривых древесины, что подтверждает индивидуальность температурных характеристик для каждого исследуемого материала.

Сравнивая полученные данные, видно, что содержание летучих веществ, зависимость  $\Delta L$  от температуры и зольность для древесины и полипропилена индивидуальны. Эти данные можно использовать в экспертной практике как качественную характеристику исследуемого вещества или материала.

Исследование тигельным методом можно проводить также при динамическом нагреве, когда все тигли с пробами одновременно помещают в муфельную печь, которую нагревают до заданной температуры. При достижении необходимой температуры с шагом 100 °С последовательно каждый тигель извлекают и охлаждают в эксикаторе (при закрытых крышках). Данный режим нагрева менее трудозатратный и более производительный. При решении задач пожарно-технической экспертизы такой способ нагрева по информативности не уступает нагреву в изотермическом режиме.

Ниже приведены результаты исследования древесины, выполненные тигельным методом в динамическом режиме нагрева (табл. 3, рис. 5, 6).

Видно, что значения содержания летучих веществ и  $\Delta L$ , полученные при динамическом режиме, сдвинуты в область более высоких температур, что вполне закономерно. Показатели зольности древесины при разных режимах нагрева отличаются незначительно. Таким образом, необходимо учитывать при исследованиях, что режим нагрева будет влиять на показания выхода летучих горючих веществ.

Таблица 3. Содержание летучих веществ в древесине в зависимости от температуры при динамическом режиме

Температура, °С	Содержание летучих веществ L, %	$\Delta L$ , %
20	0	0
100	0,08	0,08
200	0,97	0,89
300	4,99	4,02
400	18,11	13,12
500	59,59	41,48
600	77,66	18,07
Зольный остаток	9,52	

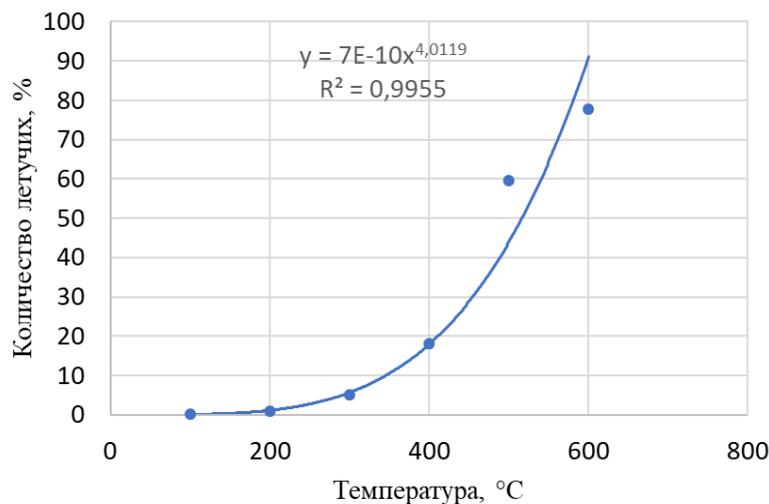


Рис. 5. Зависимость содержания летучих веществ в древесине от температуры при динамическом нагреве

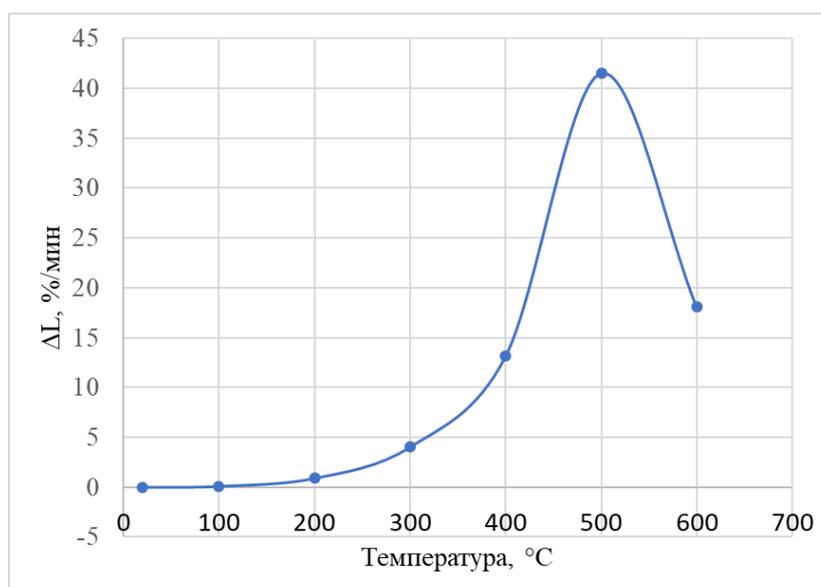


Рис. 6. Зависимость  $\Delta L$  от температуры в древесине при динамическом нагреве

### Заключение

Таким образом, в данной работе показана возможность использования при исследовании и экспертизе пожаров тигельного метода взамен сложного и дорогого метода термического анализа для оценки количественного выделения при нагревании из вещества летучих компонентов, которые обеспечивают его пламенное горение. Полученные тигельным методом характеристики – количество выделившихся летучих компонентов и температурная область их выделения позволят использовать их в экспертной практике для оценки пожароопасных свойств исследуемых вещества или материалов. На примере древесины и полипропилена показана возможность использования тигельного метода при динамическом и изотермическом режиме нагрева и установлено, что выбор режима нагрева материала будет влиять на его температурные характеристики.

### Список источников

1. Grega Klančnik, Jožef Medved, Primož Mrvar. Differential thermal analysis (DTA) and differential scanning calorimetry (DSC) as a method of material investigation // *RMZ – Materials and Geoenvironment*, 2010. Vol. 57. № 1. P. 127–142.
2. Thermal analysis of PVC wire insulation residues in fire investigation / Shu-jun Liu [et al.] // *Procedia engineering*. 2011. Vol. 11. P. 296–301.
3. ГОСТ 53293–2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа.
4. Liu J.-D., C. Bian. Thermogravimetric analysis of arson evidence // *Procedia engineering*. 2018. Vol. 211. P. 456–462.  
URL: [https://www.researchgate.net/publication/322996154\\_Thermogravimetric\\_Analysis\\_of\\_Arson\\_Evidence](https://www.researchgate.net/publication/322996154_Thermogravimetric_Analysis_of_Arson_Evidence) (дата обращения: 14.06.2022).
5. Беззапонная О.В., Хабибова К.И. Применение метода термического анализа при идентификации термопластов и реактопластов в рамках пожарно-технической экспертизы // *Техносферная безопасность*. 2022. № 1 (34). С. 85–91.
6. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Лобатова О.В. Инструментальные методы в современной пожарно-технической экспертизе. 3. Термический анализ // *Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности*. 2020. № 4. С. 29–41.
7. Принцева М.Ю., Чешко И.Д. Применение термического анализа в экспертных исследованиях по делам о пожарах // *Актуальные проблемы обеспечения пожарной*

безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная акад. ГПС МЧС России, 2019. С. 260–271.

8. Принцева М.Ю., Лобатова О.В. Экспертное исследование материалов на основе гипса методом термического анализа // *Modern science*. 2022. № 1-2. С. 407–412.

9. Применение методов термического анализа при производстве пожарно-технических экспертиз / В.Ю. Ключников [и др.] // *Пожаровзрывобезопасность*. 2012. Т. 21. № 7. С. 41–51.

10. ГОСТ 6832–2001. Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.04.2022).

11. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования) / под науч. ред. канд. юрид. наук Н.А. Андреева. СПб.: СПбИПБ МВД России, 1997. 562 с.

12. Захаров А.А., Сошина Н.Л., Нагорный Р.В. Установление температуры и длительности горения объектов пожара при помощи электрорезистивного метода исследования // *Auditorium*. 2018. № 1 (17). С. 85–91.

### References

1. Grega Klančnik, Jožef Medved, Primož Mrvar. Differential thermal analysis (DTA) and differential scanning calorimetry (DSC) as a method of material investigation // *RMZ – Materials and Geoenvironment*, 2010. Vol. 57. № 1. P. 127–142.

2. Thermal analysis of PVC wire insulation residues in fire investigation / Shu-jun Liu [et al.] // *Procedia engineering*. 2011. Vol. 11. P. 296–301.  
URL: <https://cyberleninka.org/article/n/420838/viewer> (data obrashcheniya: 14.06.2022).

3. GOST 53293–2009. Pozharnaya opasnost' veshchestv i materialov. Materialy, veshchestva i sredstva ognезashchity. Identifikaciya metodami termicheskogo analiza.

4. Liu J.-D., C. Bian. Thermogravimetric analysis of arson evidence // *Procedia engineering*. 2018. Vol. 211. P. 456–462.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/322996154\\_Thermogravimetric\\_Analysis\\_of\\_Arson\\_Evidence](https://www.researchgate.net/publication/322996154_Thermogravimetric_Analysis_of_Arson_Evidence) (data obrashcheniya: 14.06.2022).

5. Bezzaponnaya O.V., Habibova K.I. Primenenie metoda termicheskogo analiza pri identifikacii termoplastov i reaktoplastov v ramkah pozharno-tekhnicheskoy ekspertizy // *Tekhnosfernaya bezopasnost'*. 2022. № 1 (34). S. 85–91.

6. Cheshko I.D., Princeva M.Yu., Lobatova O.V. Instrumental'nye metody v sovremennoj pozharno-tekhnicheskoy ekspertize. 3. Termicheskij analiz // *Nadzornaya deyatelnost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti*. 2020. № 4. S. 29–41.

7. Princeva M.Yu., Cheshko I.D. Primenenie termicheskogo analiza v ekspertnyh issledovaniyah po delam o pozharah // Aktual'nye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i zashchity ot chrezvychajnyh situacij: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. Zheleznogorsk: Sibirskaya pozharno-spatel'naya akad. GPS MCHS Rossii, 2019. S. 260–271.

8. Princeva M.Yu., Lobatova O.V. Ekspertnoe issledovanie materialov na osnove gipsa metodom termicheskogo analiza // *Modern science*. 2022. № 1-2. S. 407–412.

9. Primenenie metodov termicheskogo analiza pri proizvodstve pozharno-tekhnicheskikh ekspertiz / V.Yu. Klyuchnikov [i dr.] // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2012. Т. 21. № 7. S. 41–51.

10. GOST 6832–2001. Toplivo tverdoe mineral'noe. Metody opredeleniya vyhoda letuchih veshchestv // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 05.04.2022).

11. Cheshko I.D. Ekspertiza pozharov (ob"ekty, metody, metodiki issledovaniya) / pod nauch. red. kand. yur. nauk N.A. Andreeva. SPb.: SPbIPB MVD Rossii, 1997. 562 s.

12. Zaharov A.A., Soshina N.L., Nagornyy R.V. Ustanovlenie temperatury i dlitel'nosti goreniya ob"ektov pozhara pri pomoshchi elektrozestivnogo metoda issledovaniya // *Auditorium*. 2018. № 1 (17). S. 85–91.

*Информация об авторах:*

**Илья Данилович Чешко**, ведущий научный сотрудник Исследовательского центра экспертизы пожаров научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, профессор, e-mail: idc48@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9517-9653>

**Мария Юрьевна Принцева**, заместитель начальника отдела Исследовательского центра экспертизы пожаров научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: printseva75@.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1925-2334>

**Татьяна Дмитриевна Теплякова**, старший научный сотрудник Исследовательского центра экспертизы пожаров научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ttd2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8951-3504>

*Information about authors:*

**Ilya D. Cheshko**, leading researcher at the research center for fire expertise of the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, professor, e-mail: idc48@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9517-9653>

**Maria Yu. Printseva**, deputy head of the department at the research center for fire expertise of the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: printseva75@.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1925-2334>

**Tatyana D. Teplyakova**, senior researcher at the research center for fire expertise of the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ttd2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8951-3504>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 17.06.2022; одобрена после рецензирования: 23.07.2021; принята к публикации: 27.07.2022.

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 17.06.2022; approved after review: 23.07.2022; accepted for publication: 27.07.2022.

# ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА

---

---

УДК 004.056.5; 342.7

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК КОНСТИТУЦИОННАЯ ГАРАНТИЯ ЗАЩИТЫ ПРАВ ГРАЖДАН

Александр Алексеевич Осипов✉;

Марина Михайловна Трапезникова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉[sasch.osipov2013@yandex.ru](mailto:sasch.osipov2013@yandex.ru)

*Аннотация.* Рассмотрены правовые положения законодательства Российской Федерации в сфере обеспечения информационной безопасности государства. В условиях формирования нового качества общества и государства в целом использование все больших достижений научно-технического прогресса в информационной сфере приводит к возникновению новых угроз, тем самым повышая роль данной сферы в контексте обеспечения национальной безопасности.

*Ключевые слова:* информация, информационная безопасность, национальная безопасность, информационные угрозы, информационные риски

**Для цитирования:** Осипов А.А., Трапезникова М.М. Информационная безопасность как конституционная гарантия защиты прав граждан // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 104–111.

## INFORMATION SECURITY AS A CONSTITUTIONAL GUARANTEE OF PROTECTION OF CITIZENS' RIGHTS

Aleksander A. Osipov✉;

Marina M. Trapeznikova.

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

✉[sasch.osipov2013@yandex.ru](mailto:sasch.osipov2013@yandex.ru)

*Abstract.* The legal provisions of the legislation of the Russian Federation in the field of information security of the state are considered. In the context of the formation of a new quality of society and the state as a whole, the use of increasing achievements of scientific and technological progress in the information sphere leads to the emergence of new threats, thereby increasing the role of this sphere in the context of ensuring national security.

*Keywords:* information, information security, national security, information threats, information risks

**For citation:** Osipov A.A., Trapeznikova M.M. Information security as a constitutional guarantee of protection of citizens' rights // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 104–111.

Информационная безопасность является структурным элементом национальной безопасности Российской Федерации. Данный вид безопасности можно рассматривать как самостоятельный не только по причине его выделения в Стратегии национальной безопасности, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 400 [1], но и как предусмотренный самостоятельным нормативно-правовым актом, закрепленным в виде Указа Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646 «Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации» [2]. Любая информационная зависимость общества и государства приводит к возникновению новых угроз, что позволяет формировать новые меры реагирования на них. Как показывает статистика, в 2021 г. большему воздействию от хакерских атак подверглись государственные учреждения, 15 % всех атак – исключительно госструктуры. Положительным эффектом рыночного устройства в государстве является наличие эффективной и быстрой реакции рынка на возникающие угрозы, в свою очередь, информационные угрозы не стали исключением. По данным RiskBased Security, международные затраты на решение последствий от киберпреступности будут расти на 15 % в год в течение последующих нескольких лет, достигнув 10,5 трлн долл. ежегодно к 2025 г. Российский же рынок информационной безопасности стабильно показывает ежегодный рост и, по данным специалистов, в 2021 г. составил от 120 до 150 млрд руб. [3]. Все это свидетельствует о наличии целостной системы информационной безопасности, не приводит к тратам, а наоборот, способствует увеличению прибыли.

