СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,

посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

Иваново, 21 октября 2026 г.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
посвященной празднованию 60-летия
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России**

ИВАНОВО, 21 ОКТЯБРЯ 2026 г.

MODERN FIREPROOF MATERIALS AND TECHNOLOGIES

Collection of materials from the IX International Scientific and Practical Conference
dedicated to the 60th anniversary of the Ivanovo Fire and Rescue Academy
of the State Fire Service of EMERCOM of Russia
Ivanovo, October 21, 2026.

Иваново 2026

УДК 614.8
ББК 38.96
С 56

С 56 **Современные пожаробезопасные материалы и технологии :** сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Иваново, 21 октября 2026 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2026. – 751 с.
ISBN 978-5-907764-34-7

В сборник включены материалы IX Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

В сборнике рассмотрены вопросы исследования пожарной опасности веществ и материалов, зданий и сооружений, разработки современных способов снижения пожарной опасности; современные научно-технические достижения в области разработки систем противопожарной защиты объектов, систем и средств пожарной безопасности и спасения людей; проблемные вопросы развития системы технического регулирования в области пожарной безопасности, совершенствования системы стандартизации и сертификации материалов и технологий.

This collection contains materials from the IX International scientific and practical conference «Modern Fire-Safe Materials and Technologies», held to mark the 60th anniversary of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia.

The collection addresses research into the fire hazards associated with substances, materials, buildings, and structures, as well as the development of modern methods for mitigating such hazards. It also covers contemporary scientific and technical advancements in the design of fire protection systems for facilities, along with equipment and technologies for fire safety and rescue operations. Furthermore, it explores challenges related to the evolution of the technical regulatory framework for fire safety, as well as the improvement of standardization and certification systems for materials and technologies.

Редакционная коллегия

канд. техн. наук, доцент **Д. Б. Самойлов** (председатель редколлегии),
канд. техн. наук, доцент **В. А. Комельков** (заместитель председателя редколлегии),
канд. техн. наук, доцент **В. Б. Бубнов,** канд. техн. наук, доцент **А. Х. Салихова,**
канд. хим. наук **Е. В. Баринова**
О. С. Чуприна

УДК 614.8
ББК 38.96

ISBN 978-5-907764-34-7

© Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2026

УДК 614.841.4

А. А. Абашкин, А. В. Голкин, И. Р. Хасанов, С. А. Зуев
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ ПРИ ГОРЕНИИ ЗДАНИЙ ИЗ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Представлены результаты натурных испытаний по оценке значений падающих тепловых потоков от горящего здания, выполненного из современных деревокомпозитных материалов. Проведена расчетная оценка безопасного противопожарного расстояния падающих тепловых потоков.

Ключевые слова: противопожарное расстояние; тепловой поток; здание из деревянных конструкций; расчетный метод; натурные испытания.

A. A. Abashkin, A. V. Golkin, I. R. Khasanov, S. A. Zuev

HEAT FLOWS DURING THE COMBUSTION OF BUILDINGS MADE OF WOODEN STRUCTURES

The results of full-scale tests to assess the values of incident heat fluxes from a burning building made of modern wood-composite materials are presented. A calculated assessment of the safe fire-resistance distance for incident heat fluxes has been carried out.

Key words: fire-fighting distance; heat flow; building made of wooden structures; calculation method; field tests.

Широкое внедрение новых строительных конструкций и материалов: клеёные деревянные панелей (CLT), брусья из клееного шпона (LVL) и др. способствует строительству деревянных зданий, в том числе многоэтажных [1]. Анализ особенностей пожаров в зданиях из деревянных конструкций показал высокий риск его распространения на соседние здания [2-6]. Приоритетными и наиболее надежными для пожарной безопасности при застройке деревянными зданиями представляется устройство противопожарных разрывов.

Основными параметрами при оценке безопасных противопожарных разрывов являются величина излучаемого теплового потока при пожаре и продолжительность облучения рядом стоящих зданий. При этом значения этих параметров не должны превышать критические значения воспламенения горючих конструкций соседнего объекта.

В связи с этим актуальными являются экспериментальная оценка тепловых потоков при горении здания, выполненного из современных деревянных конструкций материалов, и сравнение значений тепловых потоков с расчетными значениями, полученными по действующей нормативной методике расчета безопасных противопожарных расстояний [7].

© Абашкин А. А., Голкин А. В., Хасанов И. Р., Зуев С. А., 2026

В ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Оренбургский филиал) проведены полномасштабные натурные огневые эксперименты по изучению развития пожара в трехэтажном здании, выполненного из конструкций с использованием современных деревокомпозитных материалов. Объект испытания представлял собой фрагмент трехэтажного многоквартирного жилого дома с размерами в плане 12,75×10,35 м и высотой до уровня парапета 10,2 м. Несущие и ограждающие конструкции выполнены из CLT-панелей. Наружные стены с внешней стороны здания – стеновые CLT панели, без дополнительной отделки фасадной системой. Зажигание пожарной нагрузки был произведено в помещении первого этажа здания. Наблюдалось постепенное развитие пожара по этажам с вскрытием остекления и выходом пламени на фасад здания.

Падающий тепловой поток измерялся датчиками, установленными напротив фасада. Для оценки влияния температуры пламени на тепловые потоки, проводились соответствующие замеры температур на фасаде здания. Показания термопар в верхней части фасада здания над оконными проемами отмечали повышение температуры до 1000 °С.

Показатели датчика теплового потока, установленного на расстоянии 15 метров от верхней кромки окна помещения с очагом пожара, показали, что максимальные значения теплового потока на расстоянии 15 метров составили 7,32 кВт/м^2. Указанного потока тепла может быть достаточно для воспламенения в соседнем здании материалов из хлопка, например, оконных занавесок.

Противопожарные расстояния между жилыми и общественными зданиями принимаются в зависимости от степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности объектов в соответствии с требованиями СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям» [7]. Определение безопасных противопожарных расстояний можно также осуществить путем расчета падающих тепловых потоков по Методике в Приложении А к СП 4.13130.2013.

Расчетное безопасное противопожарное расстояние для рассматриваемого здания определялось по Методике [7]. Размеры излучающей поверхности (пламени) для зданий с наружными стенами из горючих материалов принимались исходя из полного охвата огнем наружной стены, обращенной к соседнему объекту защиты. Для рассматриваемого здания длина приведенная поверхность пламени составит – 10,35 м, а высота – 10,2 м.

При принятых исходных данных безопасное противопожарное расстояние на котором плотность потока не превысит 7,3 кВт/м^2 составило - 19,3 м, что приблизительно на 23% больше принятых в эксперименте - 15 м. Более низкое значения теплового потока, полученные в эксперименте, можно объяснить отсутствием одномоментного полного охвата пламенем всей поверхности фасадной стены.

Таким образом, сравнение результатов натурного огневого испытания и расчетного определения падающего потока от пламени пожара показало, что положения Методики [7] с обоснованным запасом позволяют определять безопасные противопожарные расстояния для деревянных зданий повышенной этажности без конструктивной защиты фасадных стен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хасанов И.Р. Особенности пожарной опасности зданий из деревянных конструкций // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2016. Т. 25. № 11. С. 51–60. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.51-60.

2. Хасанов И.Р., Зуев С.А., Фридрих О.А., Хатунцева С.Ю. Оценка эффективности нормативных расчетных методов при определении противопожарных расстояний от зданий из деревянных конструкций // Пожарная безопасность, 2025. № 2 (119). С. 97-105.

3. Cicione A., Walls R.S., Kahanji C. Experimental study of fire spread between multiple full scale informal settlement dwellings // Fire Safety Journal, 2019. Vol. 10. pp. 19–27.

4. Koker N., Walls R. S., Cicione A., Sander Z.R., Löffel S., Claasen J.J., Fourie S.J., Croukamp L., Rush D. Dwelling Large-Scale Experiment of Fire Spread in Informal Settlements // Fire Technology. 2020. Vol. 56. pp. 1599–1620.

5. Yu Wang, Lesley Gibson, Mohamed Beshir, David Rush. Determination of Critical Separation Distance Between Dwellings in Informal Settlements Fire // Fire Technology. 2021. Vol. 57. pp. 987–1014.

6. Cheng H., Hadjisophocleous G.V. Experimental study and modelling of radiation from compartment fires to adjacent buildings // Fire Safety Journal. 2012. Vol. 53. pp. 43–62.

7. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (с Изменением № 1). М.: МЧС России. 2020. 114 с.

УДК 614.841

С. М. Агапова, А. М. Мочалов
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМЕ ТОЛКОВАНИЯ УСЛОВИЙ, ПРИ КОТОРЫХ ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ СЧИТАЕТСЯ ОБЕСПЕЧЕННОЙ

В статье рассматриваются проблемы правового регулирования условий обеспечения пожарной безопасности объектов защиты в Российской Федерации. Анализируются изменения статьи 6 Федерального закона № 123-ФЗ и выявляются

© Агапова С. М., Мочалов А. М., 2026

возможные риски правовой неопределенности при ее применении. Обосновывается необходимость совершенствования законодательства с учетом комплексного характера требований пожарной безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, объект защиты, правовое регулирование, условия соответствия, технический регламент, требования пожарной безопасности.

S. M. Agapova, A. M. Mochalov

ON THE ISSUE OF THE PROBLEM OF INTERPRETING THE CONDITIONS UNDER WHICH FIRE SAFETY OF THE PROTECTED FACILITY IS CONSIDERED TO BE ENSURED

The article examines the problems of legal regulation of the conditions for ensuring fire safety of protected facilities in the Russian Federation. The changes to Article 6 of Federal Law No. 123-FZ are analysed, and possible risks of legal uncertainty in its application are identified. The need to improve the legislation, taking into account the comprehensive nature of fire safety requirements, is substantiated.

Key words: fire safety, protected object, legal regulation, compliance conditions, technical regulation, fire safety requirements

Законодательство в области пожарной безопасности Российской Федерации постоянно изменяется, с целью повышения эффективности мер, направленных на защиту жизни, здоровья и имущества граждан. Неотъемлемой частью этих изменений является вопрос обеспечения пожарной безопасности зданий. Так как условия соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности, установленные в статье 6 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» не коррелируют с положениями некоторых других нормативных правовых актов и документов по пожарной безопасности, возникает необходимость проанализировать некоторые термины, логически связанные с указанной статьей.

Для начала обратимся к понятию «обеспечение пожарной безопасности». Согласно п. 18 ГОСТ Р 22.0.05-2020, обеспечение пожарной безопасности – это принятие и соблюдение нормативных правовых актов, правил и требований пожарной безопасности, а также проведение противопожарных мероприятий [5]. Такая трактовка определения отражает комплексный подход к защите личности, имущества, общества и государства от пожаров. Оно включает три ключевых аспекта. Во-первых, это нормативное регулирование, которое выражается во всех нормативных правовых актах в области пожарной безопасности. Во-вторых, это соблюдение установленных правил и норм, установленных в вышеуказанных актах. В-третьих, это практическая реализация мер защиты, которые также регламентированы в нормативных документах в области пожарной безопасности. Такое же определение можно

встретить и в самой первой редакции ГОСТа, что говорит о неизменности формулировки данного понятия.

С обеспечением пожарной безопасности тесно связано такое понятие, как «обязательные требования пожарной безопасности». В Федеральном законе от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» оно определяется как специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также нормативными документами по пожарной безопасности [4]. Исходя из этого мы можем говорить, что данные требования устанавливаются на основе различных федеральных законов (№69-ФЗ или №123-ФЗ), подзаконных актов (постановлений Правительства РФ) и нормативных документов по пожарной безопасности (национальные стандарты РФ, своды правил и иные документы, содержащие требования к обеспечению пожарной безопасности).

Определения вышеуказанных понятий отсылают нас на все возможные нормативные документы в области пожарной безопасности. Тем самым регламентируя условия соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности. В самой первой редакции (от 22.07.2008 года) Федерального закона №123-ФЗ пожарная безопасность объекта защиты считалась обеспеченной, если в полном объеме выполнены обязательные требования пожарной безопасности, установленные федеральными законами о технических регламентах, а также пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом [3]. В редакции от 30.04.2021 года формулировка данной нормы немного изменилась и звучала следующим образом: пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при выполнении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом;

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", и нормативными документами по пожарной безопасности [2].

Несмотря на незначительное изменение, законодатель все также четко говорит о том, что, для обеспечения пожарной безопасности здания, руководителю объекта защита необходимо соблюдать требования всех нормативных документов в области пожарной безопасности. Однако действующая редакция этого не предусматривает. Она гласит, что при выполнении в полном объеме требований данного федерального закона, а также одного из условий (выполнены требования пожарной безопасности, содержащиеся в нормативных документах по пожарной безопасности; пожарный риск не превышает допустимых значений; выполнены требования

пожарной безопасности, содержащиеся в специальных технических условиях; выполнены требования пожарной безопасности, содержащиеся в стандарте организации; результаты исследований, расчетов и (или) испытаний подтверждают обеспечение пожарной безопасности объекта защиты) пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной [1]. Именно такая формулировка законодательной нормы вызывает ряд вопросов и проблем в области ее применения.

В основном условии обеспечения пожарной безопасности действующая редакция исключает из прямого перечня иные нормативные правовые акты в области пожарной безопасности. Во-первых, это может создать неопределенность относительно обязательности выполнения требований, содержащихся, например, в Правилах противопожарного режима в Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ № 1479 от 16.09.2020). Эти правила являются основополагающими для практической реализации мер пожарной безопасности на объектах. Их исключение из прямого упоминания может быть трактовано как отсутствие прямой обязанности их исполнения, что может привести к угрозе возникновения пожара.

Во-вторых, должностные лица, ответственные за пожарную безопасность, и руководители организаций могут начать трактовать «обеспечение пожарной безопасности» исключительно как выполнение требований, содержащихся в ФЗ №123. Такой подход может затруднять деятельность сотрудников контрольных (надзорных) органов. Так, например, если на объекте пожарный риск не будет превышать допустимых значений, установленных федеральным законом, а также в полном объеме будут выполнены требования того же закона, то теоретически пожарная безопасность объекта защиты будет считаться обеспеченной. Однако фактически на данном объекте могут быть выявлены существенные нарушения согласно федеральному закону №69-ФЗ. Тогда проверяющему органу в любом случае следует вынести предписание об устранении нарушений, что скорее всего вызовет непонимание и несогласие у руководителя организации.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что понятие «обеспечение пожарной безопасности» является многогранным и требует комплексного подхода, основанного на совокупности всех применимых нормативных правовых актов и документов в области пожарной безопасности. Изменения, вносимые в законодательство, должны служить цели его совершенствования и повышения эффективности. Однако, если формулировка статьи 6 федерального закона №123-ФЗ будет смещена в сторону сужения круга источников требований пожарной безопасности, это может привести к обратному эффекту.

Важно, чтобы законодатель, внося какие-либо изменения, учитывал необходимость сохранения целостности системы нормативного регулирования. Исключение из прямого перечня обязательных к исполнению документов, может создать серьезные проблемы для практической реализации требований

пожарной безопасности и стать источником правовой неопределенности, что недопустимо в сфере противопожарной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в действующей редакции).
4. Федеральный закон от 21.12.1994 №69-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «О пожарной безопасности».
5. ГОСТ Р 22.0.05-2020 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения».

УДК: 614.84

Т. М. Акулич, А. П. Смирнов
Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫЕ КОНСТРУКЦИИ (ЛСК) КАК ЗАЩИТА ОТ РАЗРУШЕНИЯ

Статья посвящена необходимости применение современных стандартов и технологий, направленных на повышение безопасности в зданиях, где существует вероятность взрыва. Одним из эффективных подходов к взрывозащите выступает применение легкосбрасываемых конструкций (ЛСК), предназначенных для уменьшения нагрузок на несущие ограждающие элементы. Рассматривается классификация легкосбрасываемых конструкций. Подробно раскрывается механизм срабатывания ЛСК. Обосновывается необходимость установки ЛСК на объектах с возможным возникновением взрывопожарной ситуации, характеризующейся выделением значительного объема энергии за короткий промежуток времени, что вызывает резкое повышение давления в объеме помещения и способствует разрушению объектов и травмированию людей.

Ключевые слова: конструкция, элемент, взрыв, давление, защита.

T. M. Akulich, A. P. Smirnov

LIGHTWEIGHT CONSTRUCTIONS (LWC) AS PROTECTION AGAINST DESTRUCTION

© Акулич Т. М., Смирнов А. П., 2026

Annotation. The article is devoted to the need to apply modern standards and technologies aimed at improving safety in buildings where there is a risk of explosion. One of the effective approaches to explosion protection is the use of easily relased structures (ERS), which are designed to reduce the loads on the load-bearing enclosing elements. The classification of easily relased structures is considered. The mechanism of ERS activation is described in detail. The necessity of installing LSK on facilities where an explosion or fire situation may occur is substantiated. Such a situation is characterized by the release of a significant amount of energy in a short period of time, which causes a sharp increase in pressure within the room and contributes to the destruction of objects and injury to people.

Keywords: structure, element, explosion, pressure, protection.

Современные стандарты в сфере строительства и эксплуатации диктуют необходимость внедрения передовых решений, которые не только выполняют функциональные задачи и являются экономически оправданными, но и существенно усиливают производственную защиту.

Особое значение приобретает применение технологий, направленных на повышение безопасности в зданиях, где существует вероятность взрыва. В данном случае защита от взрывов достигается в первую очередь за счет предотвращения самой возможности их возникновения, а также дополнительно предусматривается использование строительных методов для защиты сооружений.

Одним из эффективных подходов к взрывозащите выступает применение легкосбрасываемых конструкций (ЛСК), предназначенных для уменьшения нагрузок на несущие ограждающие элементы. В соответствии с нормами СП 4.13130.2013, помещения, относящиеся к категориям А и Б по взрывопожарной опасности, должны быть оборудованы наружными ЛСК.

Для оценки работоспособности таких систем необходимо проводить прогнозирование возможных последствий аварийных взрывов, причем главным показателем служат масштабы и характер повреждений ограждающих конструкций [1].

Основная роль данных конструкций сводится к реализации мер безопасности, направленных на уменьшение избыточного давления при взрыве. Важной составляющей модернизации современной инфраструктуры и объектов ЖКХ является поддержание их надежности и защищенности [2].

В производственных зонах при определенных обстоятельствах вследствие аварийных ситуаций и сбоев в функционировании технологических систем возможны взрывы, способные повредить строительные элементы и техническое оснащение. Взрывной процесс характеризуется выделением значительного объема энергии за краткий временной отрезок, что вызывает резкое повышение давления в объеме помещения. Чтобы избежать разрушения здания, в наружных стенах и кровельных покрытиях монтируют легкосбрасываемые конструкции.

Легкосбрасываемые конструкции представляют собой важнейший компонент системы взрывозащиты зданий. Их используют в помещениях, где вероятно образование взрывоопасных смесей и появление избыточного давления при взрыве.

Ошибочный подбор, либо отсутствие таких элементов, может обернуться серьезными повреждениями объекта, увечьями работников и крупными финансовыми убытками. Поэтому правила их проектирования, монтажа и эксплуатации жестко определены нормативной документацией.

По способу раскрытия проема различают **поворотные** варианты, которые представляют собой вращающуюся створку, открывающуюся наружу под действием избыточного давления за счет движения вокруг оси, а также **смещаемые.**

Обычно смещаемые ЛСК - это стеклопакеты определенной толщины, выпадающие наружу при воздействии давления. Такие устройства не требуют ручного открытия или дополнительных источников энергии, срабатывая исключительно от давления.

Легкосбрасываемые конструкции делятся на следующие **категории**:

– **разрушаемые** - при воздействии избыточного давления происходит нарушение целостности их материала;

– **смещаемые** - под давлением разрушаются крепежные элементы, удерживающие конструкцию в проеме;

– **вращаемые** - при давлении плоскость конструкции поворачивается вокруг неподвижной горизонтальной или вертикальной оси.

Выбор подходящего типа ЛСК должен опираться на сопоставление их ключевых параметров с учетом специфики возведения и функционирования зданий, где присутствуют взрывопожароопасные зоны. В качестве таких систем допустимо применять глухие стекла, распашные оконные створки, наружные двери и ворота, а также поворотные элементы или специальные сбрасываемые панели и облегченные кровельные части (смещаемые конструкции).

Использование глухого остекления как разрушаемого элемента дает простые и удобные решения, которые одновременно обеспечивают освещение, теплоизоляцию и снижение избыточного давления при аварийном взрыве внутри. Для повышения эффективности срабатывания такое остекление по возможности делают одинарным. Предельные габариты стекол или их минимальная толщина определяются расчетом с учетом ветровых нагрузок. Однако важно помнить, что осколки при разрушении могут травмировать людей возле наружных стен.

Для вращаемых ЛСК лучше использовать открывающиеся створки с вертикальным или горизонтальным шарниром (верхним или нижним). Наиболее удобны в эксплуатации варианты с вертикальной или верхней горизонтальной осью. Такие конструкции не должны открываться от ветра.

Смещаемые ЛСК могут быть представлены сбрасываемыми стеновыми панелями или облегченными элементами покрытия. Их эффективность повышается за счет уменьшения размеров и массы, а также снижения давления, необходимого для срабатывания крепежа [6].

Изделия изготавливают по проектной документации, каждая деталь проходит сертификацию и контроль на всех этапах производства. Конструкция включает раму, остекление, крепежные узлы, опорные подкладки, монтажный узел для закрытия зазора, а также внутреннюю и наружную отделку. Все компоненты и материалы должны отвечать высоким стандартам качества.

Особые требования предъявляются к крепежным элементам. Крепежные элементы ЛСК изготавливаются из материала с высокой термостойкостью. Материал не должен разрушаться под действием щелочей, кислот и прочих агрессивных сред. Все разрушаемые узлы крепежа в обязательном порядке проходят тестирование. Утепление, если оно требуется, выполняется только негорючими материалами, например, минеральной ватой. В расчетах учитывается, что утеплитель создает дополнительное сопротивление в момент сброса конструкции. Конструкция крепежа должна допускать изменение размеров оконных проемов при температурных колебаниях.

Свойства горючих веществ и материалов определяются по справочным данным, результатам испытаний или расчетным путем с учетом технологических параметров и режимов, согласно утвержденным методикам [4].

Основными параметрами ЛСК являются площадь, перекрывающая проемы в наружном ограждении взрывоопасного помещения, и коэффициент вскрытия при взрыве.

В расчетной схеме принято, что эффективность снижения избыточного давления при аварийном взрыве горючих газопаропылевоздушных смесей зависит от ряда факторов. Наиболее значимые из них [5]: объем и форма помещения; вид смеси, ее концентрация к моменту воспламенения и место возгорания; загроможденность конструкциями (колонны, фермы, этажерки) и оборудованием; общая площадь и расположение проемов с ЛСК; эффективность вскрытия, определяемая видом, геометрией, физическими параметрами, допускаемым избыточным давлением и условиями взрывного горения.

Расчет необходимой площади легкосбрасываемых конструкций (ЛСК) для помещений, относящихся к категориям А и Б, выполняется по утвержденной методике. Однако в случае отсутствия расчетных показателей минимальные значения составляют 0,05 м² для категории А и 0,03 м² для категории Б. При этом толщина стеклопакета определяется исходя из полученной площади: для значений не менее 0,8 м², 1 м² и 1,5 м² она равна соответственно 3, 4 и 5 мм [3].

Вывод:

Необходимость защиты объектов с взрывоопасным производством посредством монтажа легкосбрасываемых ограждающих элементов не вызывает сомнений. Следует крайне ответственно подходить не только к

подбору конкретного вида или типа таких конструкций на этапе проектирования и возведения зданий, но и исключать любые корректировки в уже установленных ЛСК в процессе эксплуатации объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-90–81 «Производственные здания промышленных предприятий»
2. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
3. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям
4. Поландов Ю.Х., Добриков С.А. Кукин Д.А. Результаты испытаний легкосбрасываемых конструкций // Пожаровзрывобезопасность // Fire and Explosion Safety. 2017. Т. 26. №8. С. 5-14.
5. Созонов, В. В. Обеспечение взрывобезопасности производственных объектов путем установки легкосбрасываемых ограждающих конструкций / В. В. Созонов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 45 (283). — С. 48-50.
6. Чикин А.Ю., Лавыгина О.Л., Кузнецова О.Н., Степанов И.Г. Разработка предложений по модернизации легкосбрасываемых оконных конструкций при их использовании на взрывоопасных объектах. // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 4. С. 610-617.

УДК 614.84

М. В. Акулова, С. А. Бунина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА

В статье рассматривается развитие подходов к обнаружению пожара. Показано, что эволюция технологий смещается от простых решений к более системному анализу обнаружения пожара. Основное внимание уделено комплексному процессу совершенствования технологий в 2026 году, который охватывает пять ключевых направлений: переход от фиксации дыма к нейросетевой аналитике и предиктивному прогнозированию; экосистемную интеграцию пожарной безопасности в единый контур BMS и «Умного здания» с использованием IoT-датчиков; внедрение беспилотных и робототехнических комплексов для разведки и тушения в экстремальных условиях; применение новых огнетушащих средств (тонкораспыленная вода, нанопены); а также переход к мультисенсорным и аспирационным извещателям.

Ключевые слова: обнаружение пожара, система пожарной безопасности, средства обнаружения, система извещения, вендоры, кибербезопасность.