С каждым годом растет число онлайн услуг и становится очевидным, что для обеспечения конкурентоспособности на рынке необходимо наличие системы информационной безопасности. Продолжается рост числа государственных услуг, но по правилам рынка реакция на угрозы со стороны государства не всегда является оперативной. Для обеспечения информационной безопасности общество стало опираться на новейшие информационные, телекоммуникационные технологии и технологии связи [4].

Первой проблемой на пути обеспечения информационной безопасности является понятие информации. В современной литературе нет однозначного и четкого определения, в результате чего выделить область, в которой необходимо принимать конкретные меры, представляется затруднительным, часть авторов рассматривает данное понятие как философскую категорию [5], а Большая российская энциклопедия как сообщение или сигнал, совокупность данных, сведения, рассматриваемые в контексте их содержания, структурной организации, динамики [6]. Рассматривая информационную безопасность как правовую категорию, обратимся к официальному понятию: информация – сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления [7].

Информационная безопасность используется для защиты информации или данных и их важнейших элементов, включая системные программы и оборудование, которые используются для хранения или передачи этой информации [8]. Также под информационной безопасностью можно понимать комплекс физических, правовых, экономических и иных мер для сохранения защищенности сведений от противоправного посягательства.

Основу информационной безопасности устанавливает Конституция Российской Федерации (Конституция), а именно положения ст. 24, 29, из которых следует, что получение и использование информации является конституционно-значимой нормой. Положения ст. 24 Конституции не допускают каких-либо взаимодействий с информацией о частной жизни граждан, а также обязывают государство знакомить любого гражданина, который обратился в соответствующий орган, с документами и материалами, непосредственно затрагивающими его права и свободы [9]. Ряд норм, указанных в ст. 29 Конституции, являются конституционной основой информационной безопасности в России. Доктринальное закрепление свободы мысли и слова является ключевым положением в системе информационной безопасности, так как для ее обеспечения необходимо прибегать к ограничению данного права. В российском законодательстве это нашло отражение

в Конституции, где предусмотрено ограничение только той информации, которая является экстремистской, то есть направленной на возбуждение социальной, расовой, национальной или религиозной розни, а также ее пропаганды и относящейся к перечню сведений, составляющих государственную тайну [9]. Как видно из указанных норм, существует прямая взаимосвязь между отдельным гражданином, обществом и государством в информационном обеспечении, что приводит к образованию механизма взаимодействия между этими субъектами.

Это выражается во взаимосвязи указанного права и иных личных прав граждан, а также в обеспечении информационной поддержки демократических институтов, механизмов взаимодействия государства и гражданского общества, а также применении информационных технологий в интересах сохранения культурных, исторических и духовно-нравственных ценностей многонационального народа Российской Федерации [2]. То есть механизм взаимодействия субъектов проявляется посредством обращения в те или иные государственные органы со стороны отдельного гражданина или общества в целом, что, в конечном счете, порождает демократический институт взаимодействия общества и государства в сфере информационного обеспечения. Примером могут послужить обращения в органы местного самоуправления по вопросам состояния окружающей среды в рамках Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [10], где закрепляется принцип обращения в органы власти по вопросам экологического благополучия. Угрозы для России в области информационной безопасности являются результатом цифровизации государства, то есть когда эти сведения, сообщения и данные не только участвуют в жизни всей страны, но и появляются системы «электронного правительства» [11], что приводит к определенным угрозам. В настоящее время, по мнению ряда исследователей (О.А. Чабукиани, Е.А. Зорина, В.В. Солодовников), «...в современной России отсутствует правовая база, которая бы в полной мере регулировала все цифровые отношения, выступающие объектом одного из самых опасных видов международной преступности – киберпреступности» [12].

Как справедливо отмечает В.Н. Ясенева, злоумышленник может ознакомиться с конфиденциальной информацией и модифицировать ее, это и будет угрозой информационной безопасности [4]. В результате таких действий информация меняет свое качество, вследствие чего это приводит не только к формированию ошибочного мнения отдельного гражданина, а также к формированию общественного мнения, которое может вызвать угрозу стабильности конституционного строя страны.

Примером реагирования государственных органов Российской Федерации на некачественную общезначимую информацию, которая прямо влияет на гражданское общество, является внесение изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и криминализация деяния, заключающегося в публичном распространении под видом достоверных сообщений заведомо ложной информации, содержащей данные об использовании Вооруженных Сил Российской Федерации в целях защиты интересов Российской Федерации и ее граждан, поддержания международного мира и безопасности [13]. Здесь отчетливо виден механизм реагирования государства на информационную угрозу: во-первых, создание заведомо ложной информации, во-вторых, публичное распространение заведомо ложной информации, в-третьих, реагирование общества на ложную информацию, которое приводит к его дестабилизации и в конечном результате к деструкции всего государства и, в-четвертых, организационно-управленческая деятельность государственных органов (реакция государства в рамках положения ст. 16 Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», а именно принятие правовых мер в целях защиты информации, которые направлены на предотвращение распространения ложной информации) [7].

Информационная угроза является спорным элементом информационной безопасности, так как в условиях общедоступности определить угрозу достаточно сложно, также само понятие угроза может толковаться двояко, но, как отмечает М.И. Фалеев и Г.С. Черных, в большинстве случаев нелегальный доступ представляется серьезной опасностью. Иными словами, угроза информационной безопасности заключается в нарушении конфиденциальности, целостности и доступности информации [14]. Целостность информации является самым главным элементом угрозы, так как такого рода информация является отчасти достоверной. Любой вопрос, касающийся информации, в первую очередь достоверной, это сфера деятельности средств массовой информации, которая как один из институтов демократического общества должен объективно отражать государственно-правовую действительность [15], а также социально-экономическую и, в том числе, действительность всех общественных процессов в гражданском обществе, именно так будет формироваться мнение гражданина, а впоследствии – всего общества.

Согласно выделяемой В.Н. Ясеновой классификации информационная угроза может быть обусловлена умышленными действиями людей, в данном случае такие действия имеют антиобщественную направленность, приводящую к дестабилизации общественного, а также государственного строя, посредством использования всего комплекса информационной борьбы, а именно распространение ложной информации, проведение кибератак [4], что в совокупности приводит к затормаживанию всего государственного аппарата и, как следствие, эффективности защиты прав граждан, такая информация является недостоверной общественно значимой. Вопросы целостности и доступности информации являются ключевыми элементами для определения информации, которая является недостоверной общественно значимой. По смыслу законодателя данная информация создает угрозу причинения вреда жизни и (или) здоровью граждан, имуществу, угрозу массового нарушения общественного порядка и (или) общественной безопасности либо угрозу создания помех функционированию или прекращения функционирования объектов жизнеобеспечения [7]. В этой связи хотелось бы обратить внимание на то, что законодательство США и Великобритании, например, гарантирует полную компенсацию, финансируемую за счет государственных средств, в отношении преступных действий против жизни и здоровья граждан [16]. Общественно значимая информация затрагивает вопросы принятия государственных решений, механизм обеспечения национальной безопасности, а также вопросы гражданского общества и общественных процессов в государстве. Обеспечение устойчивого и бесперебойного функционирования информационной инфраструктуры, в первую очередь критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и единой сети электросвязи Российской Федерации, в мирное время, в период непосредственной угрозы агрессии и в военное время [2] является необходимым элементом для создания информационной безопасности, так как критическая информационная инфраструктура выступает инструментом защиты основных прав и свобод граждан. Под инструментом защиты прав граждан будет пониматься система компетентных правоохранительных органов, обеспечивающих возложенные на них обязанности в рамках своих полномочий по защите прав граждан.

Мерами по обеспечению информационной безопасности на уровне государства выступает правовое регулирование информационных правоотношений, чтобы предотвратить рост числа информационных правонарушений, а также сохранить традиционные российские духовно-нравственные ценности; создание компетентных органов по противодействию информационным угрозам и преступлениям, совершенствование законодательства в этой области с целью обеспечить экономическое развитие государства, так как информационные технологии приобрели глобальный трансграничный характер и стали неотъемлемой частью всех сфер деятельности личности, общества и государства [2]. Правовое регулирование рассматриваемых правоотношений необходимо обеспечивать целостно, используя комплексный подход, то есть целесообразно принять единый нормативно-правовой акт (Информационный кодекс),

закрепляющий не только меры для защиты от информационных угроз, но и направленный на систематизацию норм действующего законодательства, относящихся к информационной сфере. Закон Российской Федерации от 27 декабря 1991 г. № 2124-1 «О средствах массовой информации»; Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»; Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных»; Федеральный закон от 22 декабря 2008 г. № 262-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации о деятельности судов в Российской Федерации»; Федеральный закон от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об электронной подписи» и иные нормативно-правовые акты регулируют информационные правоотношения, конкретно в своих областях, не имея при этом комплексной методики, принципов и средств достижения информационной безопасности. В связи с вышеуказанными обстоятельствами, сложно не согласиться с позицией С.С. Хомяковой, которая также указывает на необходимость объединения в единый нормативно-правовой акт всех норм, относящихся к отношениям регулируемых в информационной сфере [17], дабы исключить бюрократический фактор, поскольку каждый федеральный закон способствует появлению нормативного акта на уровне субъекта, тем самым тормозя весь государственный аппарат. Принятие единого кодифицированного акта в рассматриваемой сфере общественных правоотношений способствует систематизации как федерального, так и регионального российского законодательства.

Международное сотрудничество, в частности в сфере журналистики, является важным инструментом коллективной информационной безопасности. Как отмечается в Доктрине информационной безопасности, российские средства массовой информации зачастую подвергаются за рубежом откровенной дискриминации, российским журналистам создаются препятствия для осуществления их профессиональной деятельности [2]. Регламентирование и регулирование информационных правоотношений на уровне международного права представляется необходимым инструментом обеспечения, в том числе на уровне национальной безопасности.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что появление информационных правоотношений стало объектом государства для обеспечения его защиты. Российская Федерация в рамках положения Конституции, федерального законодательства реализует механизм защиты прав граждан от информационных угроз, тем самым создавая комплекс мероприятий по обеспечению информационной безопасности, следовательно, делая его одним из ключевых в системе национальной безопасности. Вопрос обеспечения информационной безопасности не является публичным, большинство кибератак не передается огласке из-за репутационных рисков, поэтому дать объективную оценку количеству таких атак не представляется возможным. Общемировая тенденция показывает, что жертвами, как правило, становятся организации из разных секторов экономики, поэтому государству необходимо брать на себя роль инструмента по обеспечению информационной безопасности, чтобы усовершенствовать механизм обеспечения информационной безопасности, представляется необходимым принятие Информационного кодекса, который сможет определить преемственность всей существующей нормативной базы в этой области, согласовать все принимаемые законы, а также упорядочить правовые нормы в информационной сфере. Ведь если посмотреть на международное сотрудничество в этой сфере, то Межпарламентская Ассамблея участников СНГ в 2008 г. приняла Модельный информационный кодекс, который был призван стимулировать развитие информационного законодательства, сам акт носит рекомендательный характер, впоследствии он совершенствовался в 2012 и 2016 гг. Развитие данной отрасли на национальном уровне позволит создать определенные правовые условия как для развития рынка в информационной сфере, так и обеспечения информационной безопасности. Создание отдельного нормативно-правового акта позволит выделить новую отрасль российского права – информационное право.

**Список источников**

1. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 2 июля 2021 г. № 400 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2021. № 27 (Ч. II). Ст. 5351.
2. Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 5 дек. 2016 г. № 646 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2016. № 50. Ст. 7074.
3. Кибербезопасность 2021–2022. Тренды и прогнозы.  
URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/kiberbezopasnost-2021-2022-trendy-i-prognozu/> (дата обращения: 17.03.2022).
4. Информационная безопасность: учеб. пособие / В.Н Ясенев [и др.]; под общ. ред. проф. В.Н. Ясенева. Н. Новгород: Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2017. 198 с.
5. Рыжов В.П. О понятии «информация» // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2011. № 1.
6. ИНФОРМАЦИЯ // Большая российская энциклопедия. Т. 11. 2008. С. 493.
7. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федер. закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ (в ред. от 30 дек. 2021 г.) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2006. № 31. С. 3448 (ч. I).
8. World of cyber security and cybercrime / R. Buch [et al.] // Recent trends in programming languages. 2005. № 4. P. 18–23.
9. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 дек. 1993 г. с учетом поправок, внесенных законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30 дек. 2008 г. № 6-ФКЗ, от 30 дек. 2008 г. № 7-ФКЗ, от 5 февр. 2014 г. № 2-ФКЗ, от 21 июля 2014 г. № 11-ФКЗ, от 14 марта 2020 г. № 1-ФКЗ) // Рос. газ. 1993. 25 дек.; Рос. газ. 2020. 16 марта. Федер. выпуск. № 55 (8109).
10. Об охране окружающей среды: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ (в ред. от 26 марта 2022 г.) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2002. № 2. Ст. 133.
11. Голубева А.А. Электронное правительство: введение в проблему // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2005. № 2. P. 120–139.
12. Чабукиани О.А., Зорина Е.А., Солодовников В.В. Способы противодействия киберпреступности // Социология и право. 2020. № 3 (49). С. 84–93.  
DOI: 10.35854/2219-6242-2020-3-84-93.
13. О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и статьи 31 и 151 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации: Федер. закон от 4 марта 2022 г. № 32-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2022. № 10. Ст. 1389.
14. Фалеев М.И., Черных Г.С. Угрозы национальной безопасности государства в информационной сфере и задачи МЧС России в этой области деятельности // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. № 1.
15. Шакирова Л.И. Средства массовой информации как институт гражданского общества // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 6-2.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sredstva-massovoy-informatsii-kak-institut-grazhdanskogo-obschestva> (дата обращения: 22.03.2022).
16. Crime victim compensation / D.A. Ivanov // Revista Genero e Direito. 2020. Vol. 9. № 4. P. 753–759.
17. Хомякова С.С. Информационный кодекс Российской Федерации: необходимость разработки и принятия // Актуальные проблемы права: материалы VIII Междунар. науч. конф. Казань: Молодой ученый, 2019. С. 13–15.

## References

1. O Strategii nacional'noj bezopasnosti Rossijskoj Federacii: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 2 iyulya 2021 g. № 400 // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 2021. № 27 (Ch. II). St. 5351.
2. Ob utverzhdenii Doktriny informacionnoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 5 dek. 2016 g. № 646 // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 2016. № 50. St. 7074.
3. Kiberbezopasnost' 2021–2022. Trendy i prognozy.  
URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/kiberbezopasnost-2021-2022-trendy-i-prognozy/> (data obrashcheniya: 17.03.2022).
4. Informacionnaya bezopasnost': ucheb. posobie / V.N Yasenev [i dr.]; pod obshch. red. prof. Yaseneva V.N. N. Novgorod: Nizhegorodskij gosuniversitet im. N.I. Lobachevskogo, 2017. 198 s.
5. Ryzhov V.P. O ponyatii «informaciya» // *Izvestiya vuzov Rossii. Radioelektronika*. 2011. № 1.
6. INFORMACIYA // *Bol'shaya rossijskaya enciklopediya*. T. 11. 2008. S. 493.
7. Ob informacii, informacionnyh tekhnologiyah i o zashchite informacii: Feder. zakon ot 27 iyulya 2006 g. № 149-FZ (v red. ot 30 dek. 2021 g.) // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 2006. № 31. S. 3448 (ch. I).
8. World of cyber security and cybercrime / R. Buch [et al.] // *Recent trends in programming languages*. 2005. № 4. P. 18–23.
9. Konstituciya Rossijskoj Federacii (prinyata vsenarodnym golosovaniem 12 dek. 1993 g. s uchetom popravok, vnesennyh zakonami Rossijskoj Federacii o popravkah k Konstitucii Rossijskoj Federacii ot 30 dek. 2008 g. № 6-FKZ, ot 30 dek. 2008 g. № 7-FKZ, ot 5 fevr. 2014 g. № 2-FKZ, ot 21 iyulya 2014 g. № 11-FKZ, ot 14 marta 2020 g. № 1-FKZ) // *Ros. gaz.* 1993. 25 dek.; *Ros. gaz.* 2020. 16 marta. Feder. vypusk. № 55 (8109).
10. Ob ohrane okruzhayushchej sredy: Feder. zakon ot 10 yanv. 2002 g. № 7-FZ (v red. ot 26 marta 2022 g.) // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 2002. № 2. St. 133.
11. Golubeva A.A. Elektronnoe pravitel'stvo: vvedenie v problemu // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Menedzhment*. 2005. № 2. P. 120–139.
12. Chabukiani O.A., Zorina E.A., Solodovnikov V.V. Sposoby protivodejstviya kiberprestupnosti // *Sociologiya i pravo*. 2020. № 3 (49). S. 84–93.  
DOI: 10.35854/2219-6242-2020-3-84-93.
13. O vnesenii izmenenij v Ugolovnyj kodeks Rossijskoj Federacii i stat'i 31 i 151 Ugolovno-processual'nogo kodeksa Rossijskoj Federacii: Feder. zakon ot 4 marta 2022 g. № 32-FZ // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 2022. № 10. St. 1389.
14. Faleev M.I., Chernyh G.S. Ugrozy nacional'noj bezopasnosti gosudarstva v informacionnoj sfere i zadachi MCHS Rossii v etoj oblasti deyatel'nosti // *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problem i issledovaniya*. 2014. № 1.
15. Shakirova L.I. Sredstva massovoj informacii kak institut grazhdanskogo obshchestva // *Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk*. 2016. № 6-2.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sredstva-massovoy-informatsii-kak-institut-grazhdanskogo-obshchestva> (data obrashcheniya: 22.03.2022).
16. Crime victim compensation / D.A. Ivanov // *Revista Genero e Direito*. 2020. Vol. 9. № 4. P. 753–759.
17. Homyakova S.S. Informacionnyj kodeks Rossijskoj Federacii: neobhodimost' razrabotki i prinyatiya // *Aktual'nye problemy prava: materialy VIII Mezhdunar. nauch. konf. Kazan': Molodoj uchenyj*, 2019. S. 13–15.

*Информация об авторах:*

**Александр Алексеевич Осипов**, студент института безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sasch.osipov2013@yandex.ru

**Марина Михайловна Трапезникова**, доцент кафедры трудового права Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат юридических наук, e-mail: marina-tr@yandex.ru

*Information about the authors:*

**Alexander A. Osipov**, student of the institute of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: sasch.osipov2013@yandex.ru

**Marina M. Trapeznikova**, associate professor of the department of labor of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of law, e-mail: marina-tr@yandex.ru

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 10.07.2021; одобрена после рецензирования: 23.08.2022; принята к публикации: 30.08.2022.

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 10.07.2022; approved after review: 23.08.2022; accepted for publication: 30.08.2022.

## ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

---

---

УДК 623.746.-519

### **МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ОЧАГОВ ВОЗГОРАНИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

**Антон Сергеевич Давиденко**<sup>✉</sup>.

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

**<sup>✉</sup>9158384777@mail.ru**

*Аннотация.* В работе рассматривается возможность использования беспилотных авиационных систем в рамках совершенствования проведения пожарно-технических экспертиз на объектах нефтегазового комплекса. Проанализированы критерии выбора беспилотных авиационных систем относительно их тактико-технических и летных характеристик, с помощью которых представляется возможным установление очагов возгораний на данных объектах. Установлен круг вопросов пожарно-технической экспертизы по расследованию пожаров на объектах нефтеперерабатывающих комплексов, решение которых с помощью беспилотных систем позволит совершенствовать дознание по данным пожарам. Предложена методика использования комплекса ориентированных программ для беспилотных авиационных систем, позволяющая совершенствовать проведение пожарно-технических экспертиз.

*Ключевые слова:* очаг пожара, беспилотная авиационная система, комплекс ориентированных программ

**Для цитирования:** Давиденко А.С. Методика использования беспилотных авиационных систем по установлению очагов возгораний на объектах нефтегазового комплекса // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 112–121.

### **METHODOLOGY FOR THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS FOR THE ESTABLISHMENT OF FIRES AT THE FACILITIES OF THE OIL AND GAS COMPLEX**

**Anton S. Davidenko**<sup>✉</sup>.

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

**<sup>✉</sup>9158384777@mail.ru**

*Abstract.* The paper considers the possibility of using unmanned aerial systems in the framework of improving the conduct of fire-technical examinations at the facilities of oil refineries. The criteria for selecting unmanned aerial systems with respect to their tactical, technical and flight characteristics are analyzed, with the help of which it is possible to establish sources of fires at these objects. A range of issues of fire-technical expertise for the investigation of fires at oil refinery facilities has been established, the solution of which with the help of unmanned systems will improve the investigation of these fires. A technique for using a complex of oriented programs for unmanned aerial systems is proposed, which makes it possible to improve the conduct of fire-technical examinations.

*Keywords:* fire seat, unmanned aerial system, complex of oriented programs

**For citation:** Davidenko A.S. Methodology for the use of unmanned aircraft systems for the establishment of fires at the facilities of the oil and gas complex // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 112–121.

## Введение

Современный мир очень быстро прогрессирует и развивается, каждый год появляются все новые технологии. Нынешний XXI в. можно полноценно считать веком развития робототехники, мехатроники и искусственного интеллекта. За счет научного прогресса продвигаются исследования и разработки в этих областях. Таким образом, в настоящее время все чаще прибегают к использованию роботизированных систем в различных сферах деятельности человека. С развитием точной механики, программирования, электроники стало возможным роботизировать даже такие технологические процессы, где раньше это сделать не представлялось возможным. Роботизированные системы позволяют увеличить скорость и точность выполнения различных операций, сократить человеческое влияние на производстве, а также позволяют заменить человека в опасных и вредных условиях.

Мобильные робототехнические системы в последнее время все чаще находят применение в самых различных отраслях. Современный этап развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) предполагает их активное использование для решения разнообразных целевых задач (рис. 1). Работы в этом направлении активно ведутся как в России, так и за рубежом.



Рис. 1. Использование БПЛА в различных сферах гражданской деятельности:  
ПО – программное обеспечение

Анализ статистических данных показывает, что в последние два десятилетия наблюдается рост числа крупных аварий и пожаров со значительным ущербом. Следует отметить, что особую опасность представляют аварии на объектах нефтегазового комплекса (ОНК).

Успех расследования пожара зависит от правильного установления очага возгорания, но при своевременном обнаружении вероятность определения места его возникновения во многом повышается. Данный вопрос является особенно актуальным при расследовании пожаров, произошедших на ОНК. При пожарах на ОНК возможность установить очаг возгорания ниже, ввиду того, что в технологических установках этих объектов обращаются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ и ГЖ) под давлением, которые могут образовывать множественные очаги или привести к воспламенению зеркала разлившегося нефтепродукта.

Одним из перспективных решений обеспечения пожарной безопасности ОНК является внедрение современных высокотехнологичных систем, в том числе и беспилотных

авиационных систем (БАС). В свою очередь, при внедрении БАС по установлению очагов пожара на ОНК целесообразна разработка соответствующей методики их использования.

Целью исследования является разработка методики использования БАС для установления очагов возгораний на объектах нефтегазового комплекса.

### **Постановка задачи разработки методики использования БАС по установлению очагов пожара**

Разработка методики использования БАС по установлению очагов пожара может быть представлена следующим образом:

Дано:

– критерий выбора беспилотной авиационной системы ( $K$ ) – совокупность правил выбора беспилотного воздушного судна (БВС), его полезной нагрузки и наземной станции управления со средством визуализации, позволяющих выполнить поставленную задачу;

– множество показателей ( $P$ ) летно-технических характеристик БАС;

– совокупность комплекса данных по очагу пожара ( $D$ ) – множество признаков, характеризующих возможность установления очагов пожара. С математической точки зрения  $D$  можно представить следующим образом:

$$D = R \cup I \cup L, \quad (1)$$

где  $R$  – результаты визуального исследования конструкций и предметов в зоне очага, оценка степени их термического поражения и выявленные на этой основе очаговые признаки;  $I$  – информация, полученная на основе результатов инструментального исследования материалов и конструкций на месте пожара;  $L$  – источники дополнительной информации об очаге пожара;

– комплекс ориентированных программ ( $S$ ) – совокупность программных решений по выявлению очагов возгораний на ОНК на основе совокупности комплекса данных по очагу пожара ( $D$ ). С формальной точки зрения комплекс ориентированных программ может быть представлен следующим образом:

$$S = F(D), \quad (2)$$

где  $F$  – комплекс данных по очагу пожара, характеризующий алгоритмическую реализацию установления очагов пожара на ОНК с использованием БАС.

Требуется:

Разработать методику ( $M$ ) использования БАС по установлению очагов пожара с помощью комплекса ориентированных программ ( $S$ ) на ОНК при проведении статического осмотра места пожара при пожарно-технической экспертизе. С математической точки зрения указанная постановка задачи может быть представлена следующим образом:

$$\begin{cases} D = R \cup I \cup L; \\ S = F(D); \\ M(K, P, D, S) : T \rightarrow \min; \\ D \geq D_{\text{треб}} \end{cases} \quad (3)$$

где  $T$  – время по установлению очага возгорания на ОНК;  $D \geq D_{\text{треб}}$  – ограничения по достоверности на установление очага возгорания на ОНК.

Необходимо отметить, что применение методики использования БАС по установлению очагов пожара позволит совершенствовать следственные действия по восприятию объекта осмотра с целью обнаружения следов преступления и других вещественных доказательств.

## Обоснование выбора БАС

Основной критерий выбора в пользу БАС – это безопасность для пилота. Отсутствие на борту этого вида авиационной техники летного состава исключает возможность воздействия экстремальных нагрузок на организм в процессе полета, сохраняет жизнь и здоровье человеку [1].

Немаловажным критерием является максимальное количество выполняемых задач БАС в единицу времени. Данный параметр характеризует многофункциональность полезной нагрузки БВС, который может быть представлен, в том числе, и в модульном (комбинированном) исполнении. Многофункциональность полезной нагрузки достигается за счет совокупности технических средств по получению, анализу, фиксации и передаче информации по фактам пожаров и их последствий на ОНК в любое время суток при различных погодных явлениях и пр. [2].

Ввиду того, что задачи, выполняемые БАС в зоне пожара, осуществляются в условиях действия опасных факторов, то вопрос повышенной защищенности основных систем БВС (топливная система, система управления, полезная нагрузка) является достаточно важным. Соответственно, такой критерий, как «живучесть», необходимо также учитывать при выборе БАС для установления очагов на ОНК [3].

Вопрос более эффективного выполнения поставленных задач, в том числе с сокращением расходования энергоресурсов, а также с повышением уровня безопасности для внешнего пилота решает автономность полета БВС, что позволяет выполнять в автоматическом режиме, без участия человека, выравнивание воздушного судна в ходе полета, удержание заданной высоты, мониторинг выбранного объекта, взлет и посадка, возвращение в точку взлета (может выполняться при потере связи с наземной станцией управления), полет по заданному маршруту [4].

Не менее важным вопросом в решении проблемы расследования и экспертизы пожаров на ОНК с использованием БАС является запас безопасности системы. Указанный критерий характеризует ресурс БАС, который включает в себя также возможность ремонта, обслуживания и хранения.

Еще одним значимым критерием при выборе БАС для установления очагов на ОНК является продолжительность полета, которая должна учитывать использование этой системы в различных атмосферных условиях. При выборе БАС также стоит обращать внимание на километровой и часовой расходы топлива БВС [5].

На сегодняшний день вектор развития БАС направлен в сторону узкой специализации, в зависимости от целей ее применения. Таким образом, характерными свойствами, которыми должен обладать беспилотный комплекс при осмотре места пожара, должен учитывать тип БВС. Имеющиеся и поступающие на оснащение БАС классифицируются по следующим параметрам:

- глубине применения: малой дальности (радиус действия до 250 км) и ближнего действия (радиус действия до 100 км);
- взлетной массе БВС: легкий класс (до 200 кг), малый класс (до 30 кг) и мини класс (до 1 кг);
- аэродинамической схеме компоновки БВС: самолетного типа, вертолетного (мультикоптерного) типа, комбинированного типа.