© Акулова М. В., Бунина С. А., 2026

M. V. Akulova, S. A. Bunina

IMPROVING FIRE DETECTION TECHNOLOGIES

The article examines the development of approaches to fire detection. It is shown that the evolution of technologies is shifting from simple solutions to a more systematic analysis of fire detection. The main attention is paid to the complex process of improving technologies in 2026, which covers five key directions: the transition from smoke detection to neural network analytics and predictive forecasting; ecosystem integration of fire safety into a single BMS and Smart Building contour using IoT sensors; the introduction of unmanned and robotic systems for reconnaissance and extinguishing in extreme conditions; the use of new extinguishing agents (fine-sprayed water, nanofoams); and the transition to multisensor and aspirating detectors.

Keywords: fire detection, fire safety system, detection equipment, alarm system, vendors, cybersecurity.

Современное развитие систем пожарной безопасности характеризуется качественным переходом от пассивной фиксации уже состоявшегося горения к активному прогнозированию и предотвращению возгораний на стадии предпосылок, когда потенциальный ущерб минимален, а эвакуация людей и локализация очага возможны.

Развитие средств обнаружения начинается от примитивных ручных извещателей и доходит до сложных многоуровневых аппаратно-программных комплексов, интегрирующих достижения сенсорики, информационных технологий, микроэлектроники и искусственного интеллекта. Главным открытием в 2026 году выступает не только соответствие новым правилам и усилению надзорных требований МЧС, но и технологическая обеспеченность отечественных вендоров, которые стали элементом опережающего развития [1].

Российские производители продемонстрировали, что аппаратно-программные комплексы не просто заменили ушедшие бренды, но и превзошли их по интеграции с экосистемами «Умного здания» и использованию нейросетевой аналитики. Это создаёт новую структуру проектирования, при которой привычные решения перестают работать, а введение интеллектуальных систем оповещения, аспирационных датчиков и цифровых двойников объектов становится обязательным требованием. Главный тренд современности заключается в переходе от фиксации дыма к анализу аномалий через нейросетевой видеомониторинг и предиктивную аналитику [2].

Российские вендоры представили системы, способные в реальном времени обрабатывать тепловизионные карты помещений, выявляя перегрев электрооборудования, утечки горючих газов и даже аномальное поведение людей в зонах повышенного риска [3]. Такой подход позволяет автоматически отключать проблемные электроцепи до начала возгорания, что на промышленных объектах снижает количество происшествий на 40–60 %, а интеграция с аналитикой даёт возможность прогнозировать износ оборудования

и планировать превентивное обслуживание, переходя от реактивной модели эксплуатации к проактивной.

Вторым направлением совершенствования становится экосистемная интеграция пожарной безопасности в единый контур BMS и «Умного здания». Автономные системы начинают уступать место решениям, где IoT-датчики дыма, тепла и газа работают в едином протоколе с вентиляцией, лифтами, электропитанием и СКУД [4]. При срабатывании извещателя система отключает приточную вентиляцию в зоне возгорания, разблокирует эвакуационные выходы, переводит лифты в режим пожарной опасности и составляет цифровой двойник ситуации для диспетчера. Это особенно важно для торговых центров, бизнес-парков и жилых комплексов, где скорость реакции определяет количество спасённых людей. Такая интеграция требует улучшения работы над протоколами обмена данными и создания защищённых каналов связи, что стимулирует развитие кибербезопасности объектовых систем.

Третьим значимым вектором выступает внедрение беспилотных и робототехнических комплексов, ставших самыми посещаемыми разделами выставок «ПожТех» и «Сфера» [5]. Беспилотники-разведчики с тепловизорами и газоанализаторами могут работать в задымлённых зонах, а робототехнические комплексы применяются для тушения на складах класса А и в химических цехах. Роботы заменяют людей в зонах, где температура превышает 60 °С или существует риск взрыва, а дроны проводят разведку за две-три минуты, передавая координаты очага и тип горящего материала диспетчеру, что уменьшает время принятия решений и минимизирует человеческие потери. Модульные решения для удалённых объектов, таких как нефтебазы и метеостанции, а также системы пенного пожаротушения для резервуарных парков и ангаров техники обеспечивают автономность и адаптивность к экстремальным условиям.

Четвёртое направление связано с новыми огнетушащими средствами: выделяют модули тонкораспыленной воды нового поколения и нанопены [5]. Главное преимущество заключается в снижении расхода воды на 70 % при улучшении качества тушения. ТРВ-модули не повреждают электронное оборудование и отделку, они хорошо подходят для серверных, архивов, музеев и дата-центров, а нанопены создают изолирующий слой, предотвращающий повторное возгорание. Все представленные решения прошли сертификацию по ГОСТ и соответствуют требованиям СП 484.1311500, что подтверждает их готовность к применению на практике.

Пятым направлением совершенствования является переход от простых оптических датчиков к мультисенсорным и аспирационным извещателям. Мультисенсорные устройства содержат оптический, тепловой, химический и CO-анализаторы, снижая количество ложных срабатываний до 0,1 % за счёт перекрёстной проверки данных. Аспирационные системы обнаруживают дым на ранней стадии тления, когда может казаться, что задымление ещё отсутствует; это важно для объектов с дорогостоящим оборудованием и

непрерывным циклом производства, включая склады, ангары и атриумы с высокими потолками.

Обзор выставочных площадок подтверждает дифференциацию направлений совершенствования. «Securika Moscow» ориентирована на кибербезопасность объектовых систем и защиту серверов пожарной автоматики, представляя комплексы с двухфакторной аутентификацией [1], системы шифрования данных между извещателями и приёмно-контрольными приборами, решения для защиты от DDoS-атак на диспетчерские серверы и интеграцию СКУД и видеомониторинга с пожарной автоматикой через защищённые протоколы. Это ориентировано на интеграторов комплексных систем безопасности, IT-директоров и службы безопасности крупных объектов. «ПожТех» сосредоточен на промышленных решениях и робототехнике: пожарные роботы грузоподъёмностью до 500 кг для тушения на складах класса А, беспилотные летательные аппараты с тепловизорами и газоанализаторами, модульные контейнерные решения для удалённых объектов и системы пенного пожаротушения для резервуарных парков. Это адресовано проектировщикам промышленных объектов, главным инженерам производственных предприятий и подрядчикам нефтегазового сектора [3]. «Сфера» специализируется на пассивной огнезащите и обновлённых строительных материалах: огнестойкие композитные панели с пределом стойкости до REI 240, интумесцентные покрытия нового поколения с расширением до пятидесяти раз, огнестойкие кабельные линии с автономным охлаждением и противопожарные клапаны с электроприводом и ручным дублированием. Эти решения важны для архитекторов, проектировщиков строительных конструкций, поставщиков отделочных материалов и экспертов государственной строительной экспертизы.

Улучшение технологий обнаружения пожара в 2026 году представляет собой комплексный процесс, охватывающий нейросетевую аналитику, экосистемную интеграцию, роботизацию, новые огнетушащие составы и мультисенсорные решения. Он обеспечивает не только раннее выявление угроз, но и их предотвращение, а также уменьшение ущерба и сохранение жизней людей, создавая новую культуру пожарной безопасности, основанную на предвидении, а не на реагировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги выставок пожарной безопасности 2026: тренды, инновации и импортозамещение. – URL: https://ppb-moscow.ru/blog/itogi-vystavok-pozharnoj-bezopasnosti-2026.html (дата обращения: 19.09.2026).

2. Топ-10 инновационных устройств для пожарной безопасности в 2025 году // Пожарная безопасность. – URL: https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/blog/post/top-10-innovatsionnykh-ustroystv-dlya-pozharnoy-bezopasnosti-v-2025-godu (дата обращения: 18.09.2026).

3. Новые тренды в области пожарной безопасности. – URL: https://hanston.ru/press-centr/novye-trendy-v-oblasti-pozharnoj-bezopasnosti-na-gorizonte-2024-goda/ (дата обращения: 18.09.2026).

4. Повышение эффективности АСУ противопожарной защитой АЭС на основе совершенствования систем. – URL: https://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-asu-protivopozharnoi-zashchitoi-aes-na-osnove-sovershenstvovaniya-s (дата обращения: 19.09.2026).

5. Разработка интеллектуальной системы пожарной безопасности // Research Journal. – 2024. – № 4 (142). – URL: https://research-journal.org/archive/4-142-2024-april/10.23670/IRJ.2024.142.33 (дата обращения: 18.09.2026). Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

УДК 614.841.33:66.071

В. Н. Алексеев, В. Н. Баклыков, С. А. Калашников, В. А. Саюшкин
Оренбургский филиал ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПРЕССИОННОЙ ПЕНЫ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОЛИВОВ СЖИЖЕННОГО БЕЗВОДНОГО АММИАКА

Экспериментально доказано, что компрессионная пена на бесфторсодержащем пенообразователе существенно снижает испарение сжиженного аммиака при локализации проливов АХОВ. Изучено влияние скорости ветра на стабильность пенного слоя. Обоснована целесообразность применения компрессионной пены для совершенствования систем локализации аварийных разливов на химически опасных объектах.

Ключевые слова: сжиженный безводный аммиак, аварийный разлив, аварийно-химически опасные вещества, компрессионная пена, интенсивность испарения, пенообразователь, локализация пролива, натурные испытания.

V. N. Alekseev, V. N. Baklykov, S. A. Kalashnikov, V. A. Sayushkin

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF COMPRESSION FOAM IN LOCALIZING SPILLS OF LIQUID ANHYDROUS AMMONIA

Experimental evidence demonstrates that compressed foam based on a fluorine-free foam concentrate significantly reduces the evaporation of liquefied ammonia during the containment of hazardous chemical spills. The effect of wind speed on the stability of the foam layer was investigated. The rationale for utilizing compressed foam to enhance emergency spill containment systems at chemically hazardous facilities is substantiated.

© Алексеев В. Н., Баклыков В. Н., Калашников С. А., Саюшкин В. А., 2026

Keywords: liquefied anhydrous ammonia, emergency spill, hazardous chemical substances, compression foam, evaporation rate, foaming agent, spill containment, field tests.

Жидкий безводный аммиак обладает криогенными свойствами (температура кипения при атмосферном давлении составляет −33,3 °C) [1]. При аварийном проливе происходит мгновенное вскипание с образованием плотного низкотемпературного парового облака. Главная цель изоляции пролива – максимально снизить теплоприток из окружающей среды к жидкости и создать физический барьер для выхода паров в атмосферу [4].

Существует четыре основных способа локализации пролива жидкого аммиака [2, 4]:

1. Физическое ограничение растекания (обвалование и сбор). *Механизм действия:* создание различных валов вокруг места аварии, а также использование систем для сбора жидкости в резервные емкости. *Преимущества:* простота реализации, предотвращение увеличения площади зеркала испарения, возможность последующей откачки продукта. *Недостатки:* не снижает интенсивность испарения с самой поверхности пролива; криогенное воздействие на материалы обваловки; малоэффективно при авариях на транспорте или на открытой местности.

2. Применение сыпучих сорбентов и нейтрализаторов. *Механизм действия:* нанесение на поверхность пролива инертных пористых материалов или специализированных химических сорбентов, впитывающих жидкость. *Преимущества:* доступность материалов, возможность точечного применения при небольших утечках. *Недостатки:* при контакте сорбента с кипящим аммиаком происходит бурное парообразование, что делает процесс опасным для персонала и малоэффективным; образование вторичных опасных отходов, требующих сложной утилизации; невозможность применения на больших площадях пролива.

3. Нанесение покровных материалов (полимерные пленки). *Механизм действия:* укрытие поверхности пролива специальными плавающими полимерными пленками или брезентовыми покрытиями, создающими герметичный барьер. *Преимущества:* высокая теоретическая эффективность подавления паров (до 90–95% при идеальном покрытии). *Недостатки:* сложность практической реализации (раскатывание пленки по бурлящей, кипящей поверхности жидкого аммиака практически невозможно); большинство полимеров при температуре −33,3 °C становятся хрупкими и разрушаются под действием теплового расширения паров.

4. Применение пенных покрытий (наиболее перспективное направление). Пена создает изолирующий слой, который одновременно ограничивает теплоприток из воздуха и механически задерживает выход паров. Однако эффективность зависит от типа пены [5].

А) Стандартная воздушно-механическая пена (ВМП) низкой и средней кратности: Преимущества: высокая скорость подачи, доступность пожарных стволов и пенообразователей. *Недостатки:* низкая термическая и химическая стойкость. Аммиак при растворении в воде пленки создает сильнощелочную среду, которая быстро разрушает стандартные углеводородные или фторсинтетические пенообразователи. Интенсивное кипение аммиака под слоем пены приводит к быстрому «сдуванию» и разрушению пенного покрова. Время жизни такого слоя исчисляется минутами.

Б) Компрессионная пена (КП) на основе спиртоустойчивых пенообразователей (в т.ч. бесфторсодержащих): Механизм действия: генерация пены с содержанием воздуха до 80–90% и микроскопическим размером пузырьков, что обеспечивает высокую плотность и вязкость. Спиртоустойчивые добавки (S/AR) формируют полимерную мембрану, защищающую пузырьки пены от разрушения агрессивными средами [5, 6]. *Преимущества:* высокая адгезия и способность удерживаться на поверхности, несмотря на турбулентность кипящей жидкости; значительно более длительное время жизни пенного слоя по сравнению с ВМП; меньший расход воды и пенообразователя при большей эффективности изоляции; экологическая безопасность (при использовании бесфторсодержащих составов) [6]. *Недостатки:* требует наличия специализированного оборудования (пеногенераторов компрессионной пены); чувствительность к сильным порывам ветра (требует корректировки тактики нанесения, как было выявлено в ходе исследований).

Анализ существующих подходов и патентный поиск технологий локализации АХОВ показали, что перспективным направлением совершенствования систем безопасности является применение компрессионной пены [5, 6]. Компрессионная пена на основе спиртоустойчивого бесфторсодержащего пенообразователя является наиболее перспективным и научно обоснованным решением. Она лишена недостатков стандартной ВМП, обеспечивает формирование плотного, термически стойкого барьера и соответствует современным экологическим стандартам, что делает её оптимальным выбором для совершенствования тактики аварийно-спасательных работ.

Благодаря особенностям её генерации, компрессионная пена создает более плотный и однородный слой, равномерно распределяющийся по поверхности пролива. В связи с этим было предложено провести исследование по локализации пролива жидкого аммиака компрессионной пеной на основе 3 %-ного раствора синтетического спиртоустойчивого пенообразователя «Акваформ S/AR».

Целью работы, выполненной на базе Испытательного учебно-тренировочного полигона ФГБУ ВНИИПО МЧС России, стала экспериментальная апробация компрессионной пены и оценка её способности снижать интенсивность испарения аммиака. Полученные данные позволят

разработать новые методы локализации проливов данной криогенной жидкости.

Материалы и методика исследований. В качестве изолирующего вещества использовалась компрессионная пена низкой кратности (10), генерируемая из 3 %-ного раствора синтетического спиртоустойчивого пенообразователя целевого назначения «Акваформ S/AR» с использованием пеногенерирующего устройства ПГУ-1,5-6-З. Важной особенностью выбранного пенообразователя является отсутствие в его составе фторированных поверхностно-активных веществ (ПАВ), что соответствует современным экологическим требованиям [6].

Тестовый очаг представлял собой металлический противень с наружной теплоизоляцией площадью 1 м² (1,00 × 1,00 × 0,25 м), установленный на лабораторные электронные весы. В очаг заливалось около 70 кг (103 л) сжиженного безводного аммиака марки А (ГОСТ 6221-90) [1].

Методика включала следующие этапы:

1. Захолаживание и стабилизация. После заполнения фиксировалась масса аммиака. После выравнивания температуры и прекращения интенсивного кипения начинался отсчет времени.

2. Базовый замер. В течение 60 мин с интервалом 5 минут регистрировалась убыль массы с открытой поверхности аммиака.

3. Нанесение компрессионной пены. Через 70 мин после начала опыта на поверхность жидкого аммиака подавалась пена (производительность 1,5 л/с, расчетная толщина слоя 200 мм) с помощью ручного ствола РСК-50.

4. Замер под пеной. В течение последующих 60 мин фиксировалась масса очага для расчета скорости испарения в изолированных условиях.

Серия испытаний состояла из двух экспериментов, проводившихся в различных метеорологических условиях (при разной скорости ветра).

Результаты и обсуждение

1. Влияние скорости ветра на испарение открытого пролив**а.** Сравнение показаний в первый и второй день испытаний позволило установить четкую зависимость интенсивности испарения от метеорологических условий:

- при скорости ветра 0,0–0,5 м/с средняя скорость испарения аммиака составила 0,07 кг/(мин·м²);
- при увеличении скорости ветра до 1,5–2,0 м/с интенсивность испарения возросла до 0,116 кг/(мин·м²).

Таким образом, ветровая нагрузка не только существенно увеличивает скорость испарения аммиака, но и создает дополнительные динамические воздействия на изолирующие покрытия.

2. Эффективность изоляции компрессионной пеной. Наиболее полные данные были получены в первом эксперименте, проводившемся при скорости ветра 1,5–2,0 м/с. После нанесения слоя компрессионной пены толщиной 200 мм и последующей стабилизации процесса кипения (спустя 26,5 мин после прекращения подачи) наблюдалось значительное подавление парообразования. Зафиксировано существенное снижение скорости испарения аммиака под

изолирующим пенным слоем по сравнению с открытой поверхностью жидкости. Таким образом, применение компрессионной пены обеспечивает достоверное уменьшение интенсивности испарения, что экспериментально подтверждает эффективность предлагаемого метода локализации.

3. Наблюдения за стабильностью пенного слоя показали, что существуют специфические физические процессы взаимодействия пены и паров аммиака:

- под воздействием интенсивного парообразования часть пены была выдавлена из очага на прилегающую площадку, и масса выдавленной пены была учтена как масса испарившегося аммиака, что привело к некоторому завышению расчетной скорости. Данный факт указывает на необходимость совершенствования методики в будущих исследованиях;
- в первом эксперименте порыв ветра сдул часть разрыхленного верхнего слоя пены, что привело к локальному обнажению поверхности и скачку скорости испарения.

Это свидетельствует о том, что при применении КП на открытой местности необходимо учитывать ветровую нагрузку и, возможно, увеличивать толщину слоя или применять более стойкие пенные составы для верхнего яруса.

Выводы

1. Проведенные натурные испытания экспериментально подтвердили принципиальную возможность и высокую эффективность применения компрессионной пены на основе бесфторсодержащего пенообразователя для локализации проливов сжиженного безводного аммиака.
2. После нанесения слоя компрессионной пены толщиной 200 мм зафиксировано существенное снижение скорости испарения аммиака по сравнению с открытой поверхностью жидкости.
3. Скорость ветра оказывает существенное влияние, как на базовую интенсивность испарения аммиака, так и на стабильность изолирующего пенного слоя.
4. Внедрение установок генерации компрессионной пены на основе спиртоустойчивого пенообразователя позволяет формировать плотный, равномерно распределяющийся изолирующий слой, что способствует совершенствованию существующих систем локализации проливов жидкого аммиака на предприятиях химической отрасли и на транспорте.
5. Для повышения точности дальнейших исследований необходимо предусмотреть раздельный учет массы испарившегося аммиака и массы пены, выдавленной из очага.

Практическая значимость Результаты исследований и разработанный метод локализации имеют перспективы для использования подразделениями МЧС России, газоспасательными службами и аварийно-спасательными формированиями химических предприятий, а также при корректировке методик расчета зон химического заражения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 6221-90. Аммиак жидкий технический. Технические условия. – Введ. 1991-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 12 с.

2. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности химически опасных производственных объектов" : приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 533. – Зарегистрирован в Минюсте России 31.12.2020 № 61994.

3. Аварийно-химически опасные вещества : справочник / под общ. ред. В. А. Пучкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЦентрПропаганда, 2019. – 384 с.

4. Бабуров, В. П. Особенности применения современных пенообразователей для локализации и ликвидации аварийных разливов химически опасных веществ / В. П. Бабуров, А. В. Подгрушный // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – Т. 30, № 4. – С. 45–52.

5. Копылов, Н. П. Экспериментальные исследования эффективности применения компрессионной пены для локализации проливов опасных жидкостей / Н. П. Копылов, В. А. Смирнов // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27, № 6. – С. 33–40.

6. Persson, H. Fluorine-free firefighting foams: A review of their performance, environmental impact, and future prospects / H. Persson, A. Lönnermark, T. Blomqvist // Fire Technology. – 2021. – Vol. 57, № 3. – P. 1085–1112. – DOI: 10.1007/s10694-020-01053-6.

УДК 614.841.33:677.21

В. Н. Алексеев, В. Н. Баклыков, И. В. Косарев, А. В. Фоменко
Оренбургский филиал ФГБУ ВНИИПО МЧС России

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕРМОСТОЙКОСТИ КРЕМНЕЗЕМНЫХ ТКАНЕЙ С ОДНОСТОРОННИМ И ДВУСТОРОННИМ ПОЛИУРЕТАНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ПОКРЫВАЛА

Представлены результаты экспериментальных исследований термической стойкости кремнеземных тканей с односторонним и двусторонним полиуретановым покрытием, проведенных методами контактного нагрева и прямого воздействия пламени в условиях, моделирующих пожар в моторном отсеке автомобиля. Установлено, что ни один из образцов не обеспечивает нормируемое ограничение температуры внешней поверхности, однако ткань с односторонним покрытием сохранила механическую целостность под нагрузкой, в отличие от двустороннего покрытия, которое подверглось растрескиванию. Сделан вывод о преимуществе одностороннего покрытия для обеспечения эксплуатационной надежности противопожарных покрывал.

© Алексеев В. Н., Баклыков В. Н., Косарев И. В., Фоменко А. В., 2026

Ключевые слова: противопожарное покрывало, кремнеземная ткань, полиуретановое покрытие, термическая стойкость, пожар автотранспортного средства, ГОСТ Р 59693.

V. N. Alexeev, V. N. Baklykov, I. V. Kosarev, A. V. Fomenko

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE THERMOPROOF RESISTANCE OF SILICA FABRICS WITH A SINGLE-SIDED AND DOUBLE-SIDED POLYURETHANE COATING FOR FIRE-RESISTANT SHEETS

Abstract. This paper presents the results of experimental studies on the thermal resistance of silica fabrics with single- and double-sided polyurethane coatings, conducted using contact heating and direct flame impingement under conditions simulating a car engine compartment fire. It was found that neither sample meets the regulated outer surface temperature limits; however, the fabric with a single-sided coating maintained mechanical integrity under load, whereas the double-sided coating experienced cracking. It is concluded that the single-sided coating is preferable for ensuring the operational reliability of fire blankets.

Keywords: fire-resistant blanket, silica fabric, polyurethane coating, thermal resistance, vehicle fire, GOST R 59693.

Введение

Пожары на автотранспортных средствах характеризуются быстрым развитием и высокими температурами [3, 8]. Противопожарные покрывала являются эффективным средством первичной локализации таких возгораний, позволяя изолировать очаг от кислорода и ограничить тепловой поток [3]. Ключевым элементом покрывала является термостойкий барьерный слой, чаще всего изготавливаемый из кремнеземных (SiO_2) тканей [5]. Для придания материалу газонепроницаемости и дополнительной защиты применяются полимерные покрытия (полиуретан, силикон) [4, 7]. Однако вопрос о влиянии конфигурации этого покрытия (одностороннее и двухстороннее) на комплекс эксплуатационных характеристик, особенно на механическую целостность после высокотемпературного воздействия, остается недостаточно изученным.

Цель работы – сравнительная оценка термической стойкости и механической надежности двух модификаций кремнеземной ткани в условиях, моделирующих пожар в моторном отсеке автомобиля с ДВС.

1. Объекты и методы исследований

Объектами испытаний выступили образцы ткани размером 0,6 × 0,6 м, предоставленные ООО «Новые Технологии» [6]:

а) ТЕРМИТ High П1(120) (ТУ 22.19.50-008-18208497-2021): базовая кремнеземная ткань (95% SiO_2, масса 600 г/м², толщина 0,63 мм) с *односторонним* полиуретановым покрытием (50 г/м²).

б) ТЕРМИТ High П2(120): аналогичная базовая ткань с *двухсторонним* полиуретановым покрытием (по 50 г/м² с каждой стороны).

Испытания проведены на полигоне ФГБУ ВНИИПО МЧС России по методикам проекта ГОСТ Р 59693 (DIN SPEC 91489:2021-11, NEQ) [2]. Использовались два метода:

- **Метод 1**: Контактный нагрев металлической пластиной до (950 ± 50) °C в течение 20 мин с последующим термическим шоком (орошение 1 л воды).
- **Метод 2**: Прямое воздействие пламени метановой горелки по заданному температурному профилю (макс. 950 °C) в течение 20 мин.

Регистрация температур велась термопарами: X1 (факел), X2 (металлическая пластина, только метод 1) и X3 (внешняя поверхность образца). Критерии соответствия образцов нормативным требованиям представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Критерии оценки результатов испытаний**

Критерий	Метод 1	Метод 2
а) Отсутствие воспламенения внешней поверхности	пламя ≤ 50 мм, горение ≤ 5 с	пламя ≤ 50 мм, горение ≤ 5 с
б) Отсутствие сквозного прогара	калибр диаметром 5 мм не проходит	калибр диаметром 5 мм не проходит
в) Ограничение температуры внешней поверхности	T_{x3} ≤ 250 °C (время превышения не более 60 с)	T_{x3} ≤ 200 °C (время превышения не более 60 с)
г) Отсутствие опасных явлений при орошении водой	разрывы, взрывное парообразование, термический шок	—
д) Ограниченная зона контактных повреждений	круг диаметром ≤ 250 мм	—
е) Механическая целостность при нагрузке 50 Н	отсутствие разрывов, расслоений	отсутствие разрывов, расслоений

1 Результаты исследований

1.1 Результаты испытаний по методу 2 (прямое воздействие пламени)

Сводные результаты испытаний образцов № 1 (П1) и № 2 (П2) по методу 2 представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Результаты испытаний по методу 2**

Показатель	Образец № 1 (П1)	Образец № 2 (П2)
Максимальная температура факела ТХ1, °C	1003,3	961,1
Время превышения 950 °C для ТХ1	16 мин 14 с	3 мин 28 с
Максимальная температура внешней поверхности ТХ3, °C	630,6	696,8
Время превышения 200 °C для ТХ3	23 мин 29 с	20 мин 08 с
Сквозной прогар	отсутствует	отсутствует
Воспламенение внешней поверхности	отсутствует	отсутствует
Механическая целостность при нагрузке 50 Н	сохранена	разрывы и растрескивание
Соответствие критерию «в» (ТХ3 ≤ 200 °C)	не соответствует	не соответствует
Соответствие критерию «е» (механика)	соответствует	не соответствует

1.2 Результаты испытаний по методу 1 (контактный нагрев с орошением водой)

Сводные результаты испытаний образцов № 3 (П1) и № 4 (П2) по методу 1 представлены в табл. 3.

Таблица 3. **Результаты испытаний по методу 1**

Показатель	Образец № 3 (П1)	Образец № 4 (П2)
Максимальная температура факела ТХ1, °С	1044,7	1102,4
Максимальная температура металлической пластины ТХ2, °С	605,1	670,2
Максимальная температура внешней поверхности ТХ3, °С	262,2	282,8
Время превышения 250 °С для ТХ3	110 с	14 мин 28 с
Сквозной прогар	отсутствует	отсутствует
Воспламенение внешней поверхности	отсутствует	отсутствует
Зона контактных повреждений	в пределах круга диаметром 250 мм	выходит за пределы круга диаметром 250 мм
Опасные явления при орошении водой	взрывное парообразование без разрушений	взрывное парообразование без разрушений
Механическая целостность при нагрузке 50 Н	сохранена	разрывы и растрескивание
Соответствие критерию «д» ($T_{хз} \leq 250$ °С)	не соответствует	не соответствует
Соответствие критерию «е» (механика)	соответствует	не соответствует

Визуальный контроль показал, что у образца П2 интенсивность дымления была выше из-за большей массы выгорающего полимера. У обоих образцов зафиксировано обесцвечивание ткани, однако деформация и появление открытого пламени на внешней стороне отсутствовали.

2 Обсуждение результатов

Теплозащитные свойства. Оба образца не обеспечили нормируемого ограничения температуры внешней поверхности. Однослойная кремнеземная ткань толщиной 0,63 мм обладает недостаточным термическим сопротивлением для создания градиента температур свыше 700 °С при длительном воздействии. Для прохождения данных критериев требуется применение многослойных композиций (например, с добавлением аэрогеля или базальтовых утеплителей) [5].

Механическая целостность. Выявлено принципиальное различие между модификациями. При двухстороннем нанесении полиуретан полностью заполняет межволоконное пространство. После его выгорания при температурах выше 400–500 °С [7] волокна кремнезема теряют взаимнотрение, и материал становится хрупким, что приводит к разрывам при нагрузке 50 Н. Одностороннее покрытие (П1) оставляет внутреннюю структуру ткани более гибкой, позволяя ей сохранять несущую способность после пожара, что критически важно для безопасного снятия покрывала после тушения.

Стойкость к термическому шоку. Отсутствие сквозных прогаров при орошении водой нагретых образцов подтверждает высокую стойкость кремнеземного каркаса к резким перепадам температур [4]. Зафиксированное взрывное парообразование не привело к разрушению материала, но требует учета при разработке инструкций по эксплуатации.

2 Выводы

1. Ни один из исследованных образцов («ТЕРМИТ High П1(120)» и «П2(120)») не выдержал испытания в полном объеме из-за превышения нормируемых температур внешней поверхности (200 °С и 250 °С).

2. Оба материала демонстрируют высокую стойкость к сквозному прогару, отсутствию вторичного воспламенения и термическому шоку при орошении водой.

3. Ткань с односторонним полиуретановым покрытием (П1) обладает существенным преимуществом перед тканью с двухсторонним покрытием (П2) по механической целостности после термического воздействия, сохраняя структуру при растягивающей нагрузке 50 Н.

4. Для создания эффективного противопожарного покрывала на базе данных тканей необходима модификация конструкции за счет введения дополнительных теплоизоляционных слоев, при этом в качестве газонепроницаемого барьера предпочтительнее использовать одностороннее покрытие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 59693–202Х (проект). Покрывала для изоляции очага возгорания. Общие технические требования. Методы испытания. – М.: РСТ, 2025.

2. DIN SPEC 91489:2021-11. Fire blankets for the isolation of fire sources. General technical requirements. Test methods. – Berlin: Beuth Verlag, 2021.

3. Молчадский О.Ф. Справочник по противопожарным материалам и конструкциям. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2018. – 342 с.

4. Wang H., Li J. Thermal degradation and mechanical properties of silica fabrics with polyurethane coatings under extreme heat flux // Fire and Materials. – 2024. – Vol. 48, No. 3. – P. 215–228.

5. Кудрявцев В.В., Смирнов А.П. Теплофизические свойства многослойных композиций на основе кремнеземных волокон // Теплофизика высоких температур. – 2021. – Т. 59, № 4. – С. 567–574.

6. ТУ 22.19.50-008-18208497-2021. Ткань кремнеземная теплоизоляционная термостойкая с полиуретановым покрытием ТЕРМИТ High. – М.: ООО «Новые Технологии», 2021.

7. Chen S., Wang Y. Thermal decomposition behavior of polyurethane coatings on high-temperature fabrics // Polymer Degradation and Stability. – 2022. – Vol. 198. – P. 109889.

8. Петров А.А., Соколов Д.В. Перспективные композиционные материалы для средств пассивной противопожарной защиты транспортных средств // Пожаровзрывобезопасность. – 2024. – Т. 33, № 2. – С. 78–89.

УДК 614.842.6:614.841.1

Р. Г. Алиев, М. М. Данилов, А. Н. Денисов, А. Н. Калайдов, А. Р. Фератов
Академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ ТАКТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ СПАСАНИИ ЛЮДЕЙ НА ПОЖАРАХ В МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Рассматривается задача совершенствования принятия тактических решений при спасании людей на пожарах в малоэтажных жилых зданиях. На основе нормативных требований к организации боевых действий и научных подходов к выбору управленческих альтернатив предложена структура алгоритма поддержки решения руководителя тушения пожара (РТП). Алгоритм включает первичную оценку сведений о людях и пожаре, проверку угроз жизни, определение приоритетов разведки и спасания, распределение задач между подразделениями, контроль результатов и повторную оценку обстановки. Подчёркивается, что алгоритм не заменяет полномочия и профессиональную оценку РТП, а служит средством структурирования информации и проверки полноты первоочередных действий. Предложены показатели для последующей апробации алгоритма на материалах оперативных выездов и учебных сценариях. Эмпирическая эффективность алгоритма в настоящей работе не заявляется: для её подтверждения необходимы верификация исходных данных и сравнительное испытание.

Ключевые слова: пожарная тактика, спасание людей, малоэтажное жилое здание, руководитель тушения пожара, аварийная разведка, тактическое решение, алгоритм поддержки принятия решений, пожарно-спасательный гарнизон.

R. G. Aliyev, M. M. Danilov, A. N. Denisov, A. N. Kalaidov, A.R. Feratov

IMPROVEMENT OF THE ALGORITHM FOR MAKING TACTICAL DECISIONS DURING RESCUE OF PEOPLE IN FIRES IN LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS

The problem of improving tactical decision-making during the rescue of people in fires in low-rise residential buildings is considered. Based on regulatory requirements for the organization of combat operations and scientific approaches to the selection of management alternatives, a structure of an algorithm for supporting the decision of the fire extinguishing commander (FEC) is proposed. The algorithm includes an initial assessment of information about people and the fire, verification of threats to life, determination of reconnaissance and rescue priorities, distribution of tasks among units, monitoring of results, and repeated assessment of the situation. It is emphasized that the algorithm does not replace the authority and professional judgment of the FEC but serves as a means of structuring information and verifying the completeness of priority actions. Indicators are proposed for subsequent approbation of the algorithm on the materials of operational

© Алиев Р. Г., Данилов М. М., Денисов А. Н., Калайдов А. Н., Фератов А. Р., 2026

responses and training scenarios. The empirical effectiveness of the algorithm is not claimed in this paper: its confirmation requires verification of initial data and comparative testing.

Keywords: fire tactics, rescue of people, low-rise residential building, fire extinguishing commander, emergency reconnaissance, tactical decision, decision support algorithm, fire and rescue garrison.

Введение

Спасание людей относится к первоочередным задачам при проведении боевых действий на пожаре. В условиях малоэтажной жилой застройки тактическое решение необходимо принимать при неполноте первоначальных сведений: диспетчеру и прибывающему подразделению могут быть неизвестны точное количество людей внутри здания, их местонахождение, состояние путей эвакуации, планировка помещений, наличие пристроек и фактическое состояние конструкций. При этом промедление с проверкой сведений о возможном нахождении людей может увеличивать время до начала спасательных мероприятий, а необоснованное направление сил в опасную зону создаёт дополнительный риск для личного состава.

Боевой устав подразделений пожарной охраны, утверждённый приказом МЧС России от 16.09.2024 № 777, определяет организацию тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, включая этапы боевых действий и спасание людей [1]. Порядок формирования пожарно-спасательных гарнизонов и привлечения сил и средств установлен приказом МЧС России от 13.01.2025 № 19 [2]. Эти документы задают обязательные рамки действий, но сами по себе не исключают необходимости совершенствовать способы структурирования оперативной информации и сравнения тактических альтернатив в конкретной обстановке.

В научной публикации С. Н. Аникина, М. М. Данилова и А. Н. Денисова рассматривается выбор опорных управленческих решений в тактике тушения пожаров на основе анализа альтернатив [3]. В учебно-методическом пособии А. Н. Денисова, М. М. Данилова, О. И. Степанова и Е. Е. Зайцевой изложены вопросы аварийной разведки и спасания при тушении пожаров [4]. Эти работы формируют теоретическую основу для постановки задачи, однако алгоритм, ориентированный на первоочередную организацию спасания людей именно в малоэтажных жилых зданиях, требует отдельной формализации и проверки.

Цель исследования - разработать структуру алгоритма поддержки принятия тактических решений при спасании людей на пожарах в малоэтажных жилых зданиях, согласованную с действующими нормативными требованиями и пригодную для последующей апробации на материалах оперативной деятельности.

Объект исследования - организация боевых действий при пожарах в малоэтажных жилых зданиях. Предмет исследования - последовательность оценки оперативной информации, постановки задач и контроля выполнения мероприятий по поиску и спасанию людей. Использованы анализ нормативных

документов и научной литературы, системный подход, структурирование тактических альтернатив и проектирование алгоритма. В работе не приводятся количественные выводы об эффективности, поскольку они должны подтверждаться отдельной эмпирической проверкой.

1. Нормативные и научно-методические основания принятия решений

При разработке алгоритма принципиально важно не создавать параллельный порядок действий, противоречащий нормативному регулированию. Предлагаемая схема должна использоваться как вспомогательная последовательность контрольных вопросов и не изменять установленное распределение полномочий, порядок организации боевых действий, требования безопасности и решения РТП. Приоритет спасания людей реализуется в рамках оценки реальной обстановки и с учётом угроз пострадавшим и личному составу.

Приказ МЧС России № 777 регулирует организацию боевых действий, в том числе разведку, спасание людей, тушение пожара и проведение аварийно-спасательных работ [1]. Приказ МЧС России № 19 связывает привлечение подразделений с документами предварительного планирования, включая расписание выезда и план привлечения [2]. Следовательно, поддержка тактического решения должна рассматривать не только действия прибывшего подразделения, но и своевременность запроса дополнительных сил и средств, если имеющихся ресурсов недостаточно для одновременного выполнения критически важных задач.

В работе Аникина, Данилова и Денисова управленческий выбор представлен как сопоставление альтернатив с учётом граничных условий и отклонений в тактике тушения пожаров [3]. Для задачи спасания людей это означает необходимость явно фиксировать исходные сведения, ограничения и основания выбора: предполагаемое местонахождение людей, доступность входов и окон, признаки распространения опасных факторов, возможность безопасного доступа, наличие средств индивидуальной защиты органов дыхания и достаточность личного состава. При этом любая формализация должна сохранять возможность немедленного пересмотра решения при изменении обстановки.

Пособие «Тактические приёмы аварийной разведки и спасения при тушении пожаров» рассматривает вопросы ведения аварийной разведки и спасания пожарных и пострадавших [4]. При проектировании предлагаемого алгоритма это позволяет опереться на тактическую логику разведки и спасательных действий, а не сводить задачу к абстрактной математической оптимизации. Новизну следует связывать не с самим фактом проведения разведки или спасания, которые уже предусмотрены нормативными документами, а с предлагаемой структурой фиксации данных, расстановки приоритетов, назначения ответственных исполнителей и повторной оценки результата.

Для зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.3 и Ф1.4 существенны фактические характеристики конкретного объекта и обстановки. Алгоритм не должен предполагать одинаковую планировку, число жильцов, состояние путей выхода или конструктивную схему всех зданий соответствующего класса. Эти параметры устанавливаются по доступным данным, результатам разведки и сведениям от очевидцев, а при отсутствии достоверной информации отмечаются как неопределённые.

2. Предлагаемый алгоритм поддержки тактического решения

Предлагается алгоритм из шести последовательно связанных блоков. Он предназначен для структурирования работы РТП и подразделений, участвующих в поиске и спасании людей. Блоки не являются жёсткой линейной инструкцией: при обнаружении пострадавшего, возникновении непосредственной угрозы обрушения, изменении направления распространения пожара или получении новых сведений РТП возвращается к оценке обстановки и корректирует ранее поставленные задачи.

Блок 1. Сбор и маркировка первоначальных сведений. До прибытия и по прибытии уточняются адрес и тип объекта, этажность, видимые признаки пожара и задымления, сообщения о людях внутри, предполагаемое число и местонахождение людей, доступные входы и подъезды, наличие очевидцев и сведения о возможных опасностях. Для каждого сообщения фиксируются источник и степень подтверждённости: «подтверждено», «со слов очевидца», «не проверено» или «сведения отсутствуют». Такая маркировка позволяет не приравнивать неподтверждённое сообщение к установленному факту.

Блок 2. Первичная оценка угроз и ограничений. РТП оценивает динамику пожара, распространение дыма, доступность путей подхода и выхода, признаки повреждения конструкций, вероятность блокирования людей, условия работы звеньев и необходимость дополнительных сил и средств. При признаках угрозы обрушения или иных опасных факторов действия и маршруты определяются с учётом требований безопасности и фактической оценки обстановки. Отсутствие информации об опасности не должно автоматически трактоваться как подтверждение её отсутствия.

Блок 3. Формирование приоритетов разведки и спасания. На основе доступных сведений определяются участки, где проверка наличия людей потенциально наиболее срочна, и безопасные либо допустимые направления доступа. Приоритет не назначается только по одному признаку: учитывается совокупность сведений о вероятности нахождения людей, непосредственности угрозы, возможности доступа и риске для личного состава. Если сведения противоречивы, противоречие фиксируется, а задача разведки формулируется так, чтобы проверить наиболее критичную неопределённость.

Блок 4. Постановка задач и распределение ресурсов. РТП формулирует конкретные задачи подразделениям и звеньям: разведать обозначенный участок; проверить сообщения о людях; организовать спасание обнаруженных пострадавших; обеспечить защиту путей спасания; локализовать

распространение опасных факторов; запросить дополнительные силы и средства. Для каждой задачи целесообразно обозначать ответственного, исходный маршрут или участок, необходимое оснащение, ожидаемый доклад и условие немедленного прекращения либо изменения действий при ухудшении обстановки. Конкретные решения принимаются РТП в соответствии с нормативными требованиями и фактическими условиями.

Блок 5. Контроль выполнения и повторная оценка. После получения доклада о результатах разведки или спасания сведения сопоставляются с первоначальной картиной. Проверяется, установлено ли наличие людей в обследованном участке, обнаружены ли пострадавшие, изменились ли пути доступа, возникли ли новые опасности и достаточны ли имеющиеся силы. Если первоначальное предположение не подтвердилось, это не означает автоматически, что люди отсутствуют во всём здании: необходимо оценить полноту обследования и определить дальнейшие действия.

Блок 6. Завершение поиска и фиксация оснований решения. Вывод об отсутствии людей в конкретной зоне должен опираться на фактически выполненную проверку и полученные доклады, а не только на отсутствие очевидцев или видимых признаков. Фиксируются обследованные участки, полученные сведения, выявленные ограничения, принятые решения и причины изменения приоритетов. Эта информация необходима для последующего разбора действий, анализа временных показателей и уточнения алгоритма.

Таким образом, отличительной особенностью предлагаемой структуры является замкнутый цикл «сведения - оценка угроз - приоритет - задача - доклад - повторная оценка». Его практическое назначение - уменьшить риск пропуска критически важной информации и несогласованности действий. Утверждать, что цикл сам по себе сокращает время спасания, без испытаний нельзя; это проверяемая гипотеза, которую следует оценить в следующем этапе исследования.

Таблица. **Структура алгоритма поддержки тактического решения**

Этап	Ключевой вопрос	Результат этапа	Условие пересмотра
1. Сведения	Что известно о людях, пожаре и здании; насколько это подтверждено?	Структурированная исходная картина с отметкой неопределённости.	Новые или противоречивые сообщения.
2. Угрозы	Какие опасности ограничивают доступ и действия?	Перечень угроз, ограничений и потребности в ресурсах.	Изменение обстановки или выявление новой опасности.

Этап	Ключевой вопрос	Результат этапа	Условие пересмотра
3. Приоритет	Какие участки и сообщения требуют первоочередной проверки?	Обоснованные направления разведки и спасания.	Обнаружение людей, изменение доступности или угроз.
4. Задачи	Кто, где, что и с каким оснащением выполняет?	Конкретные задачи, ответственные и порядок доклада.	Недостаточность сил, невозможность маршрута, ухудшение условий.
5. Контроль	Что фактически установлено по результатам действий?	Уточнённая оперативная картина и решение о продолжении/изменении действий.	Неполнота обследования или новые сведения.
6. Фиксация	Какие участки проверены и на чём основаны выводы?	Документированная основа для дальнейших действий и разбора.	Обнаружение ранее неучтённых зон или обстоятельств.

Для практического использования алгоритм может быть реализован как бумажная карточка контрольных вопросов, электронная форма на планшете либо модуль информационной системы. Выбор носителя не является обязательной частью предлагаемого решения. До внедрения электронного инструмента необходимо отдельно проверить надёжность связи, доступность устройства в средствах защиты, удобство ввода данных, информационную безопасность и отсутствие отвлечения РТП от управления действиями.

Автоматизированная система, если она будет разрабатываться в дальнейшем, может предлагать перечень проверок или напоминать о неисполненных задачах, но не должна самостоятельно объявлять путь безопасным, подтверждать отсутствие людей либо заменять решение уполномоченного руководителя. Выводы системы должны быть объяснимыми: показывать, какие сведения послужили основанием рекомендации и какие данные отсутствуют.

3. Оценка применимости и программа апробации

Предлагаемый алгоритм на данном этапе является проектной методикой. Для доказательства его полезности необходимо провести апробацию на двух взаимодополняющих массивах: ретроспективных материалах оперативных выездов и стандартизированных учебных сценариях. Ретроспективный анализ позволяет проверить, насколько часто в документах отражены сведения о возможном нахождении людей, источники сообщений, последовательность разведки, постановка задач и основания для изменения решения. Учебные сценарии позволяют сравнить выполнение одинаковых вводных при

использовании обычного порядка работы и при применении карточки алгоритма.

Перед анализом оперативных материалов следует провести контроль качества данных: устранить дублирование записей, определить единицы наблюдения, проверить полноту дат и временных отметок, согласовать определения показателей и зафиксировать пропуски. Если итоговые суммы в таблицах не совпадают с суммой квартальных или первичных значений, расхождение необходимо разрешить по первичному источнику до расчёта статистики. Нельзя объяснять такие различия без документального подтверждения или включать непроверенные числа в выводы.

В качестве первичных показателей предлагается использовать: (1) время от прибытия первого подразделения до начала целенаправленной проверки сведений о людях; (2) время от прибытия до обнаружения первого пострадавшего, если он имелся и был обнаружен; (3) время от обнаружения до начала его эвакуации или передачи для оказания помощи - при наличии достоверных отметок; (4) долю сценариев, в которых участники проверили все заданные критические сведения; (5) количество пропущенных либо несвоевременно проверенных сообщений; (6) число изменений решения после получения новых данных. Эти показатели применимы только при наличии однозначных определений и сопоставимых временных отметок.

Для сравнения алгоритма с базовым подходом рекомендуется использовать одинаковые вводные, сопоставимые по подготовке группы участников и заранее установленную форму наблюдения. Результаты следует анализировать не только по среднему времени, но и по медиане, разбросу и частоте критических ошибок. При малом числе наблюдений выводы должны формулироваться как предварительные. Если сценарии различаются по сложности или группы существенно отличаются по опыту, это ограничение необходимо указать.

Для материалов Дербентского местного пожарно-спасательного гарнизона следует отдельно отобрать выезды, относящиеся к жилым зданиям высотой до трёх этажей включительно и соответствующие предмету исследования. Данные по другим объектам могут использоваться только для сравнительного контекста и не должны подменять выборку по целевым зданиям. Перед публикацией необходимо обезличить сведения о пострадавших и проверить, допускается ли раскрытие адресов, оперативных деталей и иной служебной информации.

Научная новизна на текущем этапе формулируется ограниченно: предложена структура циклического алгоритма поддержки тактического решения, связывающая маркировку достоверности первоначальных сведений, оценку угроз, выбор приоритетов разведки и спасания, постановку задач и повторную оценку результатов. Доказательство превосходства алгоритма над существующей практикой, а также количественная оценка сокращения времени спасания в настоящей статье не заявляются. Они могут быть сформулированы только после сравнительной апробации и статистического анализа.

Практическая значимость состоит в возможности использовать структуру алгоритма как основу для разработки карточки РТП, сценариев занятий по пожарной тактике и единой формы анализа материалов выездов. Перед практическим применением требуется экспертная оценка специалистами пожарной тактики и проверка соответствия конкретной реализации действующим нормативным документам.

Заключение

В работе рассмотрена задача совершенствования принятия тактических решений при спасании людей на пожарах в малоэтажных жилых зданиях. На основе нормативных требований и научно-методических подходов предложена шестиблочная структура алгоритма: сбор и маркировка первоначальных сведений; оценка угроз и ограничений; формирование приоритетов разведки и спасания; постановка задач и распределение ресурсов; контроль выполнения и повторная оценка; фиксация оснований решения.

Ключевой принцип алгоритма - циклическая проверка и уточнение оперативной картины. Неподтверждённые сведения должны отличаться от установленных фактов, а вывод об отсутствии людей в зоне - опираться на результаты фактически выполненной проверки. Алгоритм не заменяет нормативно установленный порядок действий и полномочия РТП, а предназначен для структурирования информации и контроля полноты выполнения задач.

Для подтверждения эффективности необходимо провести апробацию на отобранных материалах выездов Дербентского местного пожарно-спасательного гарнизона и сопоставимых учебных сценариях. До такой проверки нельзя утверждать, что предложенная структура уже обеспечивает сокращение времени спасания. Следующим этапом исследования должны стать верификация исходных данных, согласование показателей, сравнительное испытание и корректировка алгоритма по результатам экспертной оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ : приказ МЧС России от 16.09.2024 № 777. - Текст: электронный // МЧС России. - URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/7449 (дата обращения: 09.10.2026).

2. Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах и Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ : приказ МЧС России от 13.01.2025 № 19. - Текст: электронный // МЧС России. - URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/7452 (дата обращения: 09.10.2026).

3. Аникин, С. Н. Управление альтернативами выбора принятия опорных решений в тактике тушения пожаров / С. Н. Аникин, М. М. Данилов, А. Н. Денисов //

Computational nanotechnology. - 2020. - Т. 7, вып. 4. - С. 39–47. - DOI 10.33693/2313-223X-2020-7-4-39-47.

4. Тактические приёмы аварийной разведки и спасения при тушении пожаров : учебно-методическое пособие по дисциплине «Организация тушения пожаров и подготовки пожарно-спасательных гарнизонов» / А. Н. Денисов, М. М. Данилов, О. И. Степанов, Е. Е. Зайцева. - Москва : Академия ГПС МЧС России, 2020. - 53 с.

5. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (с последующими изменениями).

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с последующими изменениями).

7. ГОСТ Р 7.0.100–2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. - Введ. 2019-07-01. - Москва : Стандартинформ, 2018.

8. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. - Введ. 2009-01-01. - Москва: Стандартинформ, 2008.