С опорой на анализ действий, направленных на установление очагов возгораний на ОНК, и актуальную классификацию имеющихся на рынке беспилотных систем эмпирическим методом установлен вариант исполнения БАС – БВС легкого класса малой дальности вертолетного типа, позволяющий решать задачи масштабного мониторинга линейных и площадных объектов, разливов нефтепродуктов, а также аварийно химически опасных веществ.

При всей важности использования БАС в области дознания по пожарам не стоит пренебрегать стоимостью данных систем. Очевидным критерием в данном вопросе является экономический эффект применения БАС при установлении очагов пожаров на ОНК [6].

Существуют ряд факторов, от которых зависит стоимость БАС при ее эксплуатации, на 1 км дальности полета (табл.):

- безопасность полета;
- соответствие экологическим нормам;
- надежность конструкции и оборудования;
- ресурс и сроки эксплуатации;
- эксплуатационная технологичность;
- возможность технического обслуживания;
- обеспечение запасными частями и расходными материалами.

**Таблица. Тактико-технические и летно-технические характеристики БПЛА конвертопланового типа, разработанных различными компаниями**

№	Название летательного аппарата (ЛА)	Макс., полетный вес	Макс., расстояние полета	Вес полезной нагрузки	Длина крыла	Длина ЛА	Макс., высота полета	Макс., скорость полета	Продолжительность полета	Энергосистема	Скорость крейсера
1	Skywalker X8	5,4	–	–	2,12	0,79	2	–	25	Электромотор (ЭМ) без коллектора	55–65
2	«АЛ-101 Riker»	6	–	–	2,9	1,3	–	–	90	ЭМ без коллектора	–
3	«Urban Aeronautic s Air Mile»	1400	–	227	3,5	6,2	3,6	ISO'	300	750 л.с. Turbomeca Arriel 1	180
4	«TR-60»	210	200	30	5	3	4,5	250	–	Роторный двигатель 55 л. с.	–
5	Mini-Panther	10'	20	2	3,5	–	0,3	–	90	–	60
6	«Pantra»	67	60	20	8	2,9	3	130'	480	Гибридный источник энергии	–
7	«Eagle Ete»	1360	–	453	4,63	5,18	6,1	408	300	Pratt & Whitney 200/55	–
8	«Эра-50»	5	15	0,5	–	–	2,1	80	–	4 ЭМ с 2 лопастями мощностью 2 700 Вт	50
9	«NASA GL-10 Greased Lightning»	180	250	–	6,1	4,9	9	120'	–	Гибрид: 2 дизель-генераторных двигателя и 10 шт. электромоторных двигателей	80
10	«Эра-100»	20	30	2,5	–	–	2,1	100'	60	4 ЭМ с 2 лопастями мощностью 2 700 Вт	80
11	«RHV-30»	30	100	5	2	2	3	140'	–	–	110

### Исследование очага пожара

Для набора и анализа объема информации при расследовании причин пожара осмотр места его возникновения должен начинаться до его ликвидации. С целью реализации качественного осмотра места пожара решаются частные задачи по набору комплекса данных об очагах:

- получение общего представления о пожаре ОНК и горящих технологических установок (объектов). При этом устанавливается назначение установок ОНК и их технологический процесс;
- производство ориентировки на местности. Для этого устанавливается взаиморасположение горящего и соседнего технологического оборудования, объектов, зданий и построек;

– фиксация развития пожара ОНК, поведение материалов, строительных конструкций. При этом обязательной фиксации подлежат места интенсивного горения, а также места и время разрушения строительных конструкций (технологических установок);

– фиксация действий пожарно-спасательных подразделений по спасанию людей и ведению боевых действий по тушению пожара. Также учитываются места и время подачи огнетушащих веществ в те или иные зоны пожара, проводится анализ данных штаба пожаротушения;

– с целью сохранения вещной обстановки на месте пожара производится фиксация действий пожарно-спасательных подразделений по ликвидации пожара: разборки конструкций и технологических установок, откачки нефтепродуктов и пр. [7].

С целью повышения эффективности реализации государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности за счет совершенствования системы органов дознания и судебно-экспертных учреждений были разработаны:

– модель распознавания области горения на ОНК по черно-белому статическому изображению с использованием БАС и ее программная реализация;

– алгоритм по определению пожарной нагрузки и классификации изображений техногенных чрезвычайных ситуаций, формированием их выборки и его программная реализация;

– методика использования БАС по установлению очагов пожара с помощью комплекса ориентированных программ на ОНК при проведении статического осмотра места пожара пожарно-технической экспертизы [8, 9].

Общая схема работы комплекса ориентированных программ представлена на рис. 2.

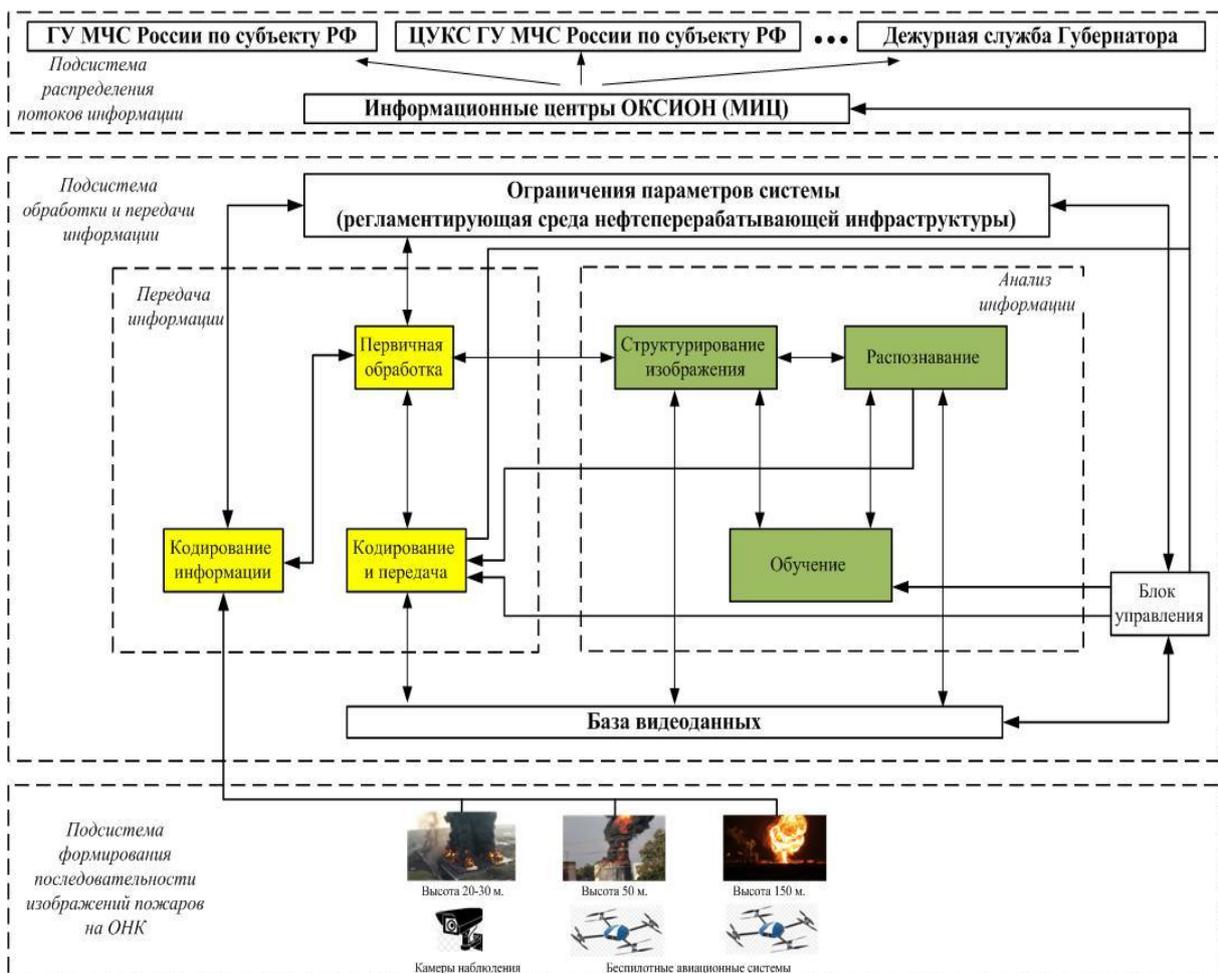


Рис. 2. Структура автоматизированной системы комплекса ориентированных программ по установлению очагов возгораний на ОНК

## **Методика использования БАС по установлению очагов пожара с помощью комплекса ориентированных программ**

Следует отметить, что постановлением Правительства Российской Федерации от 25 мая 2019 г. № 658 утверждены Правила учета беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой от 0,25 до 30 кг, ввезенных или произведенных в Российской Федерации. Для использования БАС при проведении работ по установлению очагов возгораний на ОНК назначается внешний пилот, обученный и допущенный установленным порядком на право управления БАС.

Управление полетом осуществляется внешним пилотом в одном из двух режимов: автоматическом или полуавтоматическом. В автоматическом режиме БАС двигается по запрограммированному полетному заданию и включает следующие элементы: полет по прямой, по кругу, по эллипсу, «змейкой», «по восьмерке» галсами, а также снижение и посадка в заданной точке. В полуавтоматическом режиме управления полетом осуществляется оператором БАС с помощью наземной станции управления в режиме реального времени.

Использование воздушного пространства БАС осуществляется посредством установления временного или местного режимов полета, а также кратковременных ограничений полетов в данном воздушном пространстве.

Местный режим устанавливается в воздушном пространстве классов С и G, за исключением случаев, когда требуется установление временного режима.

Временный режим устанавливается при планировании полетов на воздушных трассах, местных воздушных линиях, открытых для международных полетов, а так же в районах аэродромов, открытых для международных полетов.

Кратковременные ограничения устанавливаются для обеспечения полетов БВС в интересах обороны, государственной и общественной безопасности, а также производстве поисково-спасательных мероприятий и оказания помощи при стихийных бедствиях и чрезвычайных ситуациях.

Выполнение полетов БАС в воздушном пространстве осуществляется:

- в классе С (до высоты 3 050 м и скорости полета воздушного судна не более 450 км/ч с обеспечением диспетчерского обслуживания) – расширенный класс для осмотра места пожара;
- в классе G (до высоты 3 050 м и скорости полета воздушного судна не более 450 км/ч без обеспечения диспетчерского обслуживания) – основной класс для осмотра места пожара.

Выполнение полетов БАС в воздушном пространстве класса С и класса G осуществляется на основании:

- представления на установление режима ограничения воздушного пространства;
- плана (флайт-плана) полета;
- разрешения соответствующей администрации муниципального образования на использование воздушного пространства субъекта Российской Федерации.

Использование воздушного пространства без плана полета, разрешения на использование воздушного пространства и подтверждения Зонального центра Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (ЕС ОрВД) об установлении временного режима, местного режима или кратковременного режима запрещается.

Представление на установление временного, местного или кратковременного режимов ограничения воздушного пространства подается руководителем полетов, назначаемым приказом начальника подразделения, в сроки:

- для временного режима – в Главный центр ЕС ОрВД не позднее чем за 5 сут до даты полетов на бумажном носителе факсимильным сообщением;
- для местного режима – в соответствующий Зональный центр ЕС ОрВД не позднее чем за 3 сут до даты полетов в пределах воздушного пространства муниципального образования подается на бумажном носителе факсимильным сообщением или по электронной почте;
- для кратковременного режима – не требуется.

В представлении указывается достоверная и полная информация о планируемой деятельности по использованию воздушного пространства:

- марки, типа БАС;
- район применения с указанием координат точек (широта, долгота), ограничивающих площадку, или координат центра площадки с указанием радиуса в км;
- дата, время (UTC – всемирное скоординированное время);
- высота полета;
- Ф.И.О., телефон руководителя полетов; Ф.И.О., телефон оператора БАС.

Приступать к осуществлению деятельности, связанной с использованием воздушного пространства, для обеспечения которой установлены временный или местный режим, без получения подтверждения от соответствующих органов единой системы ОрВД о готовности к их обеспечению не допускается.

План полета БАС подается накануне дня полетов до 16:00 местного времени в соответствующий Зональный центр ЕС ОрВД и заполняется в соответствии с Табелем сообщений о движении воздушных судов в Российской Федерации.

Использование воздушного пространства без плана полета БАС, разрешения на использование воздушного пространства и подтверждения Зонального центра ЕС ОрВД об установлении временного, местного или кратковременного режимов запрещается.

При использовании БАС по установлению очагов возгораний с помощью комплекса ориентированных программ учитываются особенности осмотра места пожара на ОНК:

- протяженность объектов;
- большая площадь горения;
- крупный ущерб от пожара;
- загазованность территории;
- угроза обрушения строительных и технологических конструкций;
- разлив на больших территориях ЛВЖ и ГЖ;
- территориальные особенности;
- наличие большого слоя сажи, золы, пара и дыма [10].

### **Заключение**

Методика использования БАС по установлению очагов пожара с помощью комплекса ориентированных программ на ОНК при проведении пожарно-технической экспертизы позволяет повысить качество непосредственного восприятия объекта осмотра с целью установления очагов пожара (обстановки происшествия).

Данная методика позволяет повысить результативность осмотра места пожара и тем самым снизить вероятность проведения дополнительного и повторного осмотров. Также с помощью данной методики возможно снижение времени реагирования на проведение осмотра места пожара, что позволяет сохранить первоначальное состояние обстановки и объектов осмотра, а также получить максимальный объем информации о пожаре. Таким образом, появляются дополнительные возможности по повышению оперативности, результативности и совершенствованию основных принципов осмотра места пожара на ОНК.

### **Список источников**

1. Шаров В.Д., Елисеев Б.П., Поляков П.М. Об управлении безопасностью полетов при эксплуатации беспилотных авиационных систем // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2021. Т. 24. № 3. С. 42–56. DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-3-42-56.
2. Давиденко А.С., Родионов А.А. Применение беспилотных авиационных систем в интересах пожарной охраны // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. М., 2020. С. 152–158.

3. Бусыгин А.Э. Повышение живучести беспилотных воздушных судов // Научно-практические исследования. 2020. № 8-3 (31). С. 20–31.
4. Литвинов Ю.Г., Керибаева Т.Б. Анализ видов и методов управления беспилотных летательных аппаратов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естественные и технические науки. 2021. № 3. С. 135–138. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.03.23.
5. Возможности беспилотных летательных аппаратов при расследовании пожаров / А.С. Давиденко [и др.] // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. 2021. С. 50–52.
6. Короленко В.В., Стрижанов И.И., Емцова И.А. Концепция оценки экономической эффективности интегрированной логистической поддержки беспилотных летательных аппаратов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. № 20. С. 190–199. DOI: 10.24412/2500-4352-2021-20-190-199.
7. Расследование и экспертиза пожаров: учеб. / М.А. Галишев [и др.]; под общ. ред. Б.В. Гавкалюка. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2021. 440 с.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666883. Распознавание области горения по черно-белому статическому изображению, полученному с борта беспилотного воздушного судна / А.В. Лупанова, А.С. Давиденко, М.Ю. Порхачев, А.В. Калач, С.В. Шарапов. Номер заявки: 2021666017; зарег. 15.10.2021; опубл. 21.10.2021.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669105. Распознавание области горения с борта беспилотного воздушного судна на основе анализа электромагнитного излучения / С.В. Шарапов, А.В. Лупанова, А.В. Калач, М.Ю. Порхачев, А.С. Давиденко. Номер заявки: 2021668660; зарег. 24.11.2021; опубл. 24.11.2021.
10. Салмина С.Г., Негодуйко В.Ю. Особенности и проблемы организации деятельности органов предварительного расследования при раскрытии и расследовании дел о пожарах на объектах нефтегазового комплекса // Евразийский юридический журнал. 2019. № 1 (128). С. 344–347.

## References

1. Sharov V.D., Eliseev B.P., Polyakov P.M. Ob upravlenii bezopasnost'yu poletov pri ekspluatatsii bespilotnyh aviacionnyh sistem // Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviacii. 2021. T. 24. № 3. S. 42–56. DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-3-42-56.
2. Davidenko A.S., Rodionov A.A. Primenenie bespilotnyh aviacionnyh sistem v interesah pozharnoj ohrany // Pozharotushenie: problemy, tekhnologii, innovacii: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M., 2020. S. 152–158.
3. Busygin A.E. Povyshenie zhivuchesti bespilotnyh vozdushnyh sudov // Nauchno-prakticheskie issledovaniya. 2020. № 8-3 (31). S. 20–31.
4. Litvinov Yu.G., Keribaeva T.B. Analiz vidov i metodov upravleniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Ser.: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2021. № 3. S. 135–138. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.03.23.
5. Vozmozhnosti bespilotnyh letatel'nyh apparatov pri rassledovanii pozharov / A.S. Davidenko [i dr.] // Monitoring, modelirovanie i prognozirovanie opasnyh prirodnyh yavlenij i chrezvychajnyh situacij: sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2021. S. 50–52.
6. Korolenko V.V., Strizhanov I.I., Emcova I.A. Konceptsiya ocenki ekonomicheskoy effektivnosti integrirovannoj logisticheskoy podderzhki bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika. 2021. № 20. S. 190–199. DOI: 10.24412/2500-4352-2021-20-190-199.
7. Rassledovanie i ekspertiza pozharov: ucheb. / M.A. Galishev [i dr.]; pod obshch. red. B.V. Gavkalyuka. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2021. 440 s.
8. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2021666883. Raspoznvanie oblasti goreniya po cherno-belomu staticheskomu izobrazheniyu, poluchennomu s borta

bespilotnogo vozdušnogo sudna / A.V. Lupanova, A.S. Davidenko, M.Yu. Porhachev, A.V. Kalach, S.V. Sharapov. Nomer zayavki: 2021666017; zareg. 15.10.2021; opubl. 21.10.2021.

9. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2021669105. Raspoznavanie oblasti gorenija s borta bespilotnogo vozdušnogo sudna na osnove analiza elektromagnitnogo izlucheniya / S.V. Sharapov, A.V. Lupanova, A.V. Kalach, M.Yu. Porhachev, A.S. Davidenko. Nomer zayavki: 2021668660; zareg. 24.11.2021; opubl. 24.11.2021.

10. Salmina S.G., Negodujko V.Yu. Osobennosti i problemy organizacii deyatel'nosti organov predvaritel'nogo rassledovaniya pri raskrytii i rassledovanii del o pozharah na ob"ektah neftegazovogo kompleksa // Evrazijskij yuridicheskij zhurnal. 2019. № 1 (128). S. 344–347.

*Информация об авторах:*

**Антон Сергеевич Давиденко**, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: 9158384777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0700-1324>

*Information about the authors:*

**Anton S. Davidenko**, postgraduate of the faculty of training highly qualified personnel of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: 9158384777@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0700-1324>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 24.05.2022; одобрена после рецензирования: 24.06.2022; принята к публикации: 23.07.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 24.05.2022; approved after review: 24.06.2022; accepted for publication: 23.07.2022

УДК 004.942

## **МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

**Геннадий Николаевич Заводсков**<sup>✉</sup>.

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

<sup>✉</sup>[ncuks73@mail.ru](mailto:ncuks73@mail.ru)

*Аннотация.* Чрезвычайные ситуации возникают по ряду различных причин, таких как: негативное воздействие факторов различной природы, человеческий фактор, а также ошибки, допускаемые должностными лицами при принятии решений по оценке обстановки на ликвидации чрезвычайных ситуаций. Проведен анализ причин, в результате которых принимаются ошибочные решения на ликвидацию чрезвычайных ситуаций. Предложены модель и алгоритм поддержки принятия решений должностных лиц по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах водного транспорта. Использование предлагаемой модели позволит компенсировать возможные ошибки при принятии управленческих решений, то есть снизить вероятность принятия ошибочного решения, а также повысить уровень навыков и умений должностных лиц. Построена структурная схема модели, состоящая из модели совершения ошибок должностного лица, модели оказания воздействия на должностное лицо и модели адаптации воздействий на должностное лицо.

*Ключевые слова:* безопасность людей на водном транспорте, система поддержки принятия решений, модель и алгоритм поддержки принятия решения

**Для цитирования:** Заводсков Г.Н. Модель поддержки принятия решений для оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах водного транспорта // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 3 (63). С. 122–133.

## **DECISION SUPPORT MODEL FOR RISK ASSESSMENT OF EMERGENCIES AT WATER TRANSPORT FACILITIES**

**Gennady N. Zavodskov**<sup>✉</sup>.

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

<sup>✉</sup>[ncuks73@mail.ru](mailto:ncuks73@mail.ru)

*Abstract.* Emergencies arise for a number of different reasons, such as the negative impact of factors of various nature, the human factor, as well as mistakes made by officials when making decisions to assess the situation in emergency situations. The analysis of the reasons as a result of which erroneous decisions are made to eliminate emergency situations is carried out. The model and algorithm of decision support for officials on prevention and liquidation of emergency situations at water transport facilities are proposed. The use of the proposed model will compensate for possible errors in making managerial decisions, that is, reduce the likelihood of making an erroneous decision, as well as increase the level of skills and abilities of officials. A structural diagram of the model is constructed, consisting of a model of making mistakes of an official, a model of influencing an official and a model of adapting influences on an official.

*Keywords:* safety of people on water transport, decision support system, model and algorithm of decision support

**For citation:** Zavodskov G.N. Decision support model for risk assessment of emergencies at water transport facilities // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2022. № 3 (63). P. 122–133.

## Введение

В деятельности должностных лиц центра управления в кризисных ситуациях (ДЛ ЦУКС) территориального органа МЧС России, осуществляющих принятие решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) на водном транспорте, возникают проблемы, решение которых обусловлено своевременностью и правильностью принимаемых управленческих решений. От своевременности и правильности принятых решений зависят и временные, и материальные затраты на ликвидацию последствий происшествий (ЧС).

В ходе анализа причин возникновения решений, которые можно отнести к неправильным, выявлено, что причиной их возникновения могут быть как кадровые проблемы, то есть неукомплектованность подразделений личным составом, так и недостаточный опыт, недостаточная компетенция ДЛ и их психофизиологическое состояние, а также проблемы информационного обмена.

К недостаткам информационного обмена можно отнести:

- невозможность передачи сведений в режиме онлайн, то есть на каждом уровне необходимо время на сбор, обработку и обобщение для передачи ее дальше;
- невозможность расширить диапазон показателей в связи с высокими трудозатратами на сбор и обработку информации в ручном режиме;
- человеческий фактор, то есть ошибки при сборе и обобщении информации;
- крайне проблематично наращивать и хранить легко читаемые архивы информации.

ДЛ ЦУКС в условиях ограниченного времени должны производить сбор, анализ и обработку поступающей информации в области предупреждения и ликвидации последствий ЧС на водном транспорте. Обработка поступающей информации в сжатые временные сроки приводит к тому, что ДЛ при проведении соответствующих расчетов могут совершать ошибки, которые могут привести к неправильной оценке обстановки, а также не обоснованным решениям. Необходимо учитывать, что ДЛ сталкиваются с проблемой оптимального выбора решения из нескольких вариантов [1].

Решение принимается на основе оценки рисков возникновения ЧС [2]. В соответствии с требованиями нормативных документов [3–4] оценка риска возникновения ЧС на объектах водного транспорта представляет собой сложный процесс, который охватывает такие подпроцессы, как идентификация риска, анализ риска и сравнительная оценка риска. Сравнительная оценка риска является основой поддержки принятия решения.

Таким образом, современные реалии требуют всестороннего комплексного подхода к оценке риска, который позволит ДЛ ЦУКС принимать правильные решения. Решение проблем, возникающих в данной ситуации, возможно путем применения информационно-управляющих систем.

Возникает необходимость разработки их моделей, алгоритмов и методик, реализующих процессы поддержки деятельности ДЛ.

Цель работы состоит в разработке модели и алгоритма поддержки принятия решений, которые позволят оценивать риски ЧС природного и техногенного характера на объектах водного транспорта, а также будут отражать процесс функционирования ДЛ с применением системы поддержки принятия решений (СППР), с учетом уровня их подготовки и личностных особенностей.

### Результаты исследования и их обсуждение

С учетом особенностей принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС на объектах водного транспорта, уровня подготовки ДЛ, принимающих решения, и их психофизиологических особенностей в СППР необходимо обеспечить учет влияния как уровня подготовки, так и особенностей лиц, принимающих решения (ЛПР), на сам процесс принятия решения.

Учет данных особенностей можно реализовать через анализ и оценку принимаемых решений, направленных на предупреждение и ликвидацию ЧС на объектах водного транспорта.

Результаты анализа и оценки позволяют выявить возможные ошибки, допускаемые ДЛ, выработать процедуры соответствующих воздействий на ДЛ, учитывающие их личностные особенности и возможные совершения ошибок при принятии решений, а также реализовать соответствующую адаптацию вырабатываемых воздействий.

В связи с этим предлагается реализовать в СППР модель поддержки принятия решений для оценки рисков ЧС природного и техногенного характера на объектах водного транспорта ДЛ ЦУКС. Данная модель носит комплексный характер, так как включает в свой состав отдельные взаимосвязанные модели, позволяющие производить анализ и оценку принимаемых решений и вырабатывать различные воздействия на ДЛ.

Структура предлагаемой модели представлена на рис. 1.

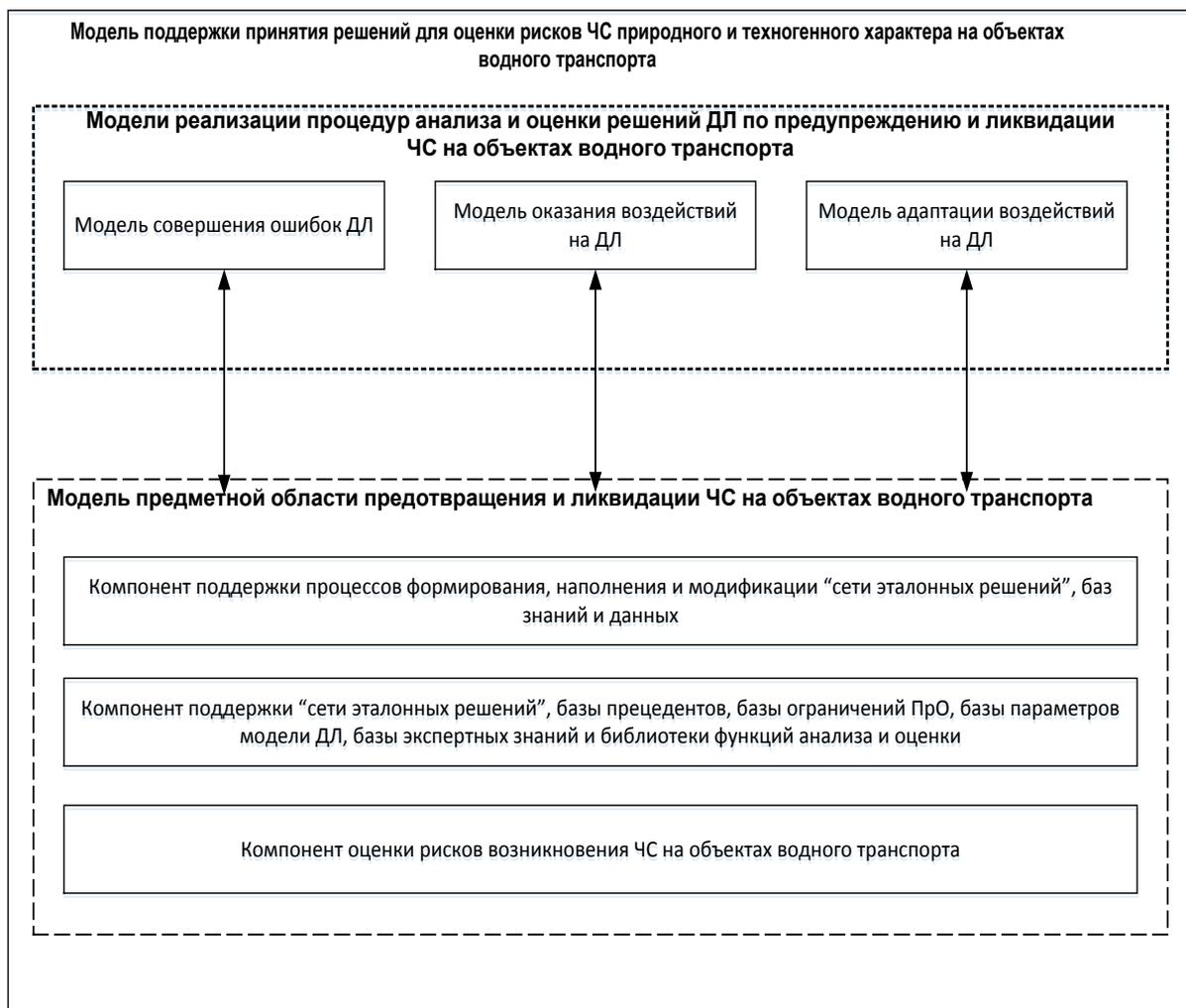


Рис. 1. Структура модели:  
ПрО – предметная область

Основное назначение разрабатываемой модели заключается в возможности учета ошибок ДЛ при принятии решений. Поэтому предлагается использовать совокупность моделей, в которых будут реализованы соответствующие процедуры, позволяющие учесть возможность допущения ошибок, выработать процедуры воздействия на ДЛ на основе выявленных ошибок и обеспечить адаптацию этих воздействий при принятии решений ДЛ.