УДК 614.841

Р. Г. Алиев, Е. В. Ширяев
Академия ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ПОЖАРНЫЙ РИСК АЗС

Рассмотрены подходы к оценке пожарного риска на автозаправочных станциях и влияние инженерных систем безопасности и противопожарной защиты на развитие аварийных сценариев. Сформулированы практические рекомендации по выбору мероприятий пожарной безопасности с учётом характеристик объекта и региональных условий.

Ключевые слова: пожарный риск, автозаправочная станция, системы безопасности, противопожарная защита

R. G. Aliev, E. V. Shiryaev

INFLUENCE OF SAFETY AND FIRE PROTECTION SYSTEMS ON THE FIRE RISK OF GAS STATIONS

Abstract. Approaches to fire risk assessment at fueling stations and the influence of engineering safety and fire protection systems on the development of emergency scenarios are considered. Practical recommendations for selecting fire

© Алиев Р. Г., Ширяев Е. В., 2026

safety measures are formulated, taking into account the characteristics of the facility and regional conditions.

Keywords: fire risk, gas station, safety systems, fire protection.

Автозаправочные станции (АЗС) относятся к объектам, на которых обращаются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, а на газозаправочных объектах - сжиженные углеводородные газы (СУГ). Опасность определяется не только свойствами топлива, но и возможностью разгерметизации оборудования, образования горючей смеси, воспламенения пролива и распространения опасных факторов за пределы технологической зоны. Анализ публикаций о происшествиях на АЗС с СУГ показывает, что значительная часть аварий сопровождается взрывными явлениями [7]. Трагедия 14 августа 2023 г. в Дагестане, возникшая после взрыва газовоздушной смеси на станции технического обслуживания с последующим распространением пожара на АЗС, привела к гибели 36 человек и травмированию 112 человек [1]. Эти данные подчёркивают необходимость не только формального соблюдения требований, но и целенаправленного управления сценариями аварии.

Нормативную основу оценки составляют Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», методика определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах, утверждённая приказом МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533, и свод правил СП 156.13130.2014, устанавливающий требования пожарной безопасности к автомобильным заправочным станциям [2, 5, 6]. Применимость конкретного расчётного подхода определяется характеристиками объекта и действующими требованиями. Поэтому при оценке нельзя автоматически переносить на любую АЗС значения и допущения, относящиеся к другому типу объекта или системе защиты.

Для анализа целесообразно разделять три взаимосвязанные задачи: предотвращение утечки и воспламенения; ограничение распространения опасных факторов после возникновения аварии; уменьшение вероятности поражения людей. Первая задача решается, в частности, исправностью запорной арматуры, контролем герметичности резервуаров и трубопроводов, защитой от статического электричества и молниезащитой. Вторая - рациональным размещением технологического оборудования, противопожарными преградами и предусмотренными проектом системами водяного орошения или пожаротушения. Третья требует оценки расположения людей, возможных зон воздействия теплового излучения и своевременного оповещения. В расчёте риска эти меры должны быть связаны с конкретными инициирующими событиями и ветвями сценария, а не перечисляться как независимый набор средств.

Особое значение имеет раннее обнаружение утечки. Для двустенных резервуаров и трубопроводов целесообразно применять автоматизированный контроль межстенного пространства с передачей сигнала ответственному персоналу. Практический эффект такого решения состоит прежде всего в

сокращении интервала между возникновением негерметичности и её обнаружением. Это может ограничить объём вытекшего топлива и уменьшить вероятность образования горючей концентрации, однако количественное снижение пожарного риска должно подтверждаться исходными данными конкретного объекта и расчётом по применимой методике. При отсутствии подтверждённых данных нельзя приписывать системе произвольный коэффициент снижения риска.

На стадии локализации аварии выбор защитного решения следует связывать с видом топлива, расположением оборудования, возможными направлениями распространения пролива и расчётными сценариями теплового воздействия. СП 156.13130.2014 содержит специальные требования к размещению и защите технологических элементов АЗС [5]. Если проектом предусматриваются противопожарные преграды или водяное орошение, необходимо подтвердить соответствие решения нормативным требованиям и условиям эксплуатации. Для систем противопожарной защиты, размещённых вне зданий, приложение № 2 к методике, утверждённой приказом № 533, предусматривает использование установленных значений вероятности эффективного срабатывания. Например, для автоматических установок пожаротушения или водяного орошения при выполнении нормативных требований и контроле работоспособности специализированной организацией в таблице П2.2 приведено значение 0,95 [2]. Это значение нельзя трактовать как универсальную эффективность любой водяной завесы: оно применимо только при соблюдении требований СП 485.1311500.2020 [3].

Расчёт теплового воздействия может использоваться для проверки достаточности расстояний и обоснования компенсирующих мер в случаях, предусмотренных нормативными документами. При этом необходимо учитывать параметры возможного пожара, свойства топлива, геометрию источника и расположение защищаемого объекта. Снижение теплового потока на 25 % при применении водяной завесы без указания методики, условий испытаний и источника данных некорректно. Водяное орошение следует рассматривать как проектное решение, эффективность которого зависит от конфигурации системы, расхода воды, надёжности подачи и сценария аварии.

Альтернативой водяной завесе является тепловая защита или огнезащита технологического оборудования, трубопроводов и запорной арматуры. Изоляционные и огнезащитные решения предотвращают нагрев отдельных элементов, но их влияние на вероятность тяжёлых сценариев, включая BLEVE (разрушение сосуда с перегретой жидкостью, сопровождаемое интенсивным вскипанием и возможным огненным шаром), нельзя считать доказанным только на основании наличия покрытия. Необходимы данные о свойствах материала, толщине слоя, адгезии, стойкости к внешнему воздействию и времени сохранения защитных характеристик. В расчёте пожарного риска такие меры следует учитывать только в той мере, в какой это допускает применяемая методика и подтверждают исходные данные.

Региональная специфика должна учитываться не формальным упоминанием климата, а через параметры, способные повлиять на работоспособность систем и сценарий аварии. Для АЗС в регионах с жарким летом необходимо проверять условия эксплуатации оборудования и резервуаров при высоких температурах, доступность технического обслуживания и работоспособность средств контроля. При сильном ветре следует оценивать возможное направление распространения паров и теплового воздействия; при дефиците воды - надёжность предусмотренного проектом водоснабжения и резервирования. Для газозаправочных станций дополнительно важны тип и расположение надземных ёмкостей СУГ, состояние арматуры и факторы, рассмотренные в балльной методике П. С. Орловского и А. П. Бызова [4]. Перечисленные условия должны проверяться по данным конкретной площадки, при этом они не заменяют обязательных требований нормативных документов.

Организационные меры обеспечивают практическую реализуемость технических решений. Персоналу АЗС необходимо отрабатывать порядок остановки отпуска топлива, аварийного отключения оборудования, вызова пожарной охраны и ограничения доступа в опасную зону. Совместные тренировки с подразделениями пожарной охраны и аварийно-спасательными формированиями целесообразно проводить по сценариям разлива с последующим горением и утечки СУГ с образованием взрывоопасной смеси. Результаты тренировок следует фиксировать: время обнаружения, передачи сообщения, отключения оборудования и выполнения первоочередных действий. Эти показатели не подменяют расчёт пожарного риска, но позволяют выявить организационные задержки и сформировать план корректирующих мероприятий.

Таким образом, практическое совершенствование безопасности АЗС должно строиться по последовательной схеме: выявление наиболее значимых сценариев; проверка предотвращающих систем и контроля герметичности; обоснованный выбор локализующих средств; расчёт теплового воздействия и риска; проверка готовности персонала и аварийных служб. Для каждого мероприятия необходимо указывать, на какой параметр сценария оно влияет, какие исходные данные требуются и каким способом будет проверяться результат. Такой подход позволяет связать инженерные решения с расчётной оценкой индивидуального и социального пожарного риска и избежать необоснованных количественных утверждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взрыв на станции технического обслуживания с последующим пожаром на АЗС в Республике Дагестан (ЧС регионального характера) // МЧС России: официальный сайт. URL: https://mchs.gov.ru (дата обращения: 11.10.2026).

2. Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 26.06.2024 № 533

3. СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования: утвержден приказом МЧС России от 31.08.2020 № 628 (с Изменением № 1): введен в действие 01.03.2021. – Москва: МЧС России, 2020.

4. Орловский П. С., Бызов А. П. Методика балльной оценки факторов влияния на возникновение пожароопасной ситуации для надземных ёмкостей автомобильных газозаправочных станций // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 157–167. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.63.55.009.

5. СП 156.13130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности: утв. приказом МЧС России от 05.05.2014 № 221.

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

7. Ширяев Е. В., Артебякина В. В. Анализ статистических данных по пожарам на автозаправочных станциях с обращением сжиженного углеводородного газа // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2025. № 65. С. 106–112.

УДК 614.841

А. О. Анисимов, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ ОТ ИХ ВЛАЖНОСТИ

В данной статье рассматривается зависимость времени воспламенения образцов древесины хвойных и лиственных пород от влажности. Эти породы древесины широко используются в строительстве, производстве мебели и других отраслях, поэтому изучение их способности воспламеняться представляет особую важность для разработки способов огнезащиты.

Ключевые слова: древесина хвойных пород; древесина лиственных пород; воспламеняемость; показатели воспламеняемости; критическая поверхностная плотность теплового потока; время воспламенения.

A. O. Anisimov, S. N. Nakonechnyy, A. G. Azovtsev

DEPENDENCE OF WOOD SAMPLE IGNITION TIME ON MOISTURE CONTENT

© Анисимов А. О., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г., 2026

This article examines the dependence of the ignition time of softwood and hardwood samples on moisture content. These wood species are widely used in construction, furniture manufacturing, and other industries; therefore, studying their ignitability is of particular importance for the development of fire protection methods.

Key words: softwood; hardwood; ignitability; ignitability parameters; critical surface heat flux; ignition time.

Древесина – один из древнейших строительных материалов. Сегодня её используют не только в частном домостроении, но и при возведении общественных зданий, мостов, спортивных сооружений и многоэтажных объектов. Современные технологии позволяют применять дерево в виде массивных элементов, клеёных конструкций и инженерных древесных материалов.

Древесина сочетает сравнительно небольшой вес с высокой прочностью. Это облегчает транспортировку и монтаж, а также снижает нагрузку на фундамент. Кроме того, дерево удобно обрабатывать: элементы можно изготовить с высокой точностью, а монтаж часто меньше требует применения тяжёлой техники, чем при строительстве из бетона или кирпича.

Древесина способна временно поглощать и отдавать влагу, реагируя на изменения влажности воздуха. Это может благоприятно влиять на микроклимат помещения, однако при проектировании нужно учитывать усушку, набухание и возможные деформации.

При длительном увлажнении древесина может деформироваться, а при определенных условиях – поражаться грибком и плесенью. Поэтому важно не допускать накопления влаги внутри конструкции. Для этого проектируют защиту от осадков, предусматривают отвод воды, вентиляционные зазоры и правильное расположение пароизоляционных материалов.

Древесина горюча, поэтому её применение требует специальных проектных решений. При пожаре массивные деревянные элементы обугливаются; слой угля замедляет прогрев внутренних частей, но не устраняет возможную потерю несущей способности конструкций.

Чем выше влажность древесины, тем позже начинается процесс её горения. Это связано с тем, что вода, содержащаяся в волокнах, поглощает часть теплового потока и замедляет воспламенение.

Влажность обычно снижает воспламеняемость древесины: влажная древесина дольше нагревается и труднее загорается, чем сухая. Причина в том, что, прежде чем древесина сможет активно разлагаться и выделять горючие газы, содержащаяся в ней вода должна нагреться и испариться. На это расходуется часть тепла. Поэтому при прочих равных условиях у влажной древесины обычно:

- большее время воспламенения;
- медленное распространение пламени;
- ниже скорость горения и тепловыделение.

Но влага не делает древесину негорючей. При длительном или интенсивном нагреве поверхность высыхает, начинает разлагаться и может загореться. Кроме того, важна не только средняя влажность: тонкая сухая поверхность способна воспламениться, даже если внутри древесина влажная.

Влажность древесины обычно указывают как долю воды от массы абсолютно сухой древесины. В быту сухой считают древесину примерно с влажностью до 12-15 %, но конкретное влияние зависит от породы, размеров и формы материала, вентиляции, наличия покрытий и мощности источника тепла. Поэтому у древесины нет одной универсальной «температуры воспламенения»: результат зависит от условий нагрева.

Для понимания влияния влажности на время воспламенения образцов древесины хвойных и лиственных пород были проведены испытания по стандартным методикам [1] с образцами древесины на установке «ВСМ».

В настоящее время существует ряд исследований в области пожарной опасности древесины [2, 3]. В данной работе в продолжение исследований [4, 5] в качестве объектов были рассмотрены образцы древесины лиственных и хвойных пород (сосны и дуба). Испытания проводились по методике ГОСТ 30402-96 [1]. Изучение параметров воспламеняемости проводилось на 3-х образцах для каждой величины влажности.

При проведении испытаний определяют несколько основных показателей воспламеняемости:

1) Время воспламенения (сек);

2) Критическая поверхностная плотность теплового потока (кВт/м^2).

Установка «ВСМ» позволяет плавно регулировать поверхностную плотность теплового потока, воспроизводя условия воздействия от малых до критических значений, и фиксировать момент воспламенения и сопутствующие параметры (КППТП и время воспламенения).

Процедура испытаний на воспламеняемость на установке ВСМ включала следующие этапы:

1. Подготовка образцов древесины лиственных и хвойных пород: предварительная сушка до заданной влажности и кондиционирование при стандартных условиях.

2. Размещение образца на установке.

3. Пошаговое изменение поверхностной плотности теплового потока до момента возникновения пламени.

4. Регистрация времени воспламенения и значения поверхностной плотности теплового потока в момент воспламенения для данного образца с определенной влажностью.

В процессе испытаний мы исследовали процессы воспламенения образцов древесины лиственных и хвойных пород (полученные средние значения представлены в табл. 1-3) при различных уровнях влажности и внешнего теплового потока.

Таблица 1. **Средние значения времени воспламенения образцов хвойных и лиственных пород при уровне воздействия внешнего теплового потока 20 кВт/м^2**

Образец ($\tau_{вс}$)	Влажность, %			
	0 %	10 %	20 %	30 %
Сосна	62	82	226	456
Дуб	96	156	389	625

Таблица 2. **Средние значения времени воспламенения образцов хвойных и лиственных пород при уровне воздействия внешнего теплового потока 30 кВт/м^2**

Образец ($\tau_{вс}$)	Влажность, %			
	0 %	10 %	20 %	30 %
Сосна	26	39	124	334
Дуб	48	79	188	428

Таблица 3. **Средние значения времени воспламенения образцов хвойных и лиственных пород при уровне воздействия внешнего теплового потока 40 кВт/м^2**

Образец ($\tau_{вс}$)	Влажность, %			
	0 %	10 %	20 %	30 %
Сосна	3	15	43	211
Дуб	8	34	65	265

Сравнение времени воспламенения различных пород древесины при одинаковых уровнях влажности показывает, что хвойные породы древесины (сосна) воспламеняются быстрее, чем твёрдые породы древесины (дуб). Это связано с более низкой плотностью хвойных пород, меньшим содержанием углерода и особенностями их структуры.

Проведённые испытания по определению зависимости времени воспламенения образцов сосны и дуба от влажности показал, что влажность древесины играет ключевую роль в определении её способности воспламеняться. Чем выше содержание влаги, тем больше времени требуется для начала горения.

Данное знание зависимости времени воспламенения от влажности древесины будет применяться в дальнейших испытаниях, что важно в понимании обеспечения пожарной безопасности материалов на основе древесины, а также разработке эффективных огнезащитных составов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.

2. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение и пожарная опасность

древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2012. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gorenie-i-pozharnaya-opasnost-drevesiny (дата обращения: 01.11.2023).

3. Сивенков А.Б. Влияние физико-химических характеристик древесины на ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты // Автореф. дисс. … доктора технических наук / Москва. – 2015.

4. Янова Я.В., Наконечный С.Н., Азовцев А.Г. Влияние породы древесины на параметры воспламеняемости / Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. – С. 331-335.

5. Янова Я.В., Наконечный С.Н., Азовцев А.Г. Определение показателей пожарной опасности органических теплоизоляционных строительных материалов / Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 11 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 517-522.

УДК: 677.042

И. В. Багажков
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ОГНЕСТОЙКОГО ПОЛОТНА ДЛЯ ПРОТИВОДЫМНОГО ЗАНАВЕСА

В данной статье рассматриваются варианты применения тканевых полотен для создания перемычек при организации управляемого газообмена при пожарах внутри помещений.

Ключевые слова: тушение пожара, управляемый газообмен, противодымный занавес, ткань, брезент, стеклоткань, огнестойкость, антипирен, обработка.

I. V. Bagazhkov

PROBLEMS OF CHOOSING A FIRE-RESISTANT FABRIC FOR A SMOKE CURTAIN

This article examines the options for using fabric fabrics to create partitions when organizing controlled gas exchange during indoor fires.

Key words: fire suppression, controlled gas exchange, smoke curtain, fabric, tarpaulin, fiberglass fabric, fire resistance, flame retardant, treatment.

© Багажков И. В., 2026

Успешное тушение пожаров зависит от тактической подготовки начальствующего состава в пожарно-спасательных подразделениях ФПС ГПС России и квалификации специалистов в области пожаротушения в высших учебных заведениях МЧС России [8]. Благодаря применению тактической вентиляции, одновременно со снижением вероятности гибели и травмирования людей от опасных факторов пожара и их вторичных проявлений, обеспечивается безопасность пожарных и спасателей при выполнении ими действий по спасению и тушению пожаров.

При организации управляемого газообмена на пожаре целесообразно применение мобильных противопожарных перемычек с возможностью установления в различных частях помещения для формирования потока продуктов сгорания и управления им. Так называемый противодымный занавес (перемычка) – незаменимое средство при организации и проведении тактической вентиляции объектов пожаров, который предназначен для:

1. создания вентиляционного канала;
2. предотвращения распространения дыма;
3. оказания помощи при создании зоны повышенного давления на незадымленных участках;
4. оказания помощи при сильном ветре;
5. повышения давления в зоне вентиляции, при этом занавес устанавливается в дверном проёме;
6. блокирования проёмов (в том числе оконных) с целью предотвращения воздействия ветра на вентиляцию.

Перекрытие дверных проёмов горящих помещений с помощью занавеса оказывает воздействие на потоки воздуха в здании, предотвращая распространение дыма при пожаре. Как правило, занавес устанавливается в верхней части проёма (рис), предохраняя не горящую часть здания от выхода горячих продуктов горения из помещения пожара, а в нижней части проёма полотно занавеса висит свободно, способствуя проникновению свежего воздуха при вентиляции [5,7].

Применение нескольких занавесов позволяет перекрыть дверной проём полностью.

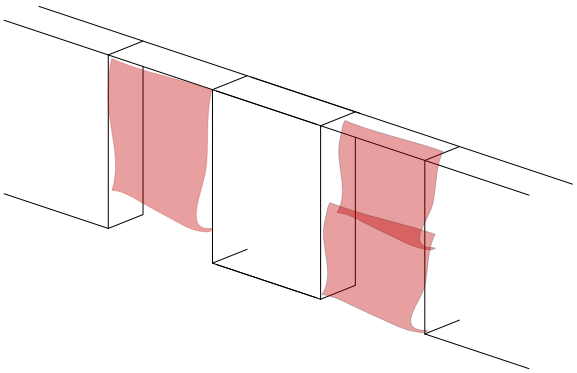


Рисунок. Противопожарный занавес

Применение занавеса основано на принципах и законах конвективного перемещения газов из горящего помещения в соседние через верхние части проёмов. Именно эту верхнюю часть проёма и перекрывает занавес. И как только в горящем (задымленном) помещении создан вытяжной проём, продукты горения устремляются наружу, а в нижнюю подвижную часть (в виде откидывающегося полога) поступает свежий воздух и проникают пожарные для выполнения задач [7,8].

Если в помещении отсутствует проём, то занавес уменьшает площадь имеющегося, препятствуя выходу продуктов горения из помещения. Занавес доказал свою эффективность, когда в вытяжной проём дует ветер или имеется повышенное сопротивление воздуха в здании.

Мобильность используемой конструкции подразумевает использование тканного полотна на сборном каркасе. Выбор полотна определяется стоимостью, доступностью и потребительскими свойствами.

Полотно из стеклоткани или обработанного брезента, которое выдерживает температуру до 600°С, должно иметь специальную пропитку против намокания и загрязнения. При 200°С данная пропитка разрушается, что не влияет на термостойкость всего полотна, которое выдерживает прямое воздействие пламени в течение 1 часа [4,5].

Обработка должна производится согласно НПБ 257, ГОСТ Р 50810 и Р 53294, руководству «Способы и ОС ТМ», ФЗ 123 и СНиП 21-01-97. В результате ткани приобретают новые свойства. В зависимости от состава и способа нанесения они становятся негорючими, огнеупорными или трудновоспламеняемыми [1,2,3].

Защитные составы, применяемые для обработки тканных полотен имеют различный состав и производителя и как следствие разную стоимость. На рынке предлагаемых услуг возможно использование составов различных производителей.

«Нортекс», которые подходят для обработки всех видов текстильных материалов: шерсти, хлопка, льна, шелка, синтетических и смесовых тканей. Защитный эффект сохраняется около 5 лет. После стирки и влажной чистки требуется возобновлять защиту.

Огнебиозащитные пропитки не изменяют свойства и цвет материалов, не имеют запаха, не образуют разводов (высолов). Обработанная и необработанная ткань внешне не отличается. Линейка «Нортекс» имеет антисептические свойства, предотвращает развитие любых форм микроорганизмов и насекомых, что позволяет заметно увеличить срок эксплуатации материалов.

Ткани пропитываются составом методом окунания или распыления с последующей сушкой. Обработка огнебиозащитными составами поможет добиться соответствия помещения нормам пожарной безопасности. Обычно её проводят самостоятельно, реже – привлекают подрядчика.

"Окатэкс" белорусского производителя. После обработки ткани должны соответствовать ГОСТ Р 50810-95. «Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация». И соответствовать требованиям НПБ 257-02. «Материалы текстильные, постельные принадлежности, мягкая мебель, шторы, занавесы. Методы испытаний на воспламеняемость». Если поверхность подверглась воздействию воды, водного раствора, ПАВ. Противопожарные свойства ткани теряется. Для придания ткани противопожарных свойств, поверхность следует повторно обработать соответствующей пропиткой.

«Pekoflam THA» продукт на основе неорганических солей для неперманетной огнестойкой отделки технического текстиля. Устойчив к сухой химчистке.

«Huntsman» (США) — мировая химическая компания, её подразделение Textile Effect — поставщик химикатов и красителей, ориентированный на текстильную промышленность, принадлежит компании Archroma с 2023 года

«Pulcra Chemicals» (Германия) — это группа компаний, входящая в Fashion Chemicals Group, которая возникла в 2007 году из бизнес-подразделения «Process Chemicals» компании Cognis, которая, в свою очередь, была выделена из Henkel Group в 2001 году. Она производит технологические химикаты в основном для текстильной, волоконной и кожевенной промышленности.

Основные химические составы, применяемые производителями для повышения огнестойкости брезентовых тканей приведены в таблице.

Таблица. **Основные химические составы для повышения огнестойкости брезентовых тканей**

Химический состав	Механизм действия	Особенности
Аммоний фосфат ($(NH_4)\ 3PO_4$)	Образует углеродистый защитный слой. Снижает доступ кислорода, тормозит горение.	Широко применяется. Подходит при высоких температурах.
Аммоний полифосфат	Выделяет фосфорные кислоты, способствующие образованию кокса. Снижает горение.	Обеспечивает длительную защиту.
Бура (натриевая соль бора)	Образует термостойкий защитный слой. Выделяет воду при нагревании, охлаждая материал.	Экологичный антипирен. Часто используется в комбинированных составах.

Химический состав	Механизм действия	Особенности
Кремнийорганические соединения	Формируют силикатную пленку. Она устойчива к огню, высоким температурам.	Повышают термоустойчивость, долговечность.
Галогенсодержащие	Прерывают цепь горения. Ингибируют химические реакции в пламени.	Эффективны. Могут повредить экологии.
Фосфорорганические соединения	Выделяют фосфорные радикалы. Они ингибируют процесс горения.	Нужны в комплексных антипиренах.
Графитовые и углеродные наполнители	Образуют углеродистый коксовый слой. Он изолирует ткань от огня.	Улучшает защиту от пламени. Применяется в сочетании с другими составами.

На основании вышесказанного можно констатировать целесообразность применения огнезащитных материалов для обработки тканевых полотен, применяемых в пожаротушении из-за получения необходимых свойств:

1. не сразу воспламеняются при прямом контакте с огнём;
2. пламя по поверхности распространяется медленно;
3. при горении выделяет мало дыма, токсичных газов;
4. остается прочным в экстремальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.044-89 — Пожарная безопасность материалов и изделий. Методы испытаний на воспламеняемость.

2. ГОСТ 30244-94 — Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.

3. ГОСТ 30402-96 — Материалы текстильные для спецодежды. Общие требования к огнестойкости.

4. ГОСТ Р 53299-2009 — Защитные материалы и изделия. Методы оценки огнестойкости.

5. ГОСТ 12.4.281-2014 — Средства защиты персонала. Тканевые материалы с огнезащитной обработкой.

6. EN 13501-1 — Европейский стандарт классификации строительных материалов по пожарной опасности (если требуется экспорт или соответствие европейским нормам).

7. Багажков И.В. Подготовка специалистов МЧС России к мероприятиям по управлению газообменом на пожаре / И. В. Багажков, А. В. Ермилов, С. Н. Никишов, А. В. Кузнецов // Пожарная и аварийная безопасность. – 2025. – № 3(38). – С. 6-14. – EDN ZRKNPM.

8. Багажков И.В. Анализ современного состояния процесса тушения пожаров в зданиях и сооружениях повышенной этажности / И. В. Багажков, М. В. Гармаш // Молодой ученый. – 2022. – № 24(419). – С. 578-581. – EDN BJLNTR.

9. Методические рекомендации руководителю тушения пожара по организации и проведению тактической вентиляции зданий и сооружений при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС на территории города Москвы. – М.: ГУ МЧС России по г. Москве, 2014, 78 с.

УДК 614.841

А. А. Багарян, Е. В. Ширяев
Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

О ПРОБЛЕМАХ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ С НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Приведен анализ статистики пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов, описаны проблемы тушения пожаров в резервуарных парках с нефтью и нефтепродуктами по причине атак беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: пожар, резервуар, нефть, нефтепродукты, тушение пожара.

A. A. Bagaryan, E. V. Shiryaev

ON THE PROBLEMS OF FIRE FIGHTING IN TANKER PARKS WITH OIL AND PETROLEUM PRODUCTS

An analysis of fire statistics at oil and petroleum storage facilities has been carried out, and the problems associated with extinguishing fires in tank farms storing oil and petroleum products due to attacks by unmanned aerial vehicles have been described.

Key words: fire, reservoir, oil, petroleum products, fire extinguishing.

В период с 2018 по 2022 год ежегодно происходило от 9 до 18 пожаров и аварий на объектах хранения нефти и нефтепродуктов в Российской Федерации, при этом на распределительные нефтебазы приходилось около 48 % от общего числа пожаров в нефтяной отрасли. Основными причинами являлись человеческий фактор, отказы оборудования, огневые работы и удары молний [1, 2].

© Багарян А. А., Ширяев Е. В., 2026

В последние годы беспилотные летательные аппараты стали существенным фактором риска пожаров для объектов нефтяной инфраструктуры. Атаки на нефтебазы, резервуарные парки, нефтеперерабатывающие заводы и терминалы с нефтью и нефтепродуктами приводят к возникновению пожаров, повреждению оборудования, нарушению технологических процессов и длительным остановкам производственных объектов. Одними из первых пожаров резервуаров с нефтью и нефтепродуктами по причине атак беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) произошли в 2019 году Саудовской Аравии, с этого времени ежегодно растет число ударов БПЛА по нефтяной инфраструктуре в ходе боевых действий воюющих сторон.

Так, число атак на нефтеперерабатывающие заводы, резервуарные парки и нефтебазы России росло по годам: 18 случаев в 2022 году, 27 в 2023 году, 94 в 2024 году, не менее 140 в 2025 году. В первом полугодии 2026 года уже было зафиксировано 142 атаки на нефтяные объекты, что равно показателю за весь 2025 год. При этом открытые источники преимущественно учитывают количество атак на нефтяные объекты в целом, а не число резервуаров, непосредственноный реестр происшествий с указанием типа объекта, применённого средства поражения, факта возникновения пожара, числа повреждённых резервуаров и продолжительности горения.

При горении нефти и нефтепродуктов тепловое излучение создает сложности для пожарных подразделений при проведении пенной атаки, охлаждении соседних резервуаров, расположенных рядом с горящим резервуаром, работу ручных стволов и доступ к арматуре. Нагрев соседних резервуаров может привести к повреждению конструкций и развитию каскадной аварии.

При тушении резервуаров с горючими жидкостями требуется обеспечить подачу пены на всю необходимую площадь поверхности горения. Геометрические особенности поврежденного резервуара, положение стенки и крыши после поражения БПЛА, интенсивное тепловое воздействие, воздушный поток, защитные ограждающие конструкции осложняют подачу пены на тушение пожара.

Повреждение крыши, понтона или уплотнений может приводит к увеличению площади горения. При длительном пожаре возможны потеря несущей способности элементов резервуара, деформация его стенок и утечка горючей жидкости.

Соседние резервуары подвергаются тепловому излучению и по нормам пожаротушения должны охлаждаться водой: системой водяного орошения или лафетными стволами. Это увеличивает нагрузку на наружное противопожарное водоснабжение, требует достаточных насосных мощностей, пожарных рукавов и участников тушения пожара.

Повреждение стенки резервуара ниже уровня взлива горючей жидкости приводит к утечке горящего продукта или нефти, создает угрозу повреждения трубопроводов, запорной арматуры и другого технологического оборудования,

расположенного в каре группы резервуаров. В результате возможна разгерметизация трубопроводов и образование нового источника утечки горящего нефтепродукта или нефти.

В условиях длительного тушения пожара возникает проблема водоотведения из каре группы резервуаров, что в свою очередь приводит к угрозе распространения горящего нефтепродукта по воде.

Нехватка пенообразователя, низкое его качество и другие условия, не обеспечивающие требуемого качества полученной пены, а также разрушение слоя пены может привести к возобновлению горения после первоначального подавления пламени.

Анализ действий по тушению пожаров в резервуарных парках показывает, что отсутствие локализации пожара в первые десятки минут с момента его возникновения из-за неисправности или неэффективной работы автоматической системы пожаротушения, а также неэффективным проведением пожарными подразделениями первой пенной атаки существенно увеличивает вероятность эскалации пожара и масштаба последствий.

Проблемы пожаротушения крупных нефтяных терминалов диктуют необходимость разработки новых средств противопожарной защиты резервуаров, направленных на снижение вероятности разрушения стенок резервуара, распространения горения и каскадного развития аварии. Одним из перспективных направлений является совершенствование конструкции резервуара с дополнительной защитной стенкой с заполнением межстенного пространства негорючим материалом, например, гранулированным пеностеклом [3], что в свою очередь является и теплоизолирующим, и огнезащитным проектным решением, при этом данный материал может быть использован для тушения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уроки, извлеченные из аварий / [Электронный ресурс] // Ростехнадзор : [сайт]. — URL: https://www.gosnadzor.ru/.

2. Аникин И.А., Петров А.П. Пожарная безопасность резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов // Евразийский научный журнал. 2022. №10. С. 32-36.

3. Ширяев Е. В., Швырков С. А. Применение гранулированного пеностекла для противопожарной защиты объектов нефтегазового комплекса // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2026. № 1. С. 37–45. DOI:10.25257/FE.2026.1.37-45

УДК 677.2

М. Байраммадова[1], А. Д. Шоева[2]
[1]Ивановский государственный химико-технологический университет
[2] Технологический университет Таджикистана, г. Душанбе

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ТКАНЕЙ

Апробированы новые препараты фирмы ООО «ХимТехника» из линейки «Фламентол», предназначенные для придания целлюлозным тканям огнезащитных свойств. Показано, что данные препараты не всегда обеспечивают достижение требуемых технических характеристик огнезащитной отделки целлюлозных тканей. Предложено модифицировать составы композиций путем включения в них мочевины или ортофосфорной кислоты. Выявлена высокая эффективность применения ортофосфорной кислоты в качестве синергической добавки, значительно улучшающей огнезащитные свойства композиций.

Ключевые слова: огнестойкость, антипирены, длина обугленного участка, время прожигания, время остаточного горения, ортофосфорная кислота

M. Bayrammadova, A. D. Shoeva

IMPROVEMENT OF FIRE-RESISTANT FINISHING TECHNOLOGY FOR CELLULOSE-CONTAINING FABRICS

New products from the "Flamentol" line of products from KhimTekhnika LLC, designed to impart flame retardant properties to cellulose fabrics, were tested. It was shown that these products do not always achieve the required technical characteristics for flame retardant finishing of cellulose fabrics. It was proposed to modify the compositions by incorporating urea or phosphoric acid. Phosphoric acid was found to be highly effective as a synergistic additive, significantly improving the flame retardant properties of the compositions.

Key words: fire resistance, fire retardants, char length, burn-through time, residual combustion time phosphoric acid

В настоящее время проблема огнезащитных текстильных материалов приобретает исключительное внимание исследователей, работающих в области создания новых типов замедлителей горения, внимание уделяется вопросам создания текстильных материалов, обладающих комплексом заданных свойств, которые необходимы для использования, как в быту, так и в специальных отраслях.

© Байраммадова М., Шоева А. Д., 2026

В качестве огнезащитных покрытий для текстильных материалов используют несколько типов соединений и полимеров, включая неорганические кислоты, соли кислот и гидраты, фосфорорганические и броморганические соединения, системы солей сурьмы и галогенов и т.д. Их можно разделить на три категории:

– первичные антипирены на основе фосфора и (или) галогена – производные фосфора обычно действуют в твердой или конденсированной фазе, в то время как галоген (хлор или бром) активен в газовой фазе;

– антипирены с использованием синергистов, таких как азот и сурьма, для антипиренов на основе фосфора и галогенов соответственно. Сами по себе синергисты не являются антипиренами;

– физические антипирены включают тригидрат алюминия, соединения бора, силикаты и карбонаты. Их активность в основном физическая, хотя недавно были приведены некоторые доказательства химического эффекта. Они недолговечны и используются только в том случае, если долговечность при стирке не играет роли [1].

В течение последних пятидесяти лет для огнезащиты целлюлозных тканей применяют фосфаты, фосфонаты, фосфорамидаты и соли фосфония [2]. Например, красный фосфор, будучи одной из структурных модификаций фосфора, выделяется среди этих соединений своей экологической и физической безопасностью. Он также представляет собой наиболее концентрированный источник фосфорсодержащих огнезащитных средств, включая белый и черный фосфор. Фосфор, как и галогенированные огнезащитные составы, но исключительно в конденсированном виде, способен поглощать свободные радикалы, образующиеся при термическом разложении полимера, и замедлять неокислительный пиролиз хлопковых материалов. Кроме того, было обнаружено, что красный фосфор в сочетании с хлоридом цинка демонстрирует синергетический эффект, повышая степень обугливания и уменьшая выделение горючих газов в процессе термического разложения хлопковых образцов [3]. Однако при длительном взаимодействии с воздухом красный фосфор выделяет высокотоксичные газы.

Широко используют для огнезащиты целлюлозных тканей различные неорганические соли фосфора, включая фосфат мочевины, диаммоний фосфаты, аммоний фосфаты и сульфамат аммония. При термическом воздействии указанные соединения подвергаются термодеструкции с образованием кислот, которые инициируют протекание реакций дегидратации и карбонизации — ключевых стадий термического разложения целлюлозы. Однако отделка с использованием солей не является перманентной. Огнезащитный эффект исчезает после одной или двух стирок текстильного материала [4].

Для разработки композиций наибольший интерес представляет ортофосфорная кислота способная в присутствии карбамида или дициандиамида при термообработке взаимодействовать с гидроксильными

группами целлюлозы волокна, благодаря чему достигается эффект перманентности отделки [5].

В исследовании опробованы новые препараты фирмы ООО «ХимТехника» линейки «Фламентол» для придания целлюлозным тканям огнезащитных свойств. Установлено, что данные препараты не всегда позволяют получить высокие технические результаты огнезащитной отделки целлюлозных тканей. Цель работы состояла в усовершенствовании препарата Фламентол НМ для эффективной огнезащитной отделки целлюлозных тканей.

Огнестойкость текстильных материалов определяли методом вертикального горения в пламени газовой горелки, измеряя высоту обугливания образца за время выдержки в пламени в течение 20 с, а также время остаточного горения образца после удаления из пламени. Вместе с тем, оценивали время прожига материала раскаленным металлическим стержнем. Повысить огнезащитные свойства препаратов в соответствии с литературным обзором традиционно позволяют азот- и фосоросодержащие соединения, в качестве которых были опробованы мочевина и ортофосфорная кислота в различных концентрациях (таблица).

Таблица. **Составы на основе «Фламентола НМ» с введением азот- и фосоросодержащих соединений**

№ состава	Основной препарат		Эффективные добавки	
	наименование	концентрация, г/л	наименование	концентрация, г/л
1.	Фламентол НМ	100	Мочевина	50
2.				100
3.				200
4.			О-фосфорная кислота	60
5.				80
6.				100
7.		150	Мочевина	50
8.				100
9.				200
10.			О-фосфорная кислота	60
11.				80
12.				100
13.		200	Мочевина	50
14.				100
15.				200
16.			О-фосфорная кислота	60
17.				80
18.				100

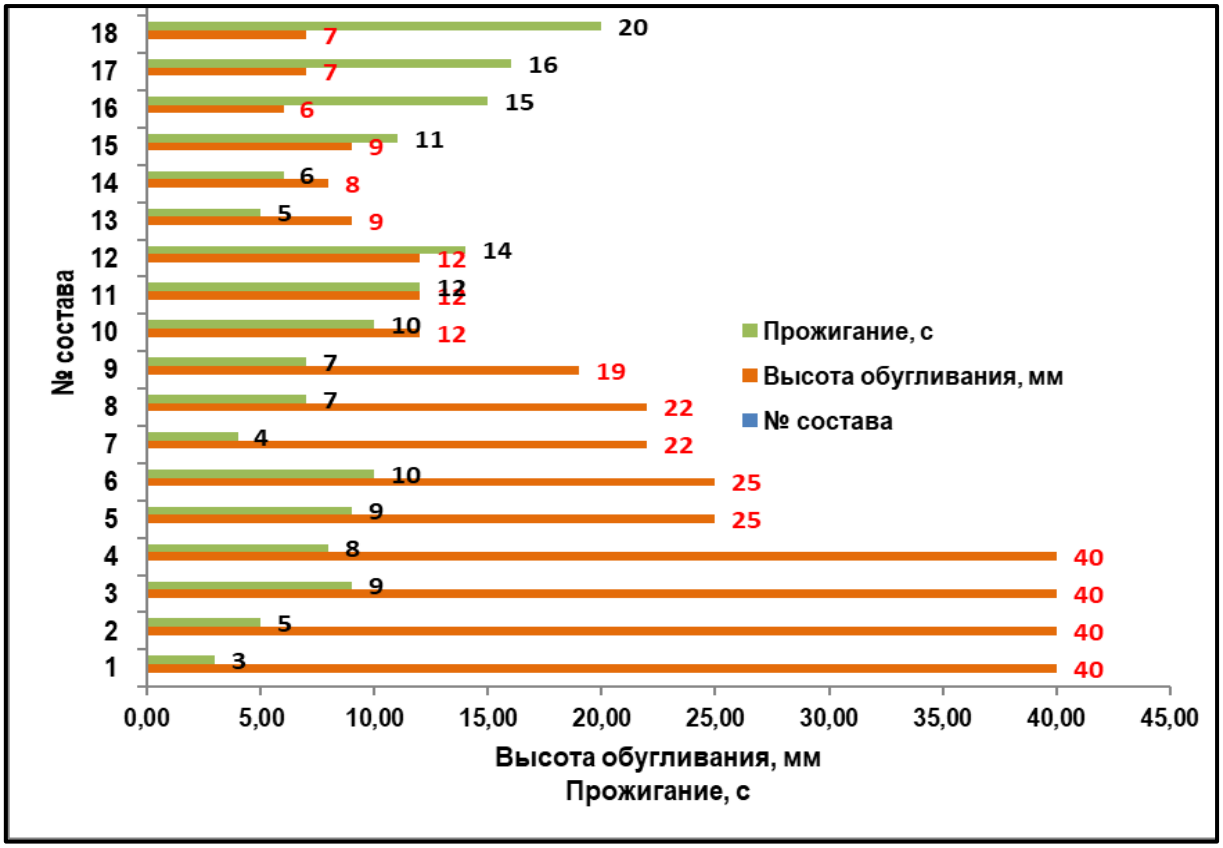


Рисунок. Влияние состава пропиточной композиции на основе препарата «Фламентол НМ» на огнезащитные свойства ткани авизент

Анализ полученных показателей огнестойкости текстильных материалов при использовании предложенных композиций показывает, что приемлемые результаты получаются уже при использовании препарата «Фламентол НМ» с концентрацией 150 г/л и ортофосфорной кислоты концентрацией 60 г/л (образец 10). Применение мочевины эффективно в концентрации 100 г/л в сочетании с «Фламентолом МН» концентрацией 200 г/л. По-видимому, мочевина, являясь гидротропным веществом, удерживает в образцах влагу, что обуславливает ее меньшую эффективность по сравнению с ортофосфорной кислотой. В результате исследований был выбран состав с включением ортофосфорной кислоты в количестве от 60 до 80 г/л.

Таким образом, разработана композиция для огнезащитной отделки целлюлозных текстильных материалов на основе препарата «Фламентол НМ», позволяющая получать высокие технические результаты: длину обугленного участка не более 12 мм; время остаточного горения 0 сек; время прожигания не менее 9 сек для хлопчатобумажного авизента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы и средства огнезащиты текстильных материалов: Руководство. – М.: ВНИИПО, 2004. – 48 с.

2. Trovato V. et al. How to Address Flame-Retardant Technology on Cotton Fabrics by Using Functional Inorganic Sol–Gel Precursors and Nanofillers: Flammability Insights, Research Advances, and Sustainability Challenges //Inorganics. — 2023. —Vol. 11. — №. 7. —P. 306.

3. Mostashari S.M., Fayyaz F. A combination of red phosphorus-zinc chloride for flame-retardancy of a cotton fabric / S.M. Mostashari, F. Fayyaz // International journal of polymeric materials. — 2007. —Vol. 57. — №. 2. —P. 125-131.

4. Леонова Н.А. Огнезащита целлюлозных материалов композициями фосфор – и азотсодержащих соединений/ Н.А. Леонова, В.И. Шкробышева //Известия Вузов. Технология текстильной промышленности. —2005. —№5. —С.37-41.

5. Балакин В.М. Азот-фосфорсодержащие антипирены для древесины и древесных композиционных материалов / В.М. Балакин, Е.Ю. Полещук //Ж. Пожаровзрывобезопасность. —2008. —Т.17. —№2 . — С.43-46.

УДК 614.841

О. В. Беззапонная
Уральский институт ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ТОРФА МЕТОДОМ СИНХРОННОГО ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Рассмотрена возможность оценки кинетических параметров процесса ТОД торфа с использованием данных динамической термогравиметрии для дальнейшего более точного расчёта критической температуры и периода индукции самовозгорания исследуемого материала в соответствии с ГОСТ 12.1.044-2018.

Ключевые слова: тепловое самовозгорание, термоокислительная деструкция торфа, энергия активации, динамическая термогравиметрия.

O. V. Bezzaponnaya

STUDY OF THE KINETICS OF THERMAL-OXIDATIVE DESTRUCTION OF PEAT BY THE METHOD OF SYNCHRONOUS THERMAL ANALYSIS

The possibility of estimating the kinetic parameters of the thermal-oxidative destruction of peat using dynamic thermogravimetry data is considered for further, more accurate calculation of the critical temperature and induction period of spontaneous combustion of the studied material in accordance with GOST 12.1.044-2018.

Keywords: thermal spontaneous combustion, thermal-oxidative destruction of peat, activation energy, dynamic thermogravimetry.

© Беззапонная О. В., 2026

В настоящее время оценку склонности веществ и материалов к тепловому самовозгоранию проводят в соответствии с методикой ГОСТ 12.1.044-2018 в ячейках разного объёма термостатированием образцов при разных температурах. Методика, помимо экспериментальных исследований включает в себя достаточно сложные расчёты кинетических параметров процесса термоокислительной деструкции (ТОД) торфа, критического размера материала, критической температура самовозгорания и времени индукции. Данная методика недостаточно точно позволяет оценить кинетику протекания процесса самовозгорания, поскольку расчёт энергии активации и предэкспоненциального множителя проводится с использованием справочных значений теплофизических характеристик и теплоты реакции. Поскольку химический состав торфа различных месторождений отличается, то применение данного методического подхода позволяет получить лишь приблизительные значения кинетических параметров.

Для оценки кинетических параметров ТОД целесообразно применять методы, характеризующиеся высокой точностью и воспроизводимостью результатов. Достаточно простым и при этом точным методом определения кинетических параметров является метод динамической термогравиметрии [1, 2]. Условием применения данного метода является равенство единице порядка реакции. Поскольку порядок реакций, лимитирующей стадией которых является подвод (диффузия) кислорода к поверхности частиц материала, приблизительно равен единице, то представляется возможным использовать данный метод для оценки кинетических параметров ТОД таких материалов, в частности − торфа. В связи с этим актуальны исследования кинетических закономерностей протекания процесса ТОД данного растительного материала методом синхронного термического анализа (СТА).

Торф обычно рассматривается как пример микробиологического самовозгорания по причине жизнедеятельности бактерий и микроорганизмов. Однако развитие процесса самовозгорания торфа после гибели микроорганизмов (при температурах выше 70–80 °С) происходит уже по тепловому механизму за счёт выделения тепла в результате протекания процесса ТОД торфа, кинетика протекания которого изучена не в полной мере. В качестве объекта исследования рассмотрен торф месторождения «Чистое» Режевского городского округа (Свердловская область), предварительно высушенный при температуре 40 °С. Плотность воздушно-сухой массы образцов торфа составляла 150±10 кг/м^3.

Исследования проводились методом СТА, позволяющего оценить потерю массы образцом в динамических условиях нагрева, кинетику протекания процесса ТОД. Использовался термоанализатор STA 449 F 5 Jupiter «NETZSCH». Испытания образцов торфа проводились в смеси кислорода с азотом (1 : 4), в тиглях из оксида алюминия (Al_2O_3). Сканирование аналитических сигналов проводилось при линейном режиме нагрева с

интенсивностью 10 °С/мин. Полученные термоаналитические кривые торфа приведены на термограмме (рис. 1).

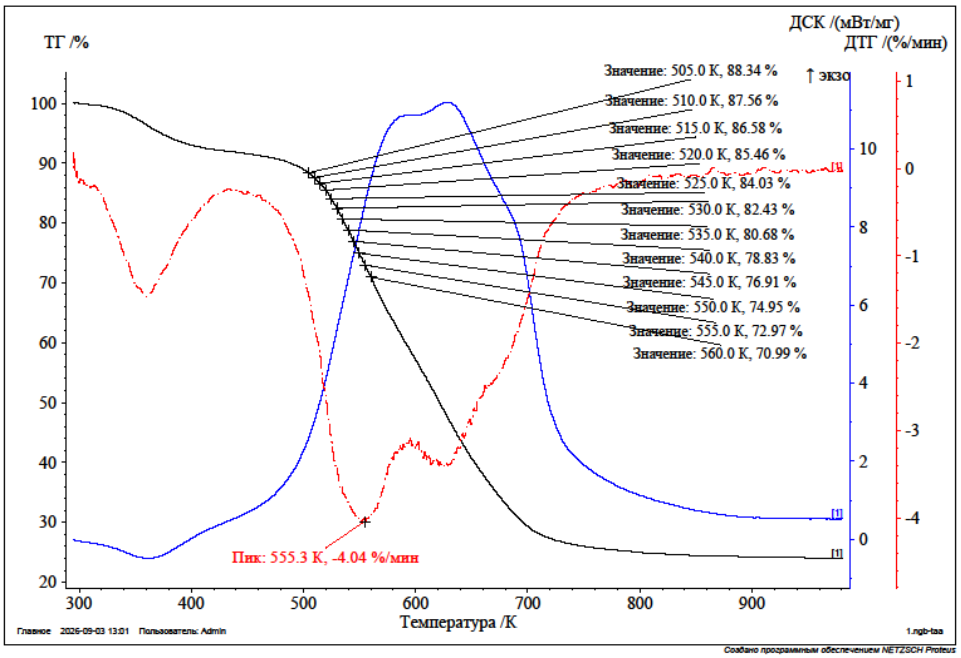


Рис. 1. Термоаналитические кривые торфа

Кинетические параметры (энергия активации и предэкспоненциальный множитель) определялись методом динамической термогравиметрии. Поскольку процесс ТОД торфа лимитируется стадией диффузии кислорода воздуха к поверхности торфа, то порядок реакции ТОД торфа $n = 1$ В этом случае для оценки кинетических параметров целесообразно применять метод, предложенный Бройдо в соответствии с уравнением формальной кинетики:

$$\ln\left[\ln\frac{100}{100-\Delta m}\right] = \ln\frac{A\cdot\Delta T}{\beta} + \frac{E_a}{RT},$$

где Δm – потеря массы, %, определяемая по термогравиметрической (ТГ) кривой;

β – скорость нагрева; E_a – энергия активации, Дж/моль; A – предэкспоненциальный множитель, $с^{-1}$; R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К; ΔT – температурный интервал ТОД исследуемого материала, К.

Исходные данные для оценки кинетических параметров ТОД торфа, определяемые по ТГ-кривой, приведены в таблице.

Таблица. **Исходные данные для расчета энергии активации**

T, K	$10^3/T$	100-Δm, %	ln(ln(100/(100-Δm))
505	1,980	88,34	-2,088
510	1,961	87,56	-2,019
515	1,942	86,58	-1,937
520	1,923	85,46	-1,851
525	1,905	84,03	-1,749
530	1,887	82,43	-1,644
535	1,869	80,68	-1,539
540	1,851	78,83	-1,436
545	1,835	76,91	-1,337
550	1,810	74,95	-1,244
555	1,801	72,97	-1,155

Температурный интервал обработки экспериментальных данных составил 50 К. Графические зависимости $\ln\left[\ln\frac{100}{100-\Delta m}\right]$ от обратной температуры приведены на рис. 2.