Необходимо учитывать, что также должны быть предварительно сформированы соответствующие сети так называемых эталонных решений, базы прецедентов, базы возможных ограничений предметной области, экспертные базы знаний и выбраны модели оценки рисков и реализации процесса поддержки принятия решений.

Принимаемые решения должны учитывать влияние среды на систему, фактические и потенциальные последствия для подсистем и суперсистемы, а также уровень подготовки ДЛ в данной предметной области и его личностные особенности.

Модель совершения ошибок ДЛ является составной частью модели поддержки принятия решений, которая позволяет осуществить выявление отклонений у ДЛ от «эталонных решений» и обеспечить учет как уровня подготовки ДЛ, так и его психофизиологических (личностных) особенностей. Описание данной модели представлено в работе [2].

Предлагаемая модель позволяет обеспечить выявление ошибок в различных режимах работы ДЛ и выработать рекомендации по их компенсации.

Компенсация возможных ошибок возможна при организации соответствующего воздействия на ДЛ. Эти воздействия учтены в СППР при реализации в ней модели оказания воздействий на ДЛ.

Суть модели заключается в том, что в СППР предусматривается возможность оказания воздействия на ДЛ с целью компенсации возможных отклонений (ошибок) от правильной траектории принятия решения. В общем случае сами процедуры такого воздействия могут быть как априорными, так и апостериорными. Они должны обеспечивать избирательное воздействие на ДЛ в зависимости от того, какова причина принятия ошибочного решения.

Априорные воздействия означают, что данные процедуры должны обеспечивать повышение интеллектуальных возможностей ДЛ, которое будет заключаться в возможности исключения (обхода) ошибок. При реализации процедур предполагается использование эвристического вывода. Фактически это означает создание и задействование механизмов так называемой «положительной обратной связи».

Сами процедуры, естественно, должны функционировать перед тем, как ДЛ приступит к решению определенной задачи предупреждения и ликвидации последствий ЧС на объектах водного транспорта или же в ходе решения соответствующей задачи. Но самое главное – до момента совершения ошибки ДЛ.

Вторым видом процедур воздействия являются процедуры апостериорного воздействия. В отличие от рассмотренных выше, данные процедуры предполагают реализацию воздействия уже после того, как ДЛ, принимающим решение, совершена ошибка. Естественно, данная ошибка должна быть обнаружена системой. А само воздействие будет заключаться в том, что допущенная ошибка должна быть устранена при решении конкретной задачи и не должна допускаться ДЛ в будущем при решении задач подобного класса. Данный механизм получил название «отрицательная обратная связь».

Перечисленные процедуры воздействия по-разному влияют на ДЛ, но в то же время позволяют оказывать корректирующее воздействие на уровень знаний и умений ДЛ и тем самым повышать уровень его компетентности при решении определенного класса задач.

Содержание процедур априорного и апостериорного воздействия представлено на рис. 2.

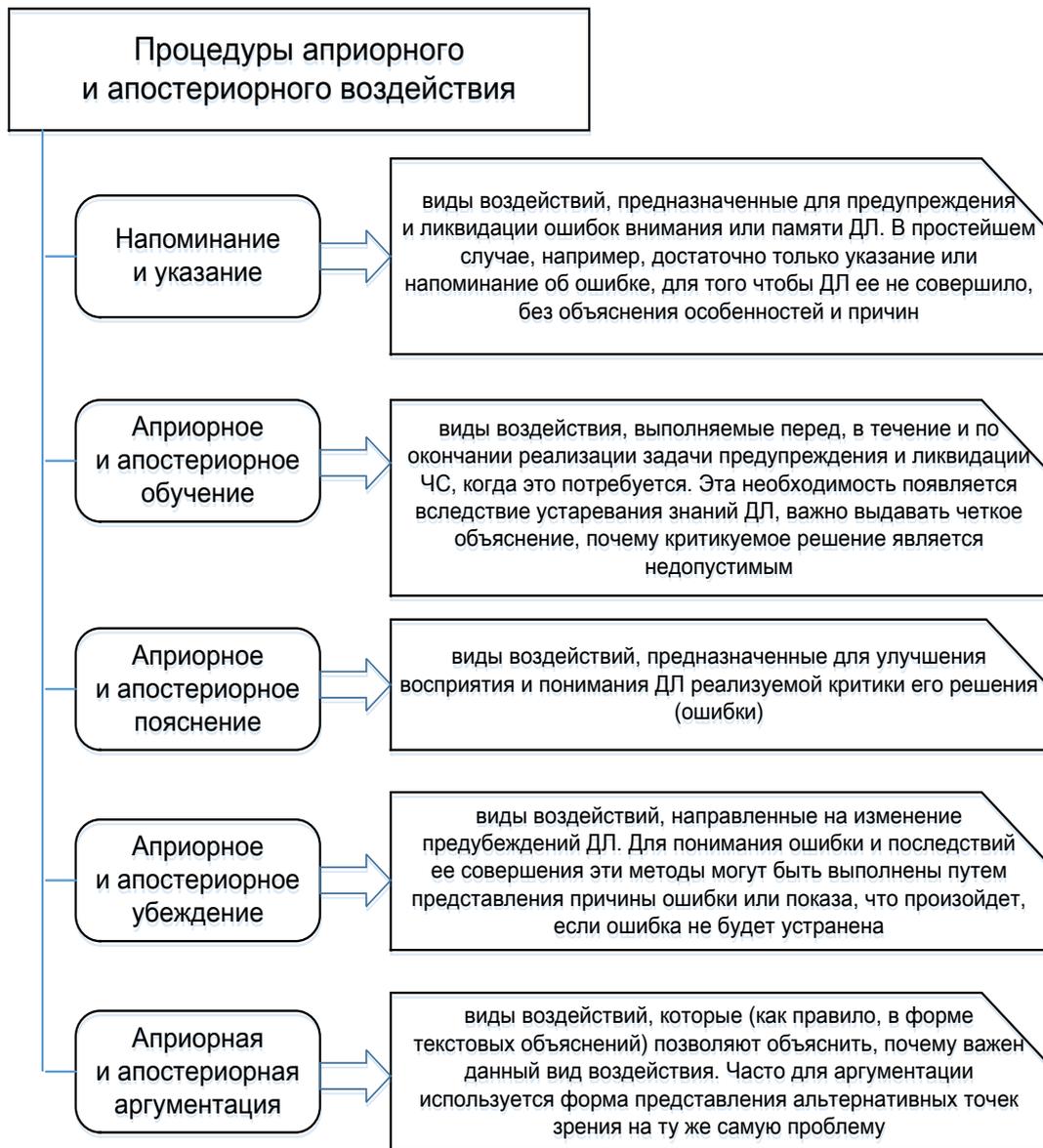


Рис. 2. Содержание процедур априорного и апостериорного воздействия

С учетом приведенных выше положений и особенностей, присущих задачам принятия решений по предупреждению и ликвидации последствий ЧС на объектах водного транспорта, можно сформировать схему выполнения процедур воздействия на ДЛ ЦУКС при решении задач данного типа.

Вариант сформированной процедуры воздействия представлен на рис. 3.

Принятие ДЛ решения предполагает последовательное решение ряда задач (Задача 1, Задача 2, Задача 3 и т.д.). Каждая задача характеризуется моментами ее начала и окончания. Момент начала решения соответствует началу анализа исходных данных для данной конкретной задачи, момент окончания решения – фиксации результата решения. Фиксация может осуществляться как на каком-либо носителе информации, так и в прикладной программе, если она разработана для данной задачи.

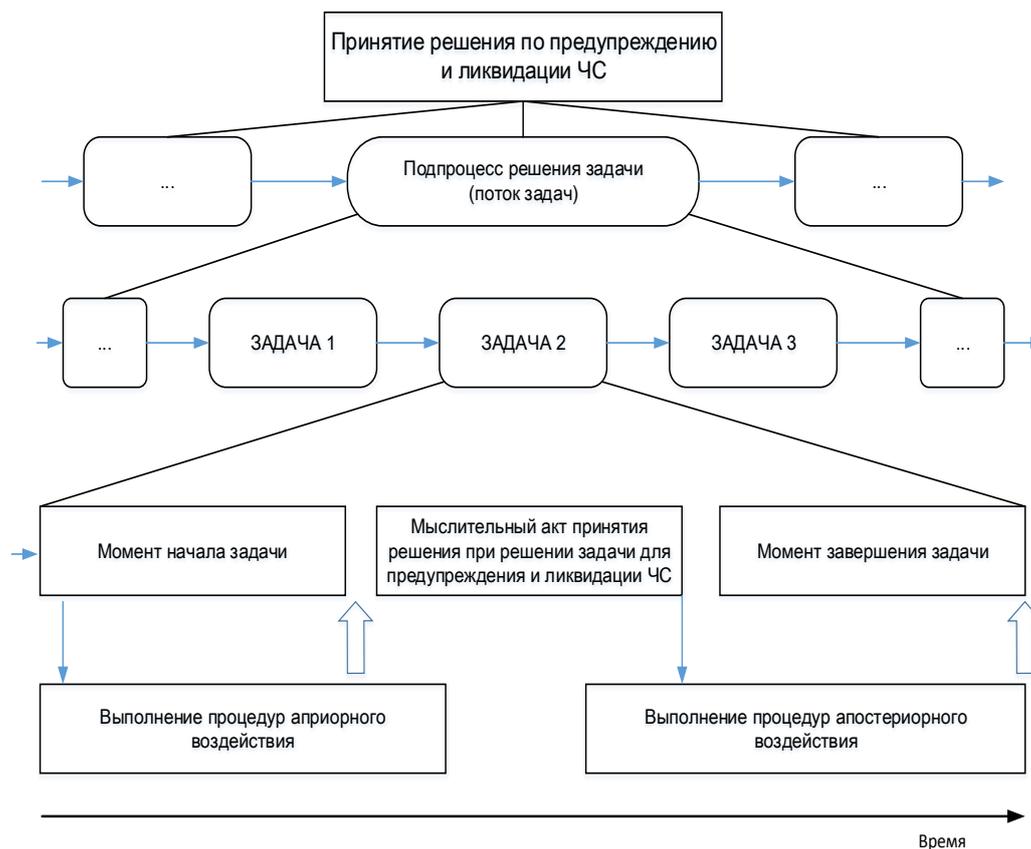


Рис. 3. Схема процедуры воздействия на ЛПР

Центральным этапом решения задачи предупреждения и ликвидации последствий ЧС на объектах водного транспорта является так называемый «мыслительный акт» ЛПР при решении одной задачи потока (подзадачи). Данный акт является подпроцессом своего суперпроцесса, в роли которого выступает подпроцесс принятия решения по решению потока задач, который имеет в качестве суперпроцесса само принятие решения по предупреждению и ликвидации ЧС.

При этом процедуры воздействия на ДЛ могут быть реализованы различными способами.

Предлагается выделить четыре способа, с помощью которых можно реализовывать процедуры воздействия.

Первый способ – процедура воздействия формируется либо в текстовом, либо в гипертекстовом виде, или в виде мультимедийного сообщения. ДЛ при этом воспринимает и анализирует данное сообщение и может изменить свои предпочтения, чтобы не допустить ошибку.

Второй способ – процедура воздействия представляет собой демонстрацию ДЛ так называемых прецедентов. То есть демонстрируется ДЛ вариант подобного ЧС (случай или событие), имевшее место в прошлом, вариант правильных принятых в этом случае решений, и эти варианты могут служить примером или основанием для принятия решения в данной ситуации.

Третий способ – выборка из базы знаний и данных зон допустимых и недопустимых решений при конкретной ЧС. Данные зоны определяются на основании требований руководящих документов по допустимым уровням риска, на основании имеющихся у ДЛ ресурсов сил и средств и т.п.

Четвертый способ – основан на формировании видео и звукового ряда (мультимедийное сообщение) с элементами анимации, применении 3D моделей, ускорения или замедления показа и т.д.

Таким образом, разработанная модель оказания воздействия на ДЛ при реализации ее в СППР позволит ДЛ ЦУКС управлять рисками с учетом использования специальных средств и методов воздействия, которые минимизируют, а в идеальном случае – позволяют полностью избежать ошибок при принятии решений.

Выявление ошибок в действиях ДЛ и выработка соответствующих процедур воздействия не позволяют в полной мере гарантировать выработку правильного решения. Для того, чтобы механизм воздействия на конкретное ДЛ был адекватным сложившейся ситуации и выявляемым ошибкам, в комплексную модель реализации процедур анализа и оценки решений ДЛ по предупреждению и ликвидации ЧС на объектах водного транспорта необходимо ввести ряд механизмов, которые могут обеспечить адаптацию процедур воздействия как на уровне приобретения ДЛ необходимых знаний, так и на уровне учета его личностных особенностей.

Определяющую роль при этом играет выбранный механизм реализации процедур воздействия.

В самом общем виде системную модель такого воздействия можно представить в виде модифицированной модели «черного ящика» [5–7] (рис. 4).

ДЛ представляется в виде «черного ящика», что означает, что порядок функционирования его нам не известен в полной мере.