Энергия активации рассчитывалась из тангенса угла наклона полученной прямолинейной зависимости, характеризующейся высоким коэффициентом аппроксимации (R^2 = 0,9964), что доказывает равенство единице порядка реакции ТОД торфа. Значение энергии активации торфа составило 44,4 кДж/моль. Предэкспоненциальный множитель рассчитывался с использованием свободного члена эмпирического уравнения зависимости (рис. 2) и составил $A = 0{,}135 \cdot 10^2$ с$^{-1}$. Полученные значения кинетических параметров удовлетворительно согласуются с результатами исследований образцов торфа, представленными в работе [3].

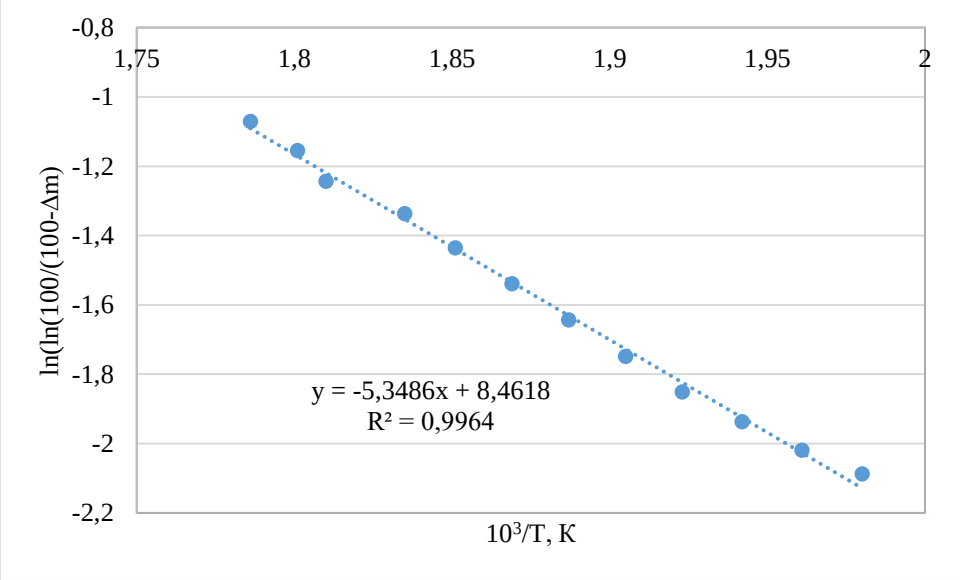


Рис. 2. График зависимости двойного логарифма потери массы от обратной температуры

Таким образом, результаты исследований образцов торфа показали, что возможности метода СТА позволяют оценить кинетические параметры процесса ТОД торфа для дальнейшего их применения при расчёте критической температуры и времени индукции самовозгорания исследуемых материалов в соответствии с ГОСТ 12.0.044-2018. В результате испытаний образцов торфа методом СТА определены значения кинетических параметров процесса ТОД образцов торфа: энергия активации составила 44,4 кДж/моль, а предэкспоненциальный множитель – $A = 0{,}135 \cdot 10^2$ с$^{-1}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Принцева М. Ю., Лобова С. Ф. Применение термического анализа для расчёта кинетических параметров термодеструкции полимеров при выполнении реконструкции пожара // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново. 2020. С. 95–99.

2. Беззапонная О.В. Оценка кинетических параметров термоокислительной деструкции полимерных материалов для решения задач пожарно-технической экспертизы // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. №1 (73). С. 166-174.

3. Ибраева К.Т., Табакаев Р.Б., Языков Н.А. Исследование кинетики термической деструкции торфа, седиментально разделённого в жидкостях различной плотности / Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2018: Материалы XII Международной научно-практической конференции. Кемерово, 2018. С. 1007.1-1007.8.

УДК 614.841

О. В. Беззапонная
Уральский институт ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ ТЕРМОПЛАСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТИПИРЕНОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Представлены результаты исследования по повышению термостойкости полипропилена с использованием добавок бромсодержащего антипирена и минерального компонента (талька). Анализируются закономерности термоокислительной деструкции исходного и модифицированных образцов полипропилена. Установлено повышение термостойкости полимерного материала за счёт снижения потери массы на 30 %.

Ключевые слова: термоокислительная деструкция термопластов, полипропилен, антипирены, тальк, метод синхронного термического анализа.

© Беззапонная О. В., 2026

O. V. Bezzaponnaya

INCREASING THERMAL RESISTANCE OF THERMOPLASTIC MATERIALS USING FIRE RETARDANTS AND MINERAL FILLERS

The results of a study on increasing the heat resistance of polypropylene using the addition of a brominated flame retardant and a mineral component (talc) are presented. The patterns of thermal-oxidative destruction of the original and modified polypropylene samples are analyzed. An increase in the heat resistance of the polymer material was established due to a reduction in mass loss by 30 %.

Keywords: thermal-oxidative destruction of thermoplastics, polypropylene, fire retardants, talc, method of synchronous thermal analysis.

Основной недостаток, ограничивающий область применения полимерных материалов, это их пониженная устойчивость к высоким температурам, вызывающая потерю жёсткости конструкции, нарушение герметичности, неравномерное распределение нагрузки по объёму и высокая пожарная опасность. Значительная часть применяемых в быту полимеров представляют собой термопластичные полимерные материалы, которые при тепловом воздействии переходят из твердого в эластичное и вязкотекучее состояния. Опасность применения материалов такого типа с точки зрения возгорания и дальнейшего распространения пламени, как правило, обусловлена их возможностью плавиться и образовывать горящий расплав полимера. В связи с этим требуется совершенствование их композиционного состава с целью сохранения их свойств при нагреве (повышения тепло-, термо- и огнестойкости).

Для повышения термостойкости полимерных материалов, применяемых в строительстве, разработаны и успешно применяются специальные добавки: минеральные вещества (песок, асбест, слюда, тальк, каолин, карбонат кальция), органоглины, угле- и стекловолокно [1-3] и т. д. В последние годы для повышения прочностных свойств и термостойкости полимерных материалов применяют их армирование наноструктурными наполнителями. Особый вклад в увеличение термостойкости вносят также керамические добавки [4] и глинозем.

Для оценки влияния модифицирующих добавок на термостойкость полимеров целесообразно применять методы термического анализа, поскольку они обладают высокой информативностью при исследовании протекающих физико-химических процессов в ходе термолиза различных веществ и материалов, и полимеров, в частности. В качестве термоаналитических характеристик, описывающих термостойкость исследуемых материалов, обычно используют различные сочетания таких характеристик как температура начала потери массы образцом [5], величина потери массы [6], скорость потери массы [7], зольный остаток [4], температура термоокислительной деструкции материала [6].

Влияние антипиренов и минеральных компонентов на термоаналитические характеристики термопластов рассмотрено на примере полипропилена (ПП) – PP-R/GF (ТУ 22.21.29-005-14504968-2019), отвечающего требованиям ГОСТ 53630-2015 «Трубы напорные многослойные для систем водоснабжения и отопления. Общие технические требования». В качестве антипирена использовалась бромсодержащая добавка с синергетиком (Sb_2O_3), а в качестве минерального компонента применялся тальк со степенью наполнения 6 %, масс.

Исследования проводились методом синхронного термического анализа (СТА) на термоанализаторе STA 449 F 5 Jupiter «NETZSCH». Испытания образцов ПП проводились в смеси кислорода с азотом (1 : 4) с общим расходом газа 75 мл/мин, в тиглях из оксида алюминия (Al_2O_3). Для испытаний готовились образцы массой 5-6 мг в виде тонких пластин (дисков) толщиной 0,3-0,4 мм. Сканирование аналитических сигналов проводилось при линейном режиме нагрева с интенсивностью 20 °С/мин.

Для оценки термостойкости ПП применялись следующие термоаналитические характеристики: потеря массы в интервале температур протекания ТОД (Δm, %), зольный остаток (ЗО, %) и максимальная скорость потери массы (υ_{max}, %/мин). Термограмма образцов исходного ПП, ПП с добавкой антипирена (ПП+А), а также с добавкой талька (ПП+А+Т) представлены на рисунке.

Анализ термогравиметрической (ТГ) кривой и кривой дифференциальной термогравиметрии (ДТГ) исходного ПП свидетельствует о наличии одной стадии термолиза исследуемого материала. Начало потери массы соответствует температуре 393,7 °С. Общая потеря массы в интервале температур 25-600 °С составила 99,14 %, зольный остаток (ЗО) при температуре 600 ºС составил 0,86 %, что свидетельствует о низкой термостойкости и высокой горючести исследуемого полимерного материала. В интервале температур 400-500 °С происходит значительная потеря массы образцом ПП (86,78 %) за счёт его ТОД. Таким образом, анализ термограммы исходного ПП свидетельствует о его низкой термостойкости, так как в интервале температур 300-500 °С наблюдается значительная потеря массы (практически до нуля), причём с очень высокой скоростью (32,73 %/мин).

Анализ ТГ и ДТГ-кривых образца ПП с добавкой бромсодержащего антипирена (ПП+А) свидетельствует о двух стадиях процесса его термолиза (два ДТГ-пика). Первый ДТГ пик обусловлен выделением бромоводорода, а второй − термоокислительной деструкцией (ТОД) полимерного материала. Значения термоаналитических характеристик исследуемых образцов ПП приведены в таблице.

Таблица. **Термоаналитические характеристики исследуемых образцов полипропилена**

Исследуемый материал	ЗО, %	Δm, %	υ_{max}, %/мин	Q, Дж/г
ПП	0,86	86,78	32,73	1827
ПП + А	2,73	65,80	20,65	1457
ПП + А + Т	9,79	61,08	19,36	1309

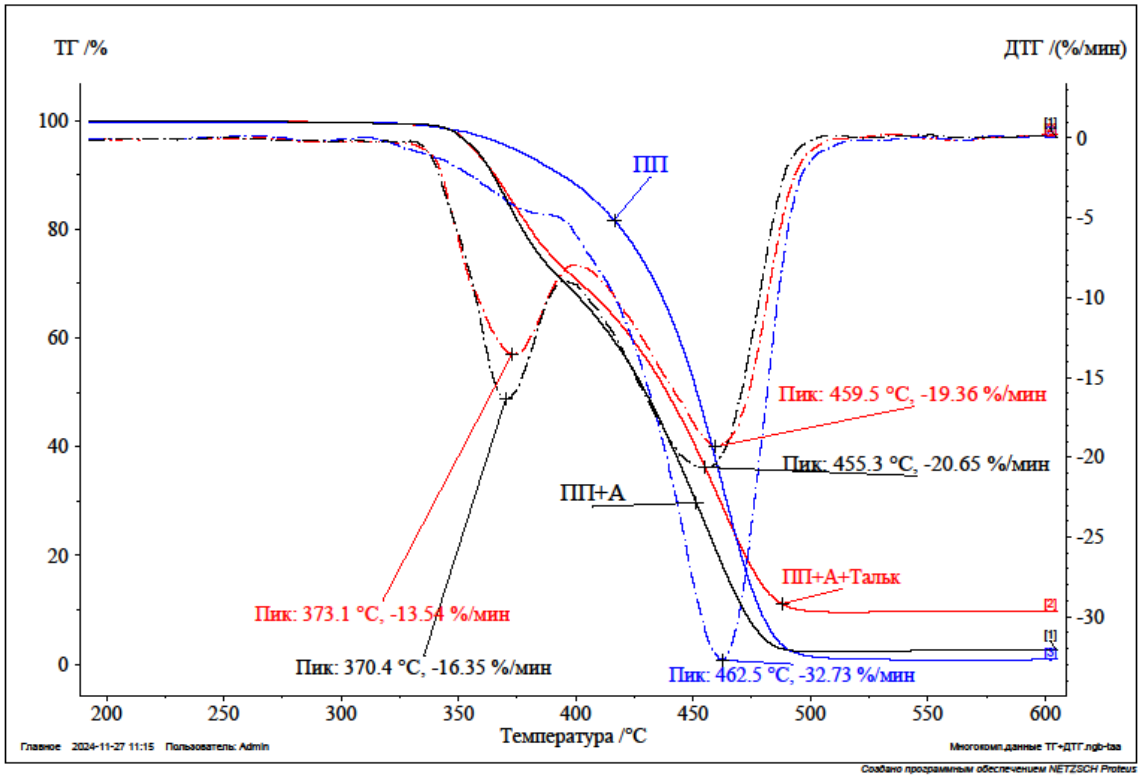


Рисунок. Термограмма образца ПП, образца ПП с добавкой антипирена (ПП+А) и образца ПП с добавкой антипирена и талька (ПП+А+Т)

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что введение антипирена приводит к снижению потери массы на 24 %, а также теплового эффекта на 20 %, что свидетельствует об ингибирующем эффекте ТОД применяемого антипирена.

Введение талька в состав полимерной композиции приводит к ещё большему снижению потери массы (на 30 %) в интервале 400–500 °C, максимальная скорость потери массы снижается на 41 %, повышается ЗО, что свидетельствует о повышении термостойкости исследуемого полимерного материала. Тепловой эффект процесса ТОД образца полимерного материала с комплексной добавкой, дополнительно определяемый по площади экзотермического пика на кривой дифференциальной сканирующей

калориметрии, показал также снижение на 28 %, что свидетельствует о снижении горючести исследуемого полимерного материала.

Таким образом, результаты введения в состав ПП комплексной добавки, содержащей и антипирен, и минеральный компонент показали наличие значительного эффекта в повышении термостойкости и снижении горючести исследуемого полимерного материала, что имеет высокую практическую ценность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлин, Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов / Ю.А. Михайлин. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011. 416 с.

2. Касьянова О.В., Теряева Т.Н. Влияние дисперсного наполнителя на термостойкость полипропилена // Вестник Кузбасского Государственного Технического Университета. 2006. №5. С. 98-102.

3. Архиреев В.П., Ибрагимов М.А., Трофимова Ф.А., Демидова М.И. Влияние состава слоистых силикатов типа бентонитов на термостойкость резин из силоксанового каучука // Вестник Казанского технологического университета 2009. №2. С. 60-63.

4. Bezzaponnaya O.V., Golovina E.V. Effect of mineral fillers on the heat resistance and combustibility of an intumescent fireproofing formulation on silicon base // Russian journal of Applied chemistry. 2018. Vol. 91. No. 1. Pp. 96-100.

5. Смирнов А.В., Горбачёв И.А., Синёв И.В. Влияние содержания вольфрама на механические свойства и термостойкость композиционного материала на основе полистирола // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2015. №7. С. 471-478.

6. Беззапонная О.В., Бизин И.В., Головина Е.В., Хабибуллина Н.В., Мансуров Т.Х. Оценка термостойкости текстильных материалов боевой одежды пожарного методом синхронного термического анализа // Техносферная безопасность. 2021. №4 (33). С. 101-112.

7. Галигузов А.А., Яшин Н.В., Авдеев В.В. Термостойкость огнезащитных материалов на основе ПВХ-пластикатов различного состава // Пластические массы, № 11-12, 2023. С. 21-25.

УДК 614.84:620.22

А. А. Беляков, Н. С. Лайус
Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А. В. Хрулёва, Санкт-Петербург

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрены закономерности поведения материалов теплозащитных пакетов, наружных покрытий напорных рукавов и теплозащитных панелей при воздействии теплового потока и пламени. Обоснованы решения по снижению массы пожарной техники.

Ключевые слова: пожарная техника, теплозащитный пакет, аэрогель, базальтовое волокно, напорный пожарный рукав, стойкость к прожигу, тепловой поток

A. A. Belyakov, N. S. Layus

HEAT-SHIELDING STRUCTURAL MATERIALS FOR FIREFIGHTING EQUIPMENT

The behaviour of materials of thermal protection packages, external coatings of pressure fire hoses and heat-shielding panels under heat flux and flame exposure is considered. Solutions reducing the weight of fire-fighting equipment are substantiated.

Key words: fire-fighting equipment, thermal protection package, aerogel, basalt fiber, pressure fire hose, burn-through resistance, heat flux

Эксплуатация пожарной техники протекает при тепловом потоке до 18-25 кВт/м², кратковременном контакте с открытым пламенем, температурах 300–800 °С, знакопеременных климатических нагрузках от минус 40 до плюс 40 °С, воздействии воды, раствора пенообразователя и абразивных поверхностей. Определяющими становятся не прочностные характеристики в исходном состоянии, а скорость их деградации при нагреве, сохранение теплоизолирующей способности и масса изделия, поскольку масса ограничивает время непрерывной работы газодымозащитника и тактическую подвижность расчёта. Пожарные автомобили и рукава подлежат обязательному подтверждению соответствия нормативно-правовым актам, техническим требованиям и методам испытаний [1, 2, 3, 4, 5]. Нормативные документы фиксируют результат, но не определяют пути его достижения, что требует изучения закономерностей поведения материалов.

Установление закономерностей изменения теплозащитных и прочностных характеристик материалов пожарной техники при тепловом и климатическом воздействии являются актуальными в современных реалиях, что способствует

© Беляков А. А., Лайус Н. С.

дальнейшему обоснованию решений, направленных на повышение эксплуатационных характеристик техники.

В настоящее время для кабин боевого расчёта, отсеков и цистерн применяют армированные стеклопластики, что снижает массу надстройки и исключает внутреннюю коррозию цистерны. Ограничивающим фактором остаётся горючесть полимерной матрицы, поэтому применяют огнестойкие связующие и наполнение гидроксидами металлов [6, 7].

Напорные пожарные рукава состоят из текстильного – каркаса, внутреннего гидроизоляционного и наружного покрытия. Нормируются разрывное давление (при рабочем 1,6 МПа – не менее 3,5 МПа), относительное увеличение диаметра, расход воды на увлажнение, стойкость к абразивному износу, температура хрупкости покрытия и стойкость к контактному прожигу, определяемая как время контакта стержня, нагретого до 450 °С и прижатого с усилием 4,0 Н, до образования свища при давлении 1,0 МПа – не менее 30 с для рукавов диаметром 51 мм с двусторонним покрытием [3].

Таблица 1. **Структура исследованных теплозащитных пакетов**

Вариант	Наружный слой	Влагобарьер	Теплоизоляционный слой
П-1 (базовый)	Мета-арамидная ткань, 220 г/м²	Мембрана с трикотажным дублёром, 145 г/м²	Иглопробивное мета-арамидное полотно 120 г/м², 2 слоя
П-2	Мета-арамидная ткань, 220 г/м²	То же	Иглопробивное базальтовое полотно 100 г/м², 2 слоя
П-3	Мета-арамидная ткань, 220 г/м²	То же	Базальтовое полотно 100 г/м² + аэрогельсодержащая вставка 3 мм
П-4	Арамидная ткань с отделкой, 250 г/м²	То же	Базальтовое полотно 100 г/м² + аэрогельсодержащая вставка 5 мм

В качестве объектов исследования были выбраны следующие параметры:

– теплозащитные пакеты, приведенные в таблице 1 (четыре варианта);

– напорные рукава диаметром 51 мм с рабочим давлением 1,2 МПа – серийный с полиуретановым покрытием и опытный с покрытием, модифицированным 2 масс. % нанодисперсного диоксида кремния и 1 масс. % углеродной наноструктуры;

– теплозащитные панели в виде минераловатной плиты, кремнезёмное полотно и аэрогельсодержащий мат в оболочке из алюмосиликатной ткани [8].

Теплозащитные свойства пакетов оценивались по времени достижения 44 и 50 °С на внутренней поверхности и по величине прошедшего теплового потока при воздействии 10 кВт/м² (метод «тепловая пластина») и при кратковременном воздействии пламени. Температуру регистрировали термопарами типа К с погрешностью не более 1,5 °С [4]. Стойкость к контактному прожигу [3] – при 450 ± 5 °С и усилии 4,0 ± 0,1 Н. Стойкость к абразивному износу – на стенде с ходом ленты 80 ± 2 мм, усилием прижатия 75 ± 5 Н и подачей 4 ± 1 мм за цикл до появления

свища; разрывное давление – при скорости повышения не более 0,3 МПа/с. Дополнительно проводились климатические испытания по режиму, а так же определялась температура хрупкости [9, 10]. Панели испытывались односторонним воздействием теплового потока 18 кВт/м². Теплопроводность определялась методом стационарного теплового потока при 25 и 300 °С, группа горючести в соответствии со стандартом [11].

Результаты исследования приведены в табл. 2–5.

Таблица 2. **Теплозащитные характеристики пакетов при тепловом потоке 10 кВт/м²**

Показатель	**П-1**	**П-2**	**П-3**	**П-4**
Поверхностная плотность, кг/м²	1,42	1,24	1,02	1,10
Толщина пакета, мм	3,4	3,2	4,0	5,8
Время достижения 44 / 50 °С, с	14,1 / 18,4	17,6 / 23,0	22,3 / 26,8	30,5 / 37,2
Максимальный прошедший тепловой поток, кВт/м²	1,62	1,38	1,12	0,84

Определено, что замена мета-арамидного теплоизоляционного слоя на базальтовое полотно (П-2) снижает массу пакета на 12,7 % и увеличивает время достижения 50 °С на 25 %, что объясняется более высокой температурой деструкции базальтового волокна и меньшей теплопроводностью холста. Введение аэрогельсодержащей вставки толщиной 3 мм (П-3) обеспечивает снижение массы на 28 % относительно базового варианта при увеличении защитного времени на 45,6 %, то есть реализуется принцип «меньше массы – больше защиты», недостижимый при простом увеличении толщины традиционных слоёв. Вариант П-4 даёт прирост защитного времени до 37,2 с, но увеличение массы и толщины ухудшает эргономику, поэтому оптимум для одежды общего назначения – вставка 3-4 мм, а П-4 целесообразен для одежды от повышенных тепловых воздействий и утеплённых подстежек теплоотражающих костюмов.

Таблица 3. **Показатели напорных пожарных рукавов диаметром 51 мм**

Показатель	**Серийный рукав**	**С наномодифицированным покрытием**
Толщина наружного покрытия, мм	0,45	0,38
Масса 1 м рукава, кг	0,62	0,60
Стойкость к контактному прожигу, с	31	48
Стойкость к абразивному износу, циклов	2400	3900
Разрывное давление, МПа	4,1	4,3
Расход воды на увлажнение, л/мин	0,15	0,11
Температура хрупкости покрытия, °С	-45	-50
Снижение разрывной нагрузки после старения, %	14	7

Повышение стойкости к прожигу в 1,55 раза и к абразивному износу в 1,63 раза при уменьшении толщины покрытия с 0,45 до 0,38 мм достигается формированием нанодисперсным диоксидом кремния пространственного каркаса в приповерхностном слое полиуретана и упрочняющим действием углеродной наноструктуры. Снижение расхода воды на увлажнение указывает на уменьшение смачиваемости поверхности, что снижает массу рукава в боевом развёртывании и риск примерзания при отрицательных температурах.

Таблица 4. **Теплозащитные панели для экранов и мобильных средств защиты**

Показатель	**Минераловатная плита**	**Кремнезёмное полотно**	**Аэрогельсодержащий мат**
Плотность, кг/м³	125	480	180
Теплопроводность при 25 / 300 °C, Вт/(м·К)	0,037 / 0,074	0,050 / 0,090	0,016 / 0,025
Толщина экрана при 18 кВт/м², мм	25	20	10
Температура необогреваемой поверхности через 10 мин, °C	84	96	58
Масса 1 м² экрана, кг	3,13	9,60	1,80
Группа горючести по [2]	НГ	НГ	НГ

Аэрогельсодержащий мат позволяет снизить толщину экрана в 2,0-2,5 раза и массу в 1,7-5,3 раза при уменьшении температуры защищаемой поверхности на 26-38 °C. Это делает возможным применение мобильных теплоотражающих экранов для защиты боевого расчёта в очаге лесного пожара и в резервуарном парке, а также теплоизоляцию насосного отсека без увеличения габаритов надстройки [8]. После 50 тепловых ударов с нагревом до 600 °C теплопроводность мата возрастает на 6 %, что не требует изменения конструкции экрана в течение назначенного срока службы.

Таблица 5. **Выигрыш в массе пожарной автоцистерны среднего класса**

Элемент	**Решение**	**Снижение массы, кг**
Цистерна 3,2 м³	Стеклопластик вместо стали 09Г2С	145-155
Надстройка и отсеки	Армированный стеклопластик	90-110
Экраны и изоляция отсеков	Аэрогельсодержащий мат	40-55
Рукавная линия (12 рукавов по 20 м)	Тонкое наномодифицированное покрытие	12-18
Комплект одежды на расчёт 6 человек	Пакет П-3 вместо П-1	18-24 (носимая масса)

Снижение снаряжённой массы на 305-362 кг позволяет увеличить запас огнетушащих веществ на 0,3-0,4 м³ без превышения нагрузки на ось, сократить расход топлива на 3-5 % и улучшить разгонную динамику; снижение носимой массы экипировки на 3-4 кг на газодымозащитника увеличивает предельное время работы на 15-20 % при той же лёгочной вентиляции. Рост ресурса рукавов в 1,6 раза позволяет для данной партии перейти на интервал контроля 12 месяцев вместо 6 при сохранении требований к приёмке. Стальные элементы каркаса отсеков и противопожарных преград дополнительно защищают вспучивающимся покрытием, группа огнезащитной эффективности установлена в соответствии со стандартом [12]. Стоимость аэрогельсодержащего мата в 3-5 раз выше стоимости минераловатной плиты в расчёте на единицу массы, однако в пересчёте на единицу термического сопротивления и с учётом экономии массы удельные затраты сопоставимы, поэтому целесообразно дифференцированное применение: аэрогель – для узлов с жёсткими ограничениями по массе и толщине, стеклопластики – для крупногабаритных ёмкостей и панелей, наномодифицированные покрытия – для рукавов и деталей, работающих на абразивный износ.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Замена мета-арамидного теплоизоляционного слоя на иглопробивное базальтовое полотно снижает поверхностную плотность пакета на 12,7 % и увеличивает время достижения 50 °C на 25 %, а введение аэрогельсодержащей вставки толщиной 3 мм обеспечивает снижение массы на 28 % при росте защитного времени на 45,6 %. Оптимальная толщина аэрогельсодержащей вставки для одежды общего назначения – 3-4 мм; увеличение до 5 мм повышает время достижения 50 °C до 37,2 с, но ухудшает эргономику и целесообразно только для одежды от повышенных тепловых воздействий. Наномодифицированное полиуретановое покрытие рукава при уменьшении толщины с 0,45 до 0,38 мм повышает стойкость к контактному прожигу с 31 до 48 с (норматив – не менее 30 с), стойкость к абразивному износу с 2400 до 3900 циклов и разрывное давление с 4,1 до 4,3 МПа, снижая расход воды на увлажнение с 0,15 до 0,11 л/мин. Аэрогельсодержащий мат в экранах снижает толщину в 2,0-2,5 раза, массу в 1,7-5,3 раза и температуру защищаемой поверхности на 26-38 °C по сравнению с минераловатной плитой и кремнезёмным полотном при тепловом потоке 18 кВт/м². Совокупное применение решений снижает снаряжённую массу автоцистерны на 305-362 кг и носимую массу экипировки на 18-24 кг, что соответствует увеличению запаса огнетушащих веществ на 0,3-0,4 м³, снижению расхода топлива на 3-5 % и росту предельного времени работы газодымозащитника на 15-20 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. М.: Стандартинформ, 2007. 40 с.

2. ТР ЕАЭС 043/2017. Технический регламент ЕАЭС «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения». М.: Стандартинформ, 2018. 44 с.

3. ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2019. 32 с.

4. ГОСТ Р 53264-2019. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2019. 68 с.

5. ГОСТ Р 53279-2009. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009. 20 с.

6. Барботько С. Л., Барботько М. С., Вольный О.С., Шведкова А. Ю. Исследование длительных совместных воздействий факторов температуры и влажности на пожаробезопасность стеклопластиков // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. № 1 (6). С. 218–221.

7. Трясунов В. С., Шульцева Е. Л., Баганик А. М., Полякова Ю. В. Свойства стеклопластиков на основе огнестойких полиэфирных смол марок Аркпол 40 М и Полимер 3088 ТА // Вопросы материаловедения. 2022. № 1 (109). С. 147–156.

8. Бабашов В. Г., Варрик Н. М., Карасева Т. А. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. 2019. № 6 (78). С. 32–42.

9. ГОСТ 9.401-2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.

10. ГОСТ 7912-74. Метод определения температуры хрупкости резины. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 8 с.

11. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. 22 с.

12. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. М.: Стандартинформ, 2014. 24 с.

УДК 614.84

Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова, А. А. Кондашов
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России», Балашиха, Россия

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОЕДИНЕННЫХ ШТАТАХ АМЕРИКИ

Проведен обзор системы регулирования противопожарной защиты в Соединенных Штатах Америки. Показано, что пожарная безопасность подразделяется на безопасность труда и требования противопожарной защиты зданий и сооружений, последние обеспечивается местными юрисдикциями.

Ключевые слова: пожарная безопасность, регулирование, правовые положения, безопасность труда, строительные нормы

© Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А., 2026

E. V. Bobrinev, E. Yu. Udavtsova, A. A. Kondashov

FIRE SAFETY REGULATION IN THE UNITED STATES OF AMERICA

A review of the fire protection regulation system in the United States of America has been conducted. It is shown that fire safety is divided into occupational safety and fire protection requirements for buildings and structures, the latter are provided by local jurisdictions.

Keywords: fire safety, regulation, legal provisions, occupational safety, building regulations

В США существует сложная система регулирования противопожарной защиты, поскольку нет единого федерального строительного и противопожарного кодекса, действующего по всей стране.

С юридической точки зрения, правовые положения, касающиеся противопожарной защиты в федеральном правительстве США, основаны на Федеральном законе о противопожарной защите и контроле (Закон № 93–498) [1]. В ней определены обязанности федерального правительства, Управления противопожарной защиты США и Национального института противопожарной защиты по обеспечению противопожарной защиты, а также порядок распределения средств, награждений и охраны здоровья пожарных.

В первую очередь, пожарная безопасность подразделяется на безопасность труда (обеспечивается федеральным правительством) и требования противопожарной защиты зданий и сооружений (обеспечивается местными юрисдикциями).

Федеральное управление по охране труда (OSHA) [2], которое является подразделением Министерства труда США, устанавливает федеральные базовые требования. Основная задача OSHA – содействие созданию безопасных и здоровых условий труда для работников по всей стране. Агентство также устанавливает требования к готовности к чрезвычайным ситуациям, тем самым обеспечивая безопасную и здоровую рабочую среду. В частности, им установлено, что в соответствии с утвержденным планом действий в чрезвычайных ситуациях (EAPs) на рабочих местах, где работает более 10 человек, обязательно должны быть указаны маршруты эвакуации и пункты сбора; в соответствии с планом предотвращения пожаров (FPPs) работодатели должны выявлять пожароопасные ситуации, контролировать источники возгорания, определять техническое обслуживание противопожарного оборудования, утверждать протоколы регулярных проверок. Переносные огнетушители OSHA предписывает строго размещать на расстоянии перемещения (например, в пределах от 50 до 75 футов в зависимости от опасности).

Правительство США не разрабатывает на федеральном уровне национальные правила и технические стандарты в области противопожарной защиты. В государственных департаментах создается специальный комитет по

правилам противопожарной защиты, который контролирует разработку и пересмотр технических регламентов штатов по противопожарной защите.

В Соединенных Штатах технические стандарты разрабатываются сторонними организациями и неправительственными организациями. К типичным организациям относятся Международный совет по строительным нормам (ICC), Национальная ассоциация противопожарной защиты NFPA и Американское общество по испытанию материалов (ASTM). Технические спецификации или стандарты, разработанные этими организациями, не имеют юридической силы до тех пор, пока не будут приняты техническими регламентами каждого штата [3].

Наиболее широко используемыми техническими стандартами противопожарной защиты зданий в Соединенных Штатах являются Международный строительный кодекс (IBC) и Международный противопожарный кодекс (IFC), разработанные ICC. IBC принят всеми 50 штатами и округом Колумбия, а IFC — 41 штатом и округом Колумбия. IBC уделяет больше внимания проектированию, а IFC — управлению. Кроме того, широко используются разработанные NFPA стандарты NFPA 1 «Противопожарный кодекс», NFPA 5000 «Строительство и безопасность зданий» и NFPA 101 «Кодекс безопасности жизнедеятельности». Что касается проектирования, строительства и приемки автоматических систем пожаротушения, внутренних пожарных гидрантов, систем дымоудаления, автоматических систем пожарной сигнализации и других систем противопожарной защиты, большинство регионов Соединенных Штатов приняли спецификации, разработанные NFPA. Более того, IBC и IFC ссылаются на спецификации NFPA в главе, посвященной противопожарной защите сооружений, или требуют внедрения спецификаций NFPA [4].

Требования становятся обязательными к исполнению посредством принятия на уровне штатов и местных органов власти типовых кодексов и стандартов, на которые ссылаются, что приводит к вариативности в разных юрисдикциях, но при этом сохраняется общая базовая структура.

В разных юрисдикциях регламенты, как правило, охватывают огнестойкость и разделение помещений на зоны; системы эвакуации, обнаружения, сигнализации и пожаротушения; а также режимы инспекции, испытаний и технического обслуживания, но пороговые значения и порядок их применения зависят от местных условий и возможностей [5].

В США наблюдается тенденция к использованию искусственного интеллекта для поддержки принятия решений и объединения данных из различных источников для командиров и служб реагирования [6]. В ходе политических дискуссий особое внимание уделяется киберфизическим рискам: подчеркиваются отказоустойчивые режимы, разделение ИТ/ОТ-сетей, контроль доступа и непрерывный мониторинг, поскольку скомпрометированные системы могут ухудшить показатели обеспечения безопасности жизни [7].

Внедрение ИИ поднимает вопросы управления, касающиеся проверки, подотчетности и допустимых режимов отказов в системах безопасности.

Внедрение Интернета вещей способствует расширению возможностей сбора данных, интеграции с системами управления зданиями и улучшению ситуационной осведомленности. Инженерные направления включают в себя объединение данных с датчиков, граничные вычисления для локальной функциональности в условиях потери связи, совместимость и интеграцию геопространственных данных и данных о зданиях [8, 9].

Эволюция регулирования происходит за счет принятия на уровне штатов и местных органов власти типовых кодексов и стандартов; это является его сильной стороной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Full text of "Federal Fire Prevention and Control Act of 1974: Briefing Book". URL: https://archive.org/stream/federalfirepreve00netc/federalfirepreve00netc_djvu.txt (дата просмотра 07.08.2026).

2. Patel, R.H. Occupational Safety and Health Administration Rules That Affect Healthcare / R.Ню Patel, J. Goldin, D.D. Davis – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559327/ (дата просмотра 07.08.2026).

3. Sun, X. Discussing the development of domestic and foreign fire protection technical regulation and fire protection technical standard systems / X. Sun, N. Cai, W. Zhang // Journal of Safety Science and Resilience. – 2023. – V. 4, I. 1. – P. 26-29. https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2022.10.002.

4. H.Y. Han, Z.M. Fu, The comparison on fire protection standardization system between China and America, Fire Sci Technol 4 (2008) 291–294.

5. Konopski, P. Responsive Architecture and Fire Safety: A Comparative Review of Regulatory Regimes in the USA, Asia, and the EU/UK, with Implications for Poland in the Context of BIM/DT/AI/IoT / P. Konopski, R. Pilch, W. Bonenberg // Sustainability. – 2026. – V. 18, I. 8. – P. 3808. https://doi.org/10.3390/su18083808.

6. Unpacking trends in artificial intelligence research in the construction industry: a bibliographic review / N.A. Olatunde, I.C. Anugwo, I.A. Awodele et al. // Front. Built Environ. – 2026. – V. 12. – P. 1798096. doi: 10.3389/fbuil.2026.1798096.

7. IRIS-AI: An AI-Based Resource Recommender for Emergency Decision Support Systems of Fire Departments / S. Mercadé, M Tarzan, D. Alzueta et al. // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2025. – V. 18. – P. 280. https://doi.org/10.1007/s44196-025-00994-2.

8. From Inception to Innovation: A Comprehensive Review and Bibliometric Analysis of IoT-Enabled Fire Safety Systems / A. A. S. Al Qahtani, M. Sulaiman, T. Alshayeb, H. Alamleh // Safety. – 2025. – V. 11, I. 2. – P. 41. https://doi.org/10.3390/safety11020041 10.3390/safety11020041.

9. Integrated internet of things (IoT) solutions for early fire detection in smart agriculture / A. Morchid, Z. Oughannou, R. El Alami et al. // Results in Engineering. – 2024. – V. 24. – P. 103392. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103392.

УДК 004.772

В. Е. Бондаренко, И. В. Колупанов, А. А. Махова, М. С. Росоха, Д. П. Посевин
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Исследуется возможность создания прототипа автономного комплекса детектирования и оповещения о лесных пожарах. Разработан удалённый модуль детектирования возгораний и задымлений на основе одноплатного микрокомпьютера семейства Raspberry Pi с использованием нейросетевого алгоритма обнаружения объектов — YOLO. В результате анализа существующих методов передачи данных на большие расстояния был выбран способ связи посредством оптоволоконного соединения. Данный модуль был интегрирован в информационную систему мониторинга возгораний, установленную на персональном компьютере оператора. Веб-интерфейс данной системы объединяет в себе следующие компоненты: модуль приёма видеопотока, подсистему оповещения о событиях и компоненту контроля состояния связи. Испытания подтвердили работоспособность созданного прототипа.

Ключевые слова: детектирование лесных пожаров, Raspberry Pi, YOLO, система оповещения.

V. E. Bondarenko, I. V. Kolupanov, A. A. Makhova, M. S. Rosokha, D. P. Posevin

ON THE RESULTS OF THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF DEVELOPING A SOFTWARE-HARDWARE COMPLEX FOR FOREST FIRE MONITORING

The possibility of creating a prototype of an autonomous forest fire detection and notification complex is being investigated. A remote module for detecting fires and smoke has been developed based on a single-board computer of the Raspberry Pi family using the YOLO neural network object detection algorithm. As a result of the analysis of existing long-distance data transmission methods, a communication method via fiber-optic connection was selected. This module was integrated into an information system for fire monitoring installed on the operator's personal computer. The web interface of this system combines the following components — a video stream reception module, an event notification subsystem, and a communication status monitoring component. Testing has confirmed the operability of the created prototype.

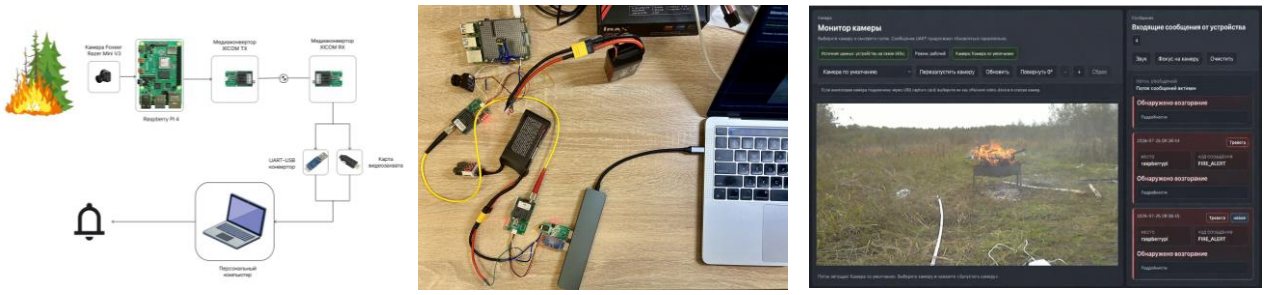
Keywords: forest fire detection, Raspberry Pi, YOLO, optical fiber, warning system.

Лесные пожары наносят непоправимый ущерб экологии и экономике, а также представляют серьёзную опасность для человека. Эффективное реагирование на возникновение источников лесных пожаров требует создания

© Бондаренко В. Е., Колупанов И. В., Махова А. А., Росоха М. С., Посевин Д. П., 2026

автоматизированных средств своевременного обнаружения очагов возгораний и программных компонентов для оперативной передачи соответствующей информации лицам принимающим решения. Данная работа посвящена исследованию возможности создания прототипа программно-аппаратного комплекса мониторинга лесных пожаров, объединяющего в себе удалённый модуль детектирования и систему оповещения.

В работах многих авторов рассматриваются нейросетевые подходы для обнаружения факела пламени и наличия задымлений на изображениях, получаемых с удалённых камер видеорегистрации [1]. Передача данных в центры реагирования, как правило, организуется посредством беспроводных сетей [2], а информация посылается в виде короткого текстового сообщения, являющегося сигналом тревоги, при этом изображения распознанных фрагментов возгораний передаются по отдельному каналу связи для визуальной проверки оператором или вовсе не передаются подобными системами дальнего обнаружения ввиду их малой пропускной способности и неустойчивости передачи больших объёмов данных [3]. При создании таких систем, как правило, решается проблема повышения дальности передачи информации, которую можно увеличить в основном только за счёт применения промежуточных ретрансляторов или радиомостов [4]. Для повышения надёжности передачи данных и увеличения пропускной способности системы в целом в данной работе предлагается заменить радиоканал на оптоволоконную линию связи. Как и в большинстве подобных систем, в текущей системе для обнаружения признаков возгорания используется модель семейства YOLO, выполняющая анализ видеокадров непосредственно на стороне удалённого блока детектирования, реализованного на одноплатном микрокомпьютере Raspberry Pi с видеокамерой Foxeer Razer Mini V3. При обнаружении пламени или дыма программный модуль формирует тревожное событие и короткое сообщение для передачи через универсальный асинхронный приёмопередатчик UART. Видеопоток при этом передаётся по отдельному каналу, чтобы оператор мог оценить изображение с видеокамеры после получения уведомления. На персональном компьютере оператора видеосигнал поступает через карту видеозахвата и отображается в браузере. Программа-приёмник обрабатывает UART-сообщения и записывает события в журнал. Веб-сервер считывает этот журнал и передаёт события в браузер, где оператор видит принятые изображения и сигнальные уведомления (см. рисунок). При возникновении тревожного события, а также при потере связи с удалённым блоком детектирования предусмотрено звуковое оповещение, при этом оператор с помощью веб-интерфейса может сопоставлять поступающие данные телеметрии с изображением, поступающим от видеокамеры удалённого блока.



а) б) в)

Рисунок. Аппаратно-программный комплекс:
а) схема взаимодействия компонентов;
б) фотография собранного прототипа аппаратной составляющей комплекса;
в) веб-интерфейс оператора

Тестирование прототипа разработанного аппаратно-программного комплекса в лабораторных и полевых условиях показало, что видеопоток и короткие сообщения с результатами мониторинга успешно доставляются с удалённого узла на компьютер оператора. Разработанный веб-интерфейс объединяет в себе представление результатов видеонаблюдения, данные журнала событий и информацию о контроле состояния связи.

В дальнейших работах планируется выполнить следующие работы:

- произвести перенос программных средств детектирования возгораний с удаленного узла на конечный узел рабочего места оператора;
- исследовать возможность реализации перенаправления видеопотоков с нескольких удаленных узлов на единый сервер центра принятия решений;
- выполнить оценку точности и скорости распознавания пламени и задымлений посредством заданных моделей.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер темы FSFN-2024-0073.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. Shi, W. Wang, Y. Gao and N. Yu, "Optimal Placement and Intelligent Smoke Detection Algorithm for Wildfire-Monitoring Cameras," in IEEE Access, vol. 8, pp. 72326-72339, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2987991.

2. Yoon, Ikjune & Dong, Kun & Noh, Dong Kun & Lee, Dongeun & Teguh, Rony & Honma, Toshihisa & Shin, Heonshik. (2012). Reliable Wildfire Monitoring with Sparsely Deployed Wireless Sensor Networks.

3. Vaits, E.V., Mikhalev, P.A., Posevin, D.P. et al. Organizing Data Transfer for Early Detection of Forest Fire Sources in Hardly Accessible Areas. Optoelectron. Instrum. Proc. 61, 779–785 (2025). https://doi.org/10.3103/S875669902570089X.

4. Андреева, К. И. Об идее увеличения площади мониторинга труднодоступных лесных массивов на основе энергоэффективной сети MANET / К. И. Андреева, А. Д.

Пенкин, Д. И. Кочетков [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 22 апреля 2025 года. — Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. — С. 16–21.

УДК 62-52

С. Н. Бордок, О. В. Букреева, Р. Д. Плахотский
Научно-исследовательский институт (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

ОЦЕНКА РИСКОВ И УГРОЗ, СВЯЗАННЫХ С ВНЕДРЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АСУ, В ТОМ ЧИСЛЕ И НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ (ДАТЧИКОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА)

В статье рассматриваются ключевые риски и угрозы, возникающие при внедрении современных технологий в автоматизированные системы управления (АСУ). Проведен анализ специфических уязвимостей, связанных с кибербезопасностью, человеческим фактором, интеграционными ошибками и регуляторными требованиями. Представлены методы оценки рисков, экспертные подходы, а также практические рекомендации по минимизации угроз. Статья будет полезна специалистам по автоматизации, кибербезопасности и цифровой трансформации промышленных предприятий.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления (АСУ), промышленный интернет вещей (IIoT), искусственный интеллект (ИИ), кибербезопасность, оценка рисков, FMEA-анализ, облачные вычисления, edge-вычисления, цифровая трансформация.

S. N. Bordok, O. V. Bukreeva, R. D. Plakhotsky

ASSESSMENT OF RISKS AND THREATS ASSOCIATED WITH THE IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS, INCLUDING THOSE USED IN THE RAILWAY SECTOR (FIRE DETECTION SENSORS)

The article discusses the key risks and threats that arise when modern technologies are introduced into automated control systems (ACS). The analysis of specific vulnerabilities related to cybersecurity, the human factor, integration errors and regulatory requirements is carried out. Risk assessment methods, expert approaches, and practical recommendations for minimizing threats are presented. The article will be useful for specialists in automation, cybersecurity and digital transformation of industrial enterprises.

© Бордок С. Н., Букреева О. В., Плахотский Р. Д., 2026

Keywords: automated Control Systems (ACS), Industrial Internet of Things (IIoT), Artificial Intelligence (AI), Cybersecurity, Risk Assessment, FMEA Analysis, Cloud Computing, Edge Computing, Digital Transformation.

Технология IIoT модернизирует мониторинг и управление промышленными процессами через сеть взаимосвязанных датчиков и устройств. В нефтегазовой отрасли, например, это позволяет контролировать состояние трубопроводов на расстоянии сотен километров, а в энергетике - балансировать нагрузку в умных сетях. В полной мере это относится и к железнодорожному транспорту, где цифровизация АСУ ТП и систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) позволяет перейти устранения аварий к их предупреждению. Яркий пример – современные интеллектуальные датчики обнаружения пожара. Будучи интегрированными в единую систему АСУ, они обеспечивают мгновенный мониторинг подвижного состава, вокзальных комплексов и путевой инфраструктуры. Однако массовое подключение устройств создает огромную поверхность для атак - устаревшие прошивки датчиков часто содержат критические уязвимости. В 2021 году хакеры через взломанный IIoT-датчик температуры вывели из строя систему вентиляции на заводе в Германии, вызвав простой стоимостью €8 млн. Дополнительные проблемы создают: несовместимость оборудования разных производителей, перегрузка сетей передачи данных и сложность масштабирования решений [1,2].

ИИ-алгоритмы в АСУ позволяют прогнозировать нагрузки в энергосетях с точностью до 97 % и оптимизировать производственные процессы, сокращая брак на 15–20 %. Но "черный ящик" нейросетей делает их поведение непредсказуемым - в 2022 году система управления сталелитейным заводом в Японии неожиданно изменила параметры плавки, интерпретировав зашумленные данные датчиков как критическую ситуацию. Результатом стали 3 тонны бракованной стали. Особую опасность представляет poisoning attack - умышленное искажение обучающих данных. Так, в тестовом режиме исследователям удалось "научить" систему управления ТЭЦ увеличивать нагрузку при получении сигнала о перегреве.

Перенос обработки данных в облако дает беспрецедентную масштабируемость, но создает риски зависимости от провайдеров. В 2023 году 18-часовой сбой AWS парализовал работу 37 нефтеперерабатывающих заводов, использовавших облачную SCADA-систему. Edge-вычисления, решая проблему задержек, вводят новые уязвимости - периферийные устройства часто физически доступны для злоумышленников. На автомобильном заводе в Детройте хакеры через взломанный edge-сервер 3 месяца похищали данные о новых моделях, маскируя трафик под служебный.

Беспроводные сети пятого поколения обеспечивают мгновенную передачу данных между роботами на конвейере (задержка менее 1 мс), но их развертывание требует полного пересмотра подходов к безопасности. В 2022 году демонстрационная атака на 5G-сеть завода BMW показала, что

злоумышленник с антенной за 300$ может создать "радио-пробку", блокируя управляющие сигналы. Еще опаснее атаки типа "человек посередине" - в тестах исследователи перехватывали и подменяли команды для промышленных роботов, заставляя их выполнять опасные движения [2,3].

Применение распределенных реестров решает проблему фальсификации данных, но создает новые. На газораспределительной станции в Австрии внедрение блокчейна привело к 40% росту нагрузки на контроллеры из-за необходимости верификации каждой транзакции. В другом случае потеря приватного ключа администратором на 3 дня заблокировала доступ к системе управления компрессорной станцией.

Человеческий фактор остается критическим – 68 % инцидентов в модернизированных АСУ связаны с ошибками персонала. На химическом комбинате в Техасе операторы неделями игнорировали предупреждения ИИ-системы о накоплении осадка в реакторе, считая их "ложными тревогами". Результатом стал взрыв с ущербом $2 млрд. Юридические риски также значительны - штраф за нарушение GDPR на немецком заводе составил €14 млн из-за некорректной обработки данных IIoT-датчиков [4,6,7].

Переход на цифровые технологии в автоматизированных системах управления требует принципиально новых подходов к оценке рисков. Традиционные методы анализа уже не справляются с комплексными угрозами. На передовых предприятиях уже сформировалась практика многоуровневой оценки, сочетающая технические, организационные и экономические аспекты.