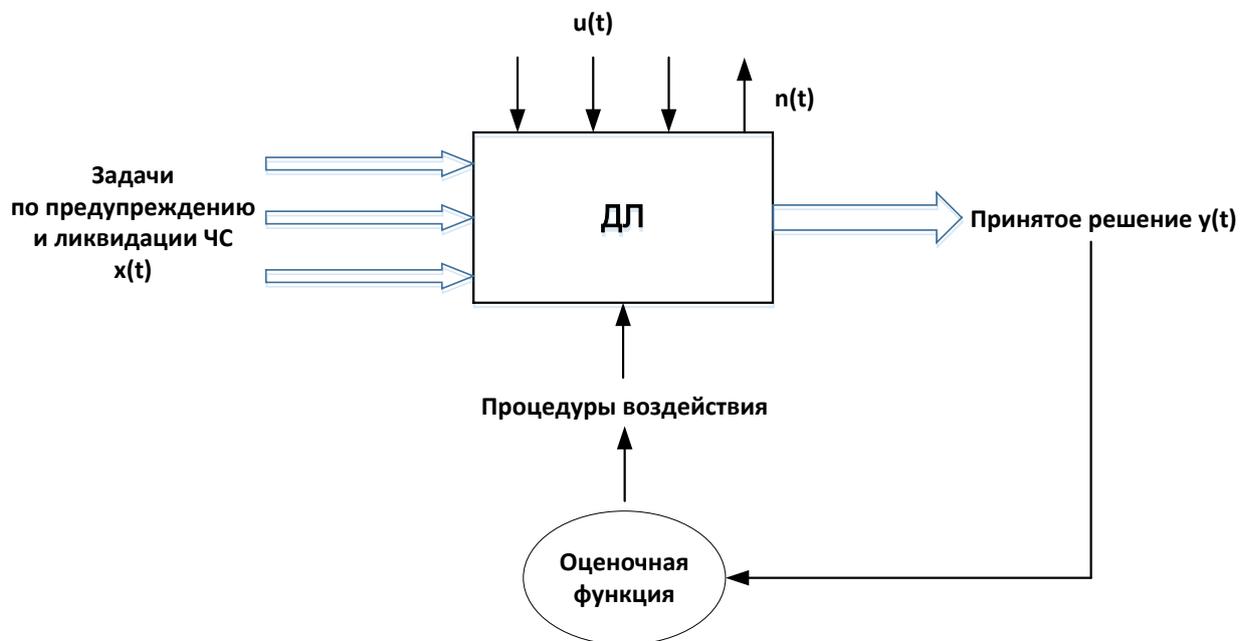


Рис. 4. Общий порядок адаптации воздействий

Составной частью предлагаемой модели является оценочная функция, которая и определяет набор процедур воздействия. Содержание оценочной функции заключается в определении веса (тяжести) ошибки, совершенной ДЛ.

При расчете значения оценочной функции предполагается, что сначала определяется процедура воздействия, потом происходит воздействие на ДЛ, а далее наблюдается реакция ДЛ, выполняющего задачу, на это воздействие. Так как на временной оси момент воздействия и реакция ДЛ будут разнесены во времени, то применить адаптированное воздействие будет возможно только при последующем выполнении такой же (или подобной) задачи.

Для решения данного класса задач ряд специалистов предлагает применять методы самоорганизующихся систем управления [8–10].

С точки зрения уменьшения неопределенностей, которые могут приводить к ошибкам, а также обеспечения качества вырабатываемых управляющих воздействий, необходимо осуществлять последовательное наблюдение входных параметров  $x(t)$  и соответствующих им выходных реакций (то есть принятых решений)  $y(t)$ . Порядок функционального взаимодействия модели адаптации воздействий, модели совершения ошибок и модели оказания воздействий представлены на рис. 5.

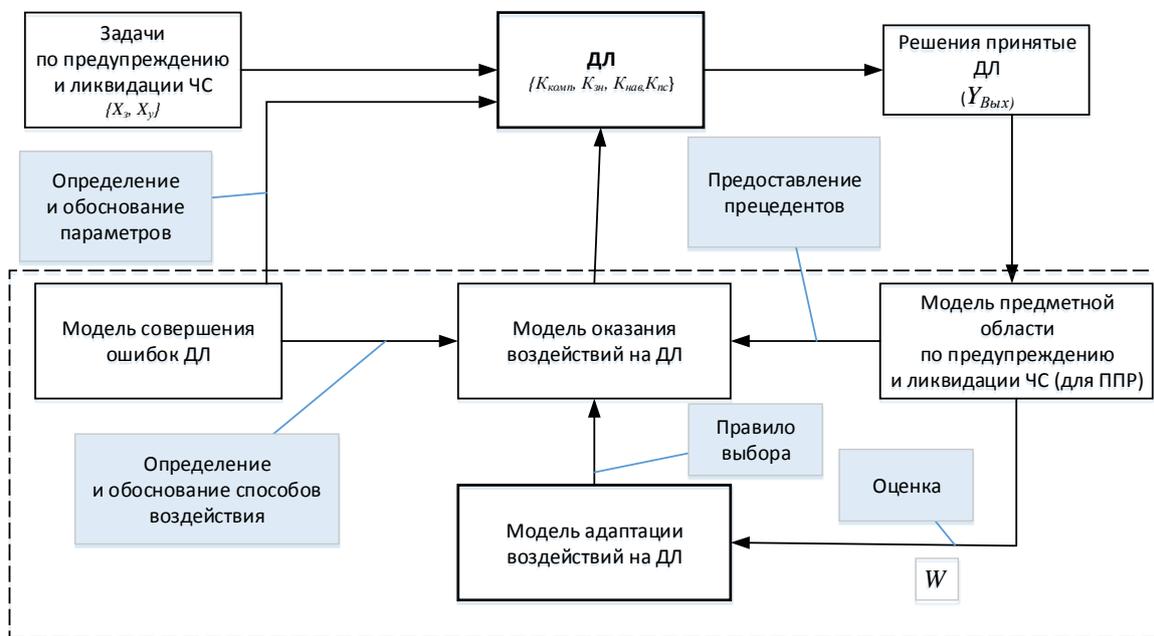


Рис. 5. Взаимодействие модели оказания воздействий: ППР – поддержка принятия решений

Формальная модель обеспечения режима адаптации может быть представлена следующим образом [11, 12].

ДЛ можно представить стохастическим нелинейным динамическим объектом. На вход данного объекта поступает множество задач  $x(t)$  по предупреждению и ликвидации последствий ЧС на объектах водного транспорта. Данное множество задач представляет собой информационный поток, который описывается множеством  $\{X_z, X_y\}$ , где  $X_z$  – представляет собой множество конкретных задач по предотвращению и ликвидации ЧС на объектах водного транспорта, которые решает ДЛ;  $X_y$  – множество ограничений (условия выполнения задачи).

Опираясь на условия и требования конкретной задачи и присущие ее решению ограничения, ДЛ вырабатывает решения  $y(t)$ , составляющие множество решений  $Y_{вых}$ .

Эти решения в общем случае представляют собой формализованный информационный поток и должны оцениваться на степень их соответствия сложившейся ситуации предметной области с помощью соответствующей процедуры оценки. Назовем ее процедурой обнаружения отклонений. На выходе может быть множество решений, соответствующих одной или нескольким ситуациям. При этом по результатам анализа решений каждому из них присваивается конкретная оценка  $W$  с учетом их соответствия конкретной ситуации предметной области.

ДЛ, принимающее решение, характеризуется конкретным набором компетенций, знаний и навыков  $\{K_{комп}, K_{зн}, K_{нав}\}$ , сформированных при его подготовке по должностному предназначению, а также индивидуальными психологическими характеристиками  $K_{нс}$ . Эти характеристики и определяют склонность ДЛ к совершению ошибок.

Модель адаптации воздействий при принятии решений в процессе предупреждения и ликвидации ЧС на объектах водного транспорта будет реализована на основе функционально-адаптивной самоорганизующейся системы [11–13].

Проведенный анализ показал, что для решаемой в данной работе задачи приемлемым по уровню сложности и учитывающим множество поведенческих способов ДЛ является класс алгоритмов, основанный на применении методов обучения с подкреплением. Понятие «обучение» в данном случае применяется в трактовке понятия интерполяции или фактически – построение алгоритмов неявным образом. Достоинством метода является то, что он может быть реализован способом проб и ошибок без использования каких-либо априорных знаний о решаемой задаче. А это означает, что не требуется обширной априорной информации об объекте управления, а необходимо лишь знание о начальных условиях решения задачи.

Понятие «подкрепление» взято специалистами области управления из поведенческой психологии. Данное понятие обозначает два случая – награду или наказание за некоторый получившийся результат. При этом предполагается, что результат зависит не только от самих принятых решений, но и внешних, не обязательно подконтрольных ДЛ, факторов. Тогда под обучением будем понимать поиск способов достичь желаемого результата методом проб и ошибок, то есть попыток решить задачу с использованием накопленного опыта для повышения качества принимаемых решений в будущем.

Для решения задачи предлагается использовать метод стохастического автомата (метод автомата Макларена).

Таким образом, можем сформулировать алгоритм реализации функции адаптации с обучением. Схема реализации одной итерации данного алгоритма представлена на рис. 6.

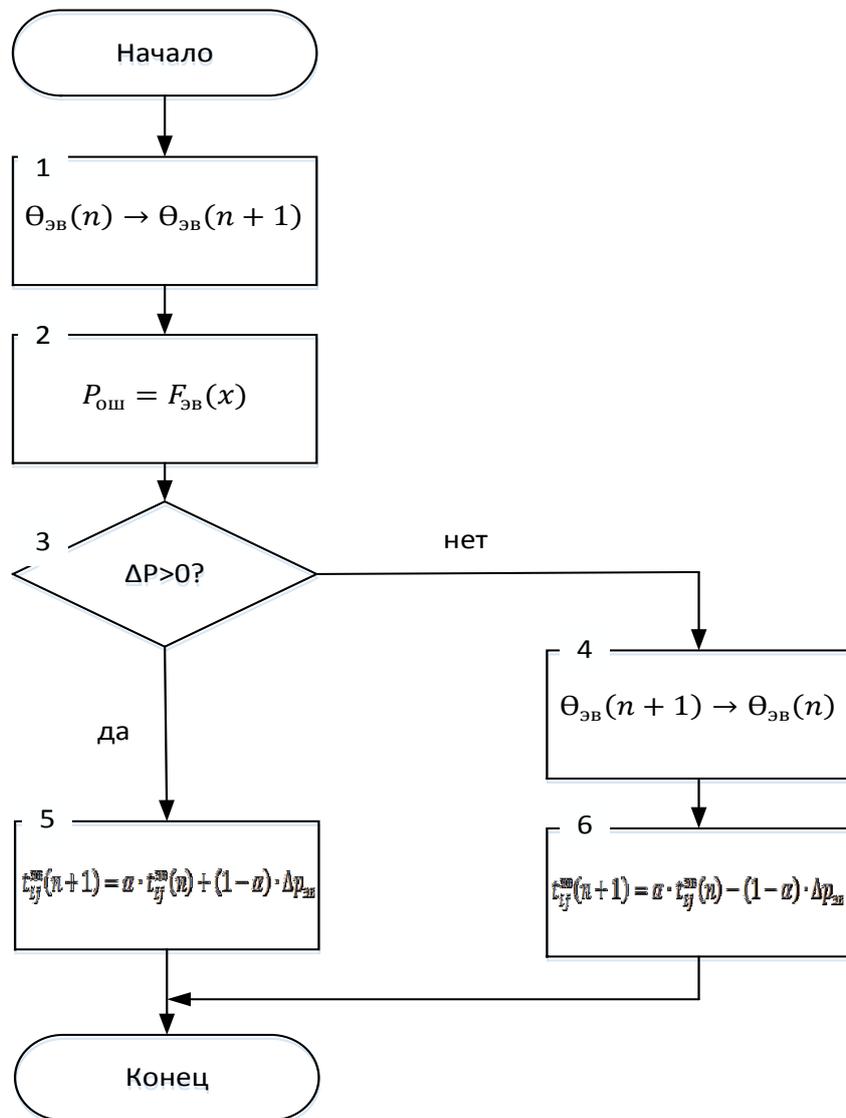


Рис. 6. Схема алгоритма реализации одной итерации адаптации с обучением

Охарактеризуем кратко функции, реализуемые блоками алгоритма.

Из начального состояния  $n$  стохастический автомат переходит в состояние  $(n+1)$  (из состояния  $\Theta_{ЭВ}(n)$  в состояние  $\Theta_{ЭВ}(n+1)$ ). Данное состояние определяет, какое будет воздействие на ДЛ. Описанная функция реализуется в блоке № 1.

Далее, в блоке № 2 осуществляется оценка ( $P_{ош} = F_{ЭВ}(x)$ ) того, как ДЛ реагирует на воздействие.

В блоке № 3 реализуется оценка воздействия. Если происходит уменьшение вероятности принятия ДЛ ошибочного решения (то есть оценка качества обучения является положительной – ( $\Delta p > 0$ ), то осуществляется переход на блок № 5, в модели происходит перерасчет (модификация) значений матрицы переходных вероятностей в соответствии с выражением  $t_{ij}^{ЭВ}(n+1) = \alpha \cdot t_{ij}^{ЭВ}(n) + (1 - \alpha) \cdot \Delta p_{ЭВ}$  и, следовательно, матрица переводится в новое состояние, из которого и начнется работа модели на следующем шаге.

Если происходит увеличение вероятности принятия ДЛ ошибочного решения (то есть оценка качества обучения является отрицательной), то осуществляется возврат модели в предыдущее состояние  $\Theta_{ЭВ}(n+1) \rightarrow \Theta_{ЭВ}(n)$  (блок № 4), а далее в блоке № 6 осуществляется модификация значений матрицы в соответствии с выражением  $t_{ij}^{ЭВ}(n+1) = \alpha \cdot t_{ij}^{ЭВ}(n) - (1 - \alpha) \cdot \Delta p_{ЭВ}$  и следующий шаг функционирования модели будет производиться из этого нового состояния.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1) Модель адаптации воздействий на ДЛ при принятии решений в процессе предупреждения и ликвидации ЧС на объектах водного транспорта основана на использовании аппарата самоорганизующихся систем, а в частности на основе механизма обучения стохастического автомата с переменной структурой.

2) В модели адаптации воздействий на ДЛ реализован алгоритм обучения с подкреплением.

3) Допустимые значения внутренних состояний автомата, которые определяют выходы модели, формируются на основе модели совершения ошибок и процедур оказания влияния на ДЛ. Следовательно, начальное состояние автомата и функции перехода формируются на основе модели совершения ошибок ДЛ.

### Заключение

Разработана модель и алгоритм поддержки принятия решений для оценки рисков возникновения ЧС природного и техногенного характера на объектах водного транспорта и ликвидации их последствий, включающий в себя модель совершения ошибок ДЛ, модель оказания воздействий на ДЛ, модель адаптации воздействий на ДЛ.

Предлагаемая модель позволяет обеспечить выявление ошибок в различных режимах работы ДЛ и выработать рекомендации по их компенсации. Компенсация возможных ошибок возможна при организации соответствующего воздействия на ЛПР.

### Список источников

1. Дроздов А.П., Песков Р.И. Проблемы информационного обеспечения в единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Human Progress. 2017. Т. 3. № 3. С. 7.

2. Щетка В.Ф., Заводсков Г.Н. Модель ошибок должностных лиц при принятии решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 1. С. 106–118.

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (дата обращения: 16.02.2022).

4. ГОСТ Р ИСО 31000–2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. Risk management. Principles and guidelines // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (дата обращения: 16.02.2022).

5. Антонова Г.М. Эволюция терминов «Черный ящик» и «Серый ящик» // Вестник МФЮА. 2012. № 1.

6. Prot O., Mercere G. Initialization of gradient-based optimization algorithms for the identification of structured state-space models // 18th World congress of international federation of automatic control. IFAC'11. Milano, Italy. 2011.

7. Liu Yi. Grey-box identification of distributed parameter systems // Doctoral thesis, automatic control department of signal, sensors and systems. Stockholm, Sweden: Royal institute of technology, 2005.

8. Егорова Т.Н. Управление самоорганизующимися системами – синергетический подход // Транспортное дело России. 2013. № 4. С. 22–23.

9. Флейшман Б.С. Системология, системотехника и инженерная экология // Кибернетика и ноосфера. М., 1986.

10. Василькова В.В. Порядок и хаос в развитии социальных систем: Синергетика и теория социальной самоорганизации. М.: Изд-во Лань, 1999.

11. Финаев В.И., Мажди Наср Аллах. Адаптивные автоматные системы управления: монография. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. 151 с.

12. Срагович В.Г. Теория адаптивных систем. М.: Наука, 1976. 320 с.

13. Finaev V.I., Glod O.D. Conceptual model of an adaptive trained control system by beforehand uncertain situational objects // Third european congress on intelligent techniques and soft computing. Aachen, Germany. 1995.

#### References:

1. Drozdov A.P., Peskov R.I. Problemy informacionnogo obespecheniya v edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij // Human Progress. 2017. T. 3. № 3. S. 7.

2. Shchetka V.F., Zavodskov G.N. Model' oshibok dolzhnostnyh lic pri prinyatii reshenij po preduprezhdeniyu i likvidacii chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tekhnogennogo haraktera // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2022. № 1. S. 106–118.

3. GOST R ISO/MEK 31010–2011. Menedzhment riska. Metody ocenki riska. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (data obrashcheniya: 16.02.2022).

4. GOST R ISO 31000–2019. Menedzhment riska. Principy i rukovodstvo. Risk management. Principles and guidelines // ELEKTRONNYJ FOND pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (data obrashcheniya: 16.02.2022).

5. Antonova G.M. Evolyuciya terminov «Chernyj yashchik» i «Seryj yashchik» // Vestnik MFYUA. 2012. № 1.

6. Prot O., Mercere G. Initialization of gradient-based optimization algorithms for the identification of structured state-space models // 18th World congress of international federation of automatic control. IFAC'11. Milano, Italy. 2011.

7. Liu Yi. Grey-box identification of distributed parameter systems // Doctoral thesis, automatic control department of signal, sensors and systems. Stockholm, Sweden: Royal institute of technology, 2005.

8. Egorova T.N. Upravlenie samoorganizuyushchimisya sistemami – sinergeticheskij podhod // Transportnoe delo Rossii. 2013. № 4. S. 22–23.

9. Flejshman B.S. Sistemologiya, sistemotekhnika i inzhenernaya ekologiya // Kibernetika i noosfera. M., 1986.

10. Vasil'kova V.V. Poryadok i haos v razvitii social'nyh sistem: Sinergetika i teoriya social'noj samoorganizacii. M.: Izd-vo Lan', 1999.

11. Finaev V.I., Mazhdi Nasr Allah. Adaptivnye avtomatnye sistemy upravleniya: monografiya. Taganrog: Izd-vo TTI YUFU, 2007. 151 s.
12. Sragovich V.G. Teoriya adaptivnyh sistem. M.: Nauka, 1976. 320 s.
13. Finaev V.I., Glod O.D. Conceptual model of an adaptive trained control system by beforehand uncertain situational objects // Third european congress on intelligent techniques and soft computing. Aachen, Germany. 1995.

*Информация об авторах:*

**Геннадий Николаевич Заводсков**, старший преподаватель кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ncuks73@mail.ru

*Information about authors:*

**Gennady N. Zavodskov**, senior lecturer of the department of system analysis and crisis management of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ncuks73@mail.ru

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 23.06.2022; одобрена после рецензирования: 25.08.2022; принята к публикации: 02.09.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 23.06.2022; approved after review: 25.08.2022; accepted for publication: 02.09.2022

---

---

## 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.

В последующем учебное заведение преобразовывалось и меняло свое название.

25 апреля 2022 г. в соответствии с Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина Санкт-Петербургскому университету ГПС МЧС России присвоено почётное наименование «имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева».

Учебным заведением за вековую историю подготовлено несколько десятков тысяч 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 Георгиевского креста, 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 имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Учебный процесс осуществляется по 891 дисциплине на 27 кафедрах. Университет осуществляет подготовку по разным формам обучения: очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий по программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации, переподготовку и повышение квалификации специалистов МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы кандидат технических наук, доцент Гавкалюк Богдан Васильевич.

Подготовка реализуется по 21 образовательной программе высшего образования, что является наибольшим количеством реализуемых программ среди образовательных организаций высшего образования МЧС России, и 83 программам дополнительного профессионального образования и профессионального обучения.

По программам специалитета в университете можно пройти обучение по таким направлениям подготовки, как: «Пожарная безопасность», «Горное дело», «Психология служебной деятельности», «Экономическая безопасность», «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Судебная экспертиза». По программам бакалавриата – «Техносферная безопасность», «Системный анализ и управление», «Психология», «Управление персоналом», «Государственное и муниципальное управление», «Юриспруденция». По программам магистратуры – «Техносферная безопасность», «Системный анализ и управление», «Государственное и муниципальное управление», «Юриспруденция».

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.

Укомплектованность научно-педагогическим составом, имеющим учёные степени и звания, составляет более 70 %, что позволяет университету занимать лидирующие позиции среди учебных заведений Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 55 докторов наук, 268 кандидатов наук, 46 профессоров, 150 доцентов.

В составе университета:

- 28 кафедр;
- 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. Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

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.

Институт активно участвует в разработке новых и совершенствовании существующих инструментальных методов и технических средств исследования и экспертизы пожаров, производстве судебных пожарно-технических экспертиз и исследованиях в области экспертизы пожаров, выполнении поисковых научно-исследовательских работ прикладного характера, выполнении поисковых научно-исследовательских работ по обеспечению безопасности в Арктическом регионе и проведении сертификационных испытаний, апробировании методик по стандартам ISO, EN и резолюциям IMO.

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. Ниш (Сербия).

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус. Он 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.

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет более 7 000 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.

Университет издает 7 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».

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».

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. Университет, осуществляя образовательную деятельность, обладает широкой локализацией на территории Российской Федерации, государств-участников Содружества Независимых Государств и других стран.

Большой интерес к обучению в университете проявляется со стороны иностранных граждан. В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. Только в период с 2016 по 2021 г. в университете прошли обучение по программам дополнительного профессионального образования 712 иностранных граждан, завершили обучение по программам высшего образования 468 иностранных граждан.

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.

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.

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-спасательному спорту (ПСС) 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 ПСС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по 18 видам спорта. 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.

К 75-летию со Дня Победы в Великой Отечественной войне и 30-летию МЧС России на территории учебного заведения был открыт музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся, сотрудники, гости университета могут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до высшего учебного заведения.

В федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева» созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов МЧС России.



---

---

# АВТОРАМ ЖУРНАЛА «ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ»

---

---

К публикации принимаются исследовательские и обзорные аналитические статьи, отвечающие профилю журнала, представляющие результаты завершеного научного исследования, выполненного на актуальную тему, обладающие научной новизной, имеющие практическое значение и теоретическое обоснование, оформленные в соответствии с требованиями.

Статья не должна быть ранее опубликованной и не поданной для рассмотрения в другие журналы. Все статьи проходят проверку в системе «Антиплагиат».

Статьи **обучающихся магистратуры, курсантов и студентов** принимаются **только в соавторстве с научным руководителем**.

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

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *заключением* об 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 – *заклучением* об отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) статья аспиранта (адъюнкта) или соискателя помимо вышеуказанных документов должна сопровождаться *отзывом научного руководителя*;

г) *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**;

д) *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 **15** страниц.

**3.** Оригинальность статей должна быть **не менее 70 %**.

**4. Текст статьи должен быть обязательно структурирован по разделам:**

### **Введение**

В разделе «Введение» проводится анализ состояния исследуемой проблемы по публикациям отечественных и зарубежных источников, на основании которого обосновывается актуальность исследования, формулируются цель и задачи исследования.

### **Методы исследования**

В разделе описываются применяемые в работе методы исследования, приводятся сведения об объектах исследования, измерительном оборудовании, описываются условия экспериментов и т.д. Возможно указание ссылок на работы с более подробным изложением методов, однако приводимого описания должно быть достаточно для понимания хода исследования.

При использовании стандартных (или известных) методов и процедур лучше сделать ссылки на соответствующие источники, не забывая описать модификации стандартных методов, если таковые имелись. Если же используется собственный новый метод, описание которого нигде ранее не было опубликовано, важно привести все необходимые детали. Если ранее описание метода было опубликовано в известном журнале, можно ограничиться ссылкой.

Допускается и иное название раздела, обусловленное спецификой исследования и подготовленной на его основе статьи, например «Материалы и методы исследования», «Модели и методы исследования», «Теоретические основы и методы расчета».

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В разделе в логической последовательности излагаются результаты исследования, которые подтверждаются таблицами, графиками, рисунками. Здесь же проводится анализ и интерпретация полученных результатов, описываются выявленные закономерности, подтверждается достоверность результатов, проводится сопоставление собственных результатов с данными других исследователей.

### **Заключение**

В разделе излагаются основные выводы, подводится итог проделанной работы, обосновывается научная новизна полученных результатов, приводятся научно обоснованные рекомендации по их использованию, определяются основные направления дальнейших исследований в данной области.

Заключение содержит главные идеи основного текста статьи, но не должно повторять формулировок, приведенных в предыдущих разделах.

Список литературы должен содержать **не менее 10 источников** (из которых **не менее 30 % зарубежных**).

**Для ОБЗОРНЫХ аналитических статей** допускается иная структура статьи:

1. Введение.
2. Аналитическая часть.
3. Заключение.

В разделе «Аналитическая часть» должен быть представлен критический анализ и критическое обобщение актуальной исследовательской проблемы по отечественным и зарубежным научным источникам (**не менее 25 источников**, из которых **не менее 50 % зарубежных**) с оценкой их научной новизны и оригинальности. Результаты критического анализа и обобщения должны быть подтверждены сравнительными таблицами, графиками, рисунками. В статье также должны быть отражены дискуссионные (проблематичные) вопросы.

Допускается разбиение разделов «Методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Аналитическая часть» на несколько логически связанных подразделов.

### **5. 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: УДК (универсальная десятичная классификация), **на русском и английском языках** название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); ФИО авторов (**не более трех**); место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

**Требования к аннотации.** Аннотация должна быть краткой, информативной, содержать цель работы, методы исследования, основные положения и результаты исследования (излагаются основные результаты теоретических и/или экспериментальных

исследований, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности), выводы с обоснованием научной новизны результатов. Аннотация может включать и другую информацию, уместную с точки зрения авторов, например, рекомендации по применению полученных результатов. Примерный объем аннотации **100–250 слов**.

#### **6. 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).

#### **7. 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.

#### **8. Оформление библиографии (списка литературы):**

Список литературы должен содержать **не менее 10 источников**, для *обзорных* аналитических статей – **не менее 25 источников**.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок, для обзорных аналитических статей – не менее 50 %.

В списке литературы должно быть не более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

#### *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.

#### **9. 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; ученую степень, ученое звание, почетное звание; адрес электронной почты; ORCID для каждого автора (<https://orcid.org/>).

*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.**

## ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 614.8

### МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ПОЖАРА

Сергей Петрович Иванов✉.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉spi78@mail.ru

*Аннотация.* 100–250 слов

*Ключевые слова:* 3–10 слов

**Для цитирования:** Иванов С.П. Метод оценки эффективности огнезащиты стальных конструкций на объектах нефтегазового комплекса в условиях открытого пожара // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 1 (61). С. 25–30. (ОФОРМЛЯЕТСЯ РЕДАКЦИЕЙ)

### METHOD FOR ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION OF STEEL STRUCTURES ON OBJECTS OF OIL AND GAS COMPLEX IN CONDITIONS OF OPEN FIRE

Sergey P. Ivanov✉. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉spi78@mail.ru

*Abstract.*

*Keywords:*

**For citation:** Ivanov S.P. Method for estimation of the efficiency of fire protection of steel structures on objects of oil and gas complex in conditions of open fire // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere.* 2022. № 1 (61). P. 25–30.

#### **Введение**

Текст, текст, текст

#### **Методы исследования**

Текст, текст, текст

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Текст, текст, текст

#### **Заключение**

Текст, текст, текст

**Список источников** (не менее 10 источников)

**References**

*Информация об авторах:*

**Сергей Петрович Иванов** – заместитель начальника научно-исследовательского института Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: spi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8513>

*Information about the authors:*

**Sergey P. Ivanov** – deputy head of the Research institute of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky Ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: spi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8513>

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 10.01.2022; одобрена после рецензирования: 03.02.2022;  
принята к публикации: 11.02.2022 (ОФОРМЛЯЕТСЯ РЕДАКЦИЕЙ)

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 10.01.2022; approved after review: 03.02.2022;  
accepted for publication: 11.02.2022

**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 имени Героя  
Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева»**

**Научно-аналитический журнал**

**Проблемы управления рисками в техносфере  
№ 3 (63)–2022**

**Подписной индекс № 16401 в электронном каталоге ГК «Урал-Пресс»**

**Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.**

Редактор П.А. Болотова

---

Подписано в печать 30.09.2022. Формат 60×84<sub>1/8</sub>.  
Усл.-печ. л. 18,00 Тираж 1000 экз. Зак. № 83

---

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