Основу современной методологии составляет FMEA-анализ, адаптированный под цифровые реалии. В отличие от классического подхода, здесь учитываются не только аппаратные сбои, но и киберугрозы, ошибки алгоритмов, проблемы интеграции. Например, при внедрении системы предиктивной аналитики на цементном заводе такой анализ выявил 23 потенциальных точки отказа, включая риск ложных срабатываний ИИ-модели при изменении состава сырья. Особое внимание уделяется каскадным эффектам - ситуации, когда сбой в одном компоненте вызывает цепную реакцию. На химическом предприятии в Германии специальная матрица критичности помогла предотвратить аварию, заранее выявив опасную взаимосвязь между облачным сервисом мониторинга и локальными системами аварийной остановки.

Для оценки вероятности сложных событий все чаще применяют методы статистического моделирования, особенно подход Монте-Карло. Это позволяет учесть сотни переменных – от нагрузки на сеть до человеческого фактора. При модернизации энергоблока ТЭЦ такое моделирование показало 17 % вероятность конфликта между старыми системами защиты и новыми алгоритмами оптимизации, что потребовало дополнительного этапа тестирования. Особенно ценны эти методы для edge-вычислений, где важно балансировать между скоростью реакции и надежностью.

Экспертные методы типа Дельфи трансформируются в эпоху цифровизации. Теперь в оценке участвуют не только технологи, но и специалисты по кибербезопасности, data science, даже психологи. На автомобильном заводе Volvo такая междисциплинарная группа выявила неочевидную проблему: операторы намеренно отключали "слишком назойливые" ИИ-предупреждения, что в перспективе могло привести к аварии. Решением стало изменение интерфейса и системы оповещений [5,6].

Особую сложность представляет оценка рисков искусственного интеллекта. Здесь применяют специальные методики:

- Контроль "дрейфа данных" - когда входные параметры постепенно отклоняются от обучающей выборки
- Тестирование на adversarial examples - намеренно искаженные данные для проверки устойчивости модели

На фармацевтическом производстве такой подход помог выявить, что ИИ-система при определенных условиях могла одобрить опасную комбинацию параметров синтеза. Для IIoT-устройств критически важна постоянная инвентаризация: каждый новый подключенный датчик увеличивает поверхность для атак. В нефтегазовой отрасли внедрили систему автоматического сканирования уязвимостей, проверяющую все устройства каждые 4 часа.

Организационные аспекты не менее важны, чем технические. На передовых предприятиях создают специальные RiskOps–команды, которые: ведут динамический реестр рисков; проводят регулярные cross-аудиты; разрабатывают сценарии реагирования; анализируют инциденты в других отраслях

Например, после кибератаки на трубопровод Colonial Pipeline в США многие промышленные предприятия провели превентивные проверки своих систем. Особое внимание уделяют человеческому фактору – внедряют VR-тренажеры для операторов, где отрабатывают нештатные ситуации, вызванные именно цифровыми сбоями.

Экономическая оценка рисков стала отдельным направлением. Современные методики учитывают не только прямые убытки от простоя, но и репутационные потери, штрафы регуляторов, стоимость восстановления данных. В авиастроении, например, разработали сложные модели, оценивающие риски перехода на цифровые двойники с учетом всех этих факторов.

Непрерывный мониторинг – ключевой элемент современной системы управления рисками. Внедрение SIEM-систем позволяет выявлять аномалии в реальном времени. На одном из заводов Siemens такая система зафиксировала необычную активность в сети IIoT–устройств за 14 минут до начала масштабной атаки, что позволило заблокировать угрозу. Все чаще используют цифровые двойники для тестирования изменений в виртуальной среде перед внедрением в производство.

Эффективная система оценки рисков требует значительных инвестиций, но практика показывает их окупаемость. На металлургическом комбинате внедрение комплексного подхода сократило количество инцидентов на 40 %, а среднее время простоя – в 2,3 раза [5].

Например, бортовые мультикритериальные извещатели тягового подвижного состава (на примере СПСТ «Галактика»):

Современные системы пожарной сигнализации и пожаротушения (СПСТ), устанавливаемые на новейшие электровозы (например, 2ЭС6 «Синара», 3ЭС5К «Ермак») и поезда «Финист»/ «Ласточка», базируются на интеллектуальных комбинированных датчиках.

- Интеграция в АСУ: Датчики объединяются в локальную сеть секции локомотива по помехозащищенной шине CAN-bus (протокол CANopen) и замыкаются на центральный процессор пожарной сигнализации, который, в свою очередь интегрирован с МСУД (Микропроцессорной системой управления движением) локомотива.
- Стиль работы в АСУ: Датчик контролирует одновременно оптическую плотность среды (дым) и температурный градиент внутри высоковольтной камеры или дизельного отсека. Цифровой сигнал передается на дисплейный модуль в кабину машиниста и параллельно по каналам технологической радиосвязи (GSM-R/LTE-R/TETRA) отправляется в автоматизированную систему единого диспетчерского центра управления (УДЦУ).
- Снижение рисков: Интеграция с МСУД позволяет системе при подтвержденном возгорании не просто выдать звуковой сигнал, а автоматически перевести алгоритм АСУ локомотива в аварийный режим: снять напряжение с тяговых двигателей, отключить вентиляторы охлаждения (чтобы не раздувать пламя) и активировать генераторы огнетушащего аэрозоля.

Также на железной дороге, помимо датчиков пожаротушения используют ИИ при мониторинге состояния путей:

Дроны и роботизированные тележки с датчиками проверяют рельсы на дефекты: ультразвуковые дефектоскопы выявляют трещины на глубине до 10 мм; тепловизоры для выявления перегрева узлов; камеры высокого разрешения фиксируют износ рельсов.

Контроль инфраструктуры. Стационарные датчики отслеживают: состояние контактной сети (напряжение, ток, температура); уровень вибрации мостов и тоннелей; оползневую активность вблизи путей; уровень воды при паводках; состояние дренажных систем.

Распознавание угроз. ИИ алгоритмы анализируют данные с камер и датчиков, предупреждая о: несанкционированном доступе на пути; сходе вагонов; возгораниях; падении деревьев на пути; животных на полотне.

Дроны для геодезии и инспекции. Беспилотники с лидарами и фотокамерами: создают топографические карты стройплощадок; контролируют объёмы земляных работ; фиксируют отклонения от проекта; проводят аэрофотосъёмку с разрешением 2 см/пиксель.

Технологии предиктивного обслуживания. Используют ИИ для прогнозирования износа: анализ данных с датчиков; прогнозирование сроков замены компонентов; планирование ремонтов; снижение внеплановых остановок.

Интеллектуальные датчики обнаружения пожара в АСУ на железной дороге – это эффективный инструмент снижения рисков техногенных катастроф. Эффективность тушения и предотвращения катастроф здесь полностью зависит от скорости сквозного обмена данными. Однако сами по себе они порождают новые уязвимости. Предприятия, которые уже внедрили такие системы (например, Siemens, Shell, Toyota), демонстрируют не только снижение количества аварий и простоев, но и рост общей эффективности производства. Главный урок: цифровая трансформация АСУ – это не разовое мероприятие, а непрерывный процесс, требующий продуманной стратегии и постоянного совершенствования. Только так можно добиться устойчивого развития в условиях быстро меняющихся технологий и угроз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 57580.1-2017. Безопасность финансовых организаций. Методология оценки рисков.

2. ISO/IEC 27001:2022. Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements.

3. Ли М., Харбисон С. Безопасность промышленных систем управления. М.: ДМК Пресс, 2021. 342 с.

4. Иванов А.В., Петров С.К. Кибербезопасность АСУ ТП: современные угрозы и методы защиты // Автоматизация и IT в энергетике. 2022. № 5(47). С. 34–41.

5. NIST Special Publication 800-82 Rev.3. Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security, 2022.

6. Смирнов И.Н. Искусственный интеллект в промышленности: риски и возможности. СПб.: Питер, 2023. 215 с.

7. Самигуллин Г.Х. Оценка риска техногенных аварий эксплуатируемых нефтепроводов / Г.Х. Самигуллин, М.А. Симонова, Е.Н. Кадочникова. Материалы I Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли», 21 ноября 2018 г. в ФГБОУ ВО «Уфимском государственном нефтяном техническом университете» С. 83 – 87.

8. IEC 62443-1-1. Industrial communication networks – Network and system security – Part 1-1: Terminology, concepts and models.

9. ГОСТ Р 59550-2021. Защита информации. Обеспечение безопасности при использовании облачных технологий.

УДК 614

П. В. Бочков
Уральский институт ГПС МЧС России

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ И ДОБРОВОЛЬНЫХ СЕРТИФИКАТОВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассмотрено соотношение обязательного и добровольного подтверждения соответствия в области пожарной безопасности после реформы 2020–2022 годов. Разграничение национального и наднационального регулирования состоялось, однако несимметричным остался вход в контуры.

Ключевые слова: подтверждение соответствия, пожарная безопасность, обязательная сертификация, добровольная сертификация, техническое регулирование.

P. V. Bochkov

OPTIMIZATION OF MANDATORY AND VOLUNTARY FIRE SAFETY CERTIFICATES

The relationship between mandatory and voluntary conformity assessment in the field of fire safety after the 2020–2022 reform has been examined. The delineation of national and supranational regulation has taken place, but the entry into the circuits remains asymmetrical.

Keywords: conformity assessment, fire safety, mandatory certification, voluntary certification, technical regulation.

Актуальность оптимизации разрешительных процедур в области пожарной безопасности обусловлена тем, что обязательный контур пережил в 2020–2022 годах структурную перестройку, тогда как добровольный сохранил устройство, заданное законом 2002 года, и реформа затронула лишь один контур из двух.

Цель статьи – установить пробелы оптимизации обязательных и добровольных сертификатов пожарной безопасности, а именно, где проходит граница между контурами и по какому основанию она проведена.

Задачи статьи:

- определить фактические пределы обязательного контура;
- сопоставить условия входа в оба контура;
- предложить направления оптимизации.

Отдельные стороны проблемы раскрыты в работах И. З. Аронова с соавторами, С. А. Абрамова, В. А. Кунина и И. В. Упоровой [1–3]. Соотношение контуров в пожарном сегменте самостоятельным предметом анализа не становилось.

© Бочков П. В., 2026

Трёхчленная конструкция форм подтверждения соответствия является общей для двух законов и закреплена статьёй 20 Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ, откуда воспроизведена статьёй 145 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ [4; 5]. Представление о сплошном наложении национального и наднационального регулирования действующими редакциями актов не подтверждается. Федеральным законом от 14.07.2022 № 276-ФЗ пункты 1–9, 12–15, 17 и 18 части 7 статьи 146 Федерального закона № 123-ФЗ признаны утратившими силу [6]. На обязательной сертификации в национальном контуре осталось три позиции: строительные материалы для отделки путей эвакуации людей наружу или в безопасную зону, отделочные материалы подвижного состава железнодорожного транспорта и метрополитена, кабельные изделия, к которым предъявляются требования пожарной безопасности. Прочая продукция контура декларируется (части 4, 5 и 14 статьи 146), а средства обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения перешли под ТР ЕАЭС 043/2017, где в зависимости от позиции приложения применяется сертификация (схемы 1с, 3с, 4с) либо декларирование (схемы 3д, 4д, 6д) [7].

Распределение между формами уже произведено, вместе с тем его основание в регламенте не выражено. Средства индивидуальной защиты органов дыхания пожарных и средства огнезащиты отнесены к сертификации, тогда как сигнальные клапаны, краны и фильтры установок водяного пожаротушения декларируются. Пересмотреть распределение национальный законодатель не вправе, поскольку регламенты Союза действуют напрямую, а порядок их изменения утверждается Комиссией (пункт 2 статьи 52 Договора о Евразийском экономическом союзе) [8].

Таблица. **Сопоставление обязательного и добровольного подтверждения соответствия требованиям пожарной безопасности**

Критерий сопоставления	**Обязательное подтверждение**	**Добровольное подтверждение**
Основание и предметные пределы	ст. 20, 23 ФЗ № 184-ФЗ; ч. 4 ст. 145 и ст. 146 ФЗ № 123-ФЗ; перечень ТР ЕАЭС 043/2017	ст. 21 ФЗ № 184-ФЗ; пределы задаёт создатель системы
Вход в контур	аккредитация органа по сертификации в национальной системе	факультативная регистрация системы в реестре в пятидневный срок
Правовое последствие	условие выпуска продукции в обращение	информирование приобретателя

Критерий сопоставления	Обязательное подтверждение	Добровольное подтверждение
Ответственность	изготовитель и продавец – ст. 14.43; заявитель по декларации – ст. 14.44; орган по сертификации – ст. 14.47 КоАП РФ	договорная; маркировка неподтверждённой продукции – ч. 1 ст. 14.46 КоАП РФ

Обязательный контур закрыт с двух сторон. Продукция должна попасть в перечень регламента, а работы выполняет орган по сертификации, аккредитованный в национальной системе (статья 26 Федерального закона № 184-ФЗ). Добровольный контур такого фильтра не имеет, ведь систему вправе создать любое юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, при этом регистрация в реестре факультативна, проводится в пятидневный срок и не сопровождается содержательной оценкой правил системы и требований к компетентности её органов (статья 21) [4].

Асимметрия продолжается в атрибутике. Маркировка знаком соответствия продукции, не прошедшей подтверждение, наказуема (часть 1 статьи 14.46 КоАП РФ) [9], однако способ применения правомерно полученного знака добровольной системы не урегулирован, и нормы, запрещающей использовать его так, что приобретатель принимает документ за обязательный, в законодательстве нет. На сходство такого знака со средствами индивидуализации указывал С. А. Абрамов [2], а склонность добровольных систем принимать квазиобязательные функции отмечалась и раньше [1].

Первое направление касается основания, на котором продукция распределяется между формами оценки. Критерий, соразмеряющий строгость процедуры с вероятностью и тяжестью последствий отказа изделия, в контрольно-надзорной деятельности применяется давно [3]; в оценке соответствия он не выражен и потому не поддаётся пересмотру.

Второе направление – минимальные требования к системам добровольной сертификации: компетентность органов, методы испытаний, раскрытие правил в открытом реестре. Обязательная аккредитация здесь избыточна, поскольку привязана к обязательному подтверждению соответствия.

Третье направление восполняет пробел в атрибутике, и состав, запрещающий применять знак добровольной системы способом, создающим представление об обязательном подтверждении, может быть помещён в статью 14.46 КоАП РФ третьей частью.

Таким образом, оптимизация двух контуров состоит не в сокращении процедур, поскольку обязательный контур уже сокращён, а его сертификационное ядро сведено к трём позициям продукции. Нерешённым осталось другое: основание распределения продукции между формами не выражено, а вход в добровольный контур не закрыт даже регистрацией, и устраняются оба дефекта раскрытием критерия и требованиями к системам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аронов И. З., Рыбакова А. М., Неменок И. Ю. Основные тенденции деятельности систем добровольной сертификации в рамках «старого» и «нового» механизмов технического регулирования // Инновации. 2005. № 7 (84). С. 68–73.

2. Абрамов С. А. Товарный знак и знак добровольной сертификации: сходства и различия // Экономика и социум. 2017. № 4 (35). С. 1652–1657.

3. Кунин В. А., Упорова И. В. Риск-ориентированный подход контрольно-надзорной деятельности: международный опыт и особенности применения в российских условиях // Экономика и управление. 2019. № 2 (160). С. 59–68.

4. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 02.05.2026) "О техническом регулировании" [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/

5. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 04.08.2026) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"[Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/

6. Федеральный закон "О внесении изменений в Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 14.07.2022 N 276-ФЗ [Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_421838/

7. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 26.09.2017 N 125 "О переходных положениях технического регламента Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения" (ТР ЕАЭС 043/2017)" [Электронный ресурс]: https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=278892&demo=1

8. "Договор о Евразийском экономическом союзе" (Подписан в г. Астане 29.05.2014) (ред. от 25.05.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 24.06.2024) [Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163855/

9. "Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях" от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 26.07.2026) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2026) [Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/

УДК 614.844.5

Н. Н. Булатов
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ КЛАССА В С ПРИМЕНЕНИЕМ CO_2-ГАЗОНАПОЛНЕННОЙ КОМПРЕССИОННОЙ ПЕНЫ

В статье изложены результаты экспериментальных работ по изучению огнетушащей способности CO_2-газонаполненной компрессионной пены на модельных очагах класса В. Показано, что замена воздуха на диоксид углерода в качестве дисперсной фазы позволяет повысить устойчивость пенного слоя на 30 %, увеличить дальность подачи струи на 15 % и сократить время ликвидации горения вдвое. Отмечено, что электрофизическая обработка водной среды дополнительно снижает поверхностное натяжение на 28 %. Обсуждаются физические механизмы, обеспечивающие рост эффективности. Результаты могут быть полезны при создании новых образцов пенных средств тушения.

Ключевые слова: компрессионная пена, диоксид углерода, пожары класса В, воздушно-механическая пена, огнетушащая эффективность.

N. N. Bulatov

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CLASS B FIRE EXTINGUISHING USING CO_2-FILLED COMPRESSION FOAM

The article presents the results of experimental studies on the fire extinguishing ability of CO_2-filled compression foam on model Class B fires. It is shown that replacing air with carbon dioxide as a dispersed phase increases the foam layer stability by 30 %, increases the jet projection range by 15 %, and reduces the extinguishing time by half. It is noted that electrophysical treatment of the aqueous medium additionally reduces surface tension by 28 %. The physical mechanisms that provide the increase in efficiency are discussed. The results can be useful in the development of new foam extinguishing agents.

Keywords: compression foam, carbon dioxide, Class B fires, air-mechanical foam, fire extinguishing efficiency.

Введение

Тушение пожаров легковоспламеняющихся жидкостей традиционно базируется на применении воздушно-механической пены. Несмотря на широкое распространение, этот метод имеет ограничения, связанные с наличием кислорода в составе пенных пузырьков и невысокой стабильностью

© Булатов Н. Н., 2026

структуры. В поисках путей повышения огнетушащей эффективности исследователи обращают внимание на возможность замены атмосферного воздуха на инертные газы, в частности на диоксид углерода [1–3].

В предшествующих публикациях автора уже было показано, что использование CO_2 в качестве газовой фазы обеспечивает прирост устойчивости пены на 30 %, а также положительно влияет на дальнобойность струи и скорость подавления пламени [1]. Дополнительное улучшение свойств достигается за счёт электрофизической модификации водной составляющей раствора пенообразователя [2].

Настоящая работа направлена на экспериментальную проверку и количественную оценку эффективности CO_2-газонаполненной компрессионной пены при тушении пожаров класса В, а также на выявление основных факторов, определяющих её преимущества.

Методика эксперимента

Исследования проводились на трёх типах пен:

- классическая ВМП (газовая фаза – воздух);
- CO_2-наполненная компрессионная пена;
- CO_2-пена с предварительной электрофизической обработкой воды.

В качестве пенообразователя применялся ПО-6РЗ (6 %-ный раствор) [3]. Генерация пены осуществлялась на лабораторном стенде, описание которого приведено в работе [1]. Для электрофизической обработки использовался генератор переменного частотно-модулированного сигнала [4].

Испытания на тушение выполнялись на модельном очаге 1В (круглый стальной противень диаметром 200 мм, горючее – гептан) в строгом соответствии с положениями ГОСТ Р 51057 [5]. Каждый опыт повторялся не менее трёх раз.

Кратность пены вычислялась как отношение полученного объёма к объёму исходного раствора. Устойчивость характеризовалась временем разрушения половины объёма (τ_{50} %). Для оценки дальности применялся генератор ГПС-600.

Результаты и их анализ

При обработке воды электрофизическим методом зафиксировано падение поверхностного натяжения с $72{,}75 \cdot 10^{-3}$ до $51{,}1 \cdot 10^{-3}$ Н/м, что соответствует снижению на 28 %. Вязкость при этом уменьшилась на 2,68 % [2].

Сравнительные данные по кратности и устойчивости сведены в табл. 1. Хотя при переходе на CO_2 кратность несколько уменьшается (с 12 до 10), время полуразрушения возрастает на 30 % (с 9,3 до 12,8 с), что указывает на формирование более прочного пенного слоя.

Таблица 1. **Показатели ВМП и CO_2 газонаполненной пены**

Параметр	Кратность	τ_{50} %, с
ВМП (воздух)	12 ± 0,1	9,3 ± 1,0
CO_2-пена	10 ± 0,1	12,8 ± 1,0

Источник: составлено автором.

Измерения дальности показали, что CO_2-наполненная струя превосходит воздушную на 15 % (12,2 м против 10,1 м). Применение ЭФО позволяет довести этот показатель до 13,1 м.

Результаты огневых испытаний представлены в табл. 2. Время тушения сокращается с 5 до 3 с при одновременном уменьшении интенсивности подачи на 12,5 % (с 0,08 до 0,07 л/(м²·с)). Это объясняется тем, что в процессе разрушения пены высвобождается CO_2, который замещает кислород в зоне горения и дополнительно ингибирует реакцию.

Таблица 2. **Параметры тушения модельного очага 1В**

Вид пены	Время тушения, с	Интенсивность, л/(м²·с)
ВМП (без ЭФО)	5 ± 1,0	0,08
CO_2-пена (без ЭФО)	3 ± 1,0	0,07

Источник: составлено автором.

Обсуждение

Наблюдаемое увеличение стабильности пены при использовании CO_2 объясняется его более высокой молекулярной массой и инертностью, что уменьшает диффузию газа через жидкие прослойки. Отсутствие кислорода в газовых пузырьках исключает подпитку горения при разрушении структуры. Электрофизическая обработка дополнительно улучшает смачивание и диспергирование, что положительно сказывается на всех основных характеристиках.

Полученные данные хорошо согласуются с известными литературными источниками [6] и подтверждают перспективность создания новых типов пен на основе инертных газов.

Заключение

1. Замена воздуха на CO_2 увеличивает устойчивость пены на 30 % (с 9,3 до 12,8 с), дальность подачи – на 15 % (до 13,1 м), а время тушения сокращает с 5 до 3 с.

2. Электрофизическая обработка воды снижает поверхностное натяжение на 28 %, что улучшает пенообразование и повышает стойкость.

3. CO_2-газонаполненная компрессионная пена показывает более высокую эффективность, чем традиционная ВМП, и может рассматриваться как перспективное средство для борьбы с пожарами класса В.

4. Представленные результаты создают основу для дальнейших прикладных разработок в области пенного пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов Н.Н. Коллоидно-химические и пожарно-технические свойства CO_2-газонаполненных компрессионных пен // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13, № 3(67). – С. 194–198. – EDN: DDDGIC.

2. Волик А.С., Булатов Н.Н., Шешина Н.И. Влияние электрофизической обработки воды на пожарно-технические характеристики модифицированной воздушно-механической пены // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2023. – Т. 12, № 4(64). – С. 288–293. – EDN: IITSGS.

3. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П. Пенообразователи для тушения пожаров. – М.: Калан-Форт, 2011. – 336 с.

4. Москаленко А.А. Электрофизические методы обработки воды. – СПб.: Лань, 2018. – 256 с.

5. ГОСТ Р 51057–2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2001.

6. Копылов С.Н., Мешман Л.М., Танклевский Л.Т., Бондар А.И. Проблема защиты высокостеллажных складов спринклерными автоматическими установками пожаротушения // Пожарная безопасность. – 2020. – № 1(98). – С. 97–104. – DOI: 10.37657/vniipo.2020.98.1.011.

УДК 681.121.84:614.844

И. А. Бунто, О. В. Бунто
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ОГНЕТУШАЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВЫХ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ «ЧАШЕЧНОЙ ГОРЕЛКИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОТАМЕТРОВ

В статье проанализированы метрологические аспекты применения ротаметров при проведении испытаний по оценке минимальной огнетушащей концентрации (далее – МОК) методом «чашечной горелки». Выявлены и научно обоснованы нормативные неточности и метрологические несоответствия в действующих технических нормативных правовых актах, регламентирующих проведение

© Бунто И. А., Бунто О. В., 2026

испытаний по определению МОК.

Ключевые слова: газовое огнетушащее вещество, минимальная огнетушащая концентрация, ротаметр, массовый расходомер, плотность газа, чашечная горелка.

I. A. Bunta, O. V. Bunta

METROLOGICAL ASPECTS OF DETERMINING THE MINIMUM EXTINGUISHING CONCENTRATION OF GASEOUS FIRE EXTINGUISHING AGENTS BY THE CUP BURNER METHOD USING ROTAMETERS

This article analyzes the metrological aspects of using rotameters to determine the gas flow rate using the «cup burner» method. Regulatory inaccuracies and metrological discrepancies with current technical regulations governing gas flow rate measurements are identified and scientifically substantiated.

Keywords: gaseous fire extinguishing agent, minimum extinguishing concentration, rotameter, mass flow meter, gas density, cup burner.

Огнетушащее вещество (далее – ОТВ) – это вещество, которое обладает физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения (ТР ЕАЭС 043/2017) [1].

Область применения и перечень объектов, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения, регламентированы для Республики Беларусь строительными нормами СН 2.02.03-2019 [2], а для Российской Федерации – сводом правил СП 485.1311500.2020 [3].

Согласно требованиям данных норм, выбор типа установки пожаротушения, а также вида ОТВ определяется разработчиком проектной документации для конкретного объекта проектирования, в зависимости от функционального назначения здания (помещения), технологических, конструктивных и объемно-планировочных особенностей защищаемого объекта, пожарной опасности и физико-химических свойств производимых, хранимых и обращающихся в нем веществ и материалов [4, 5].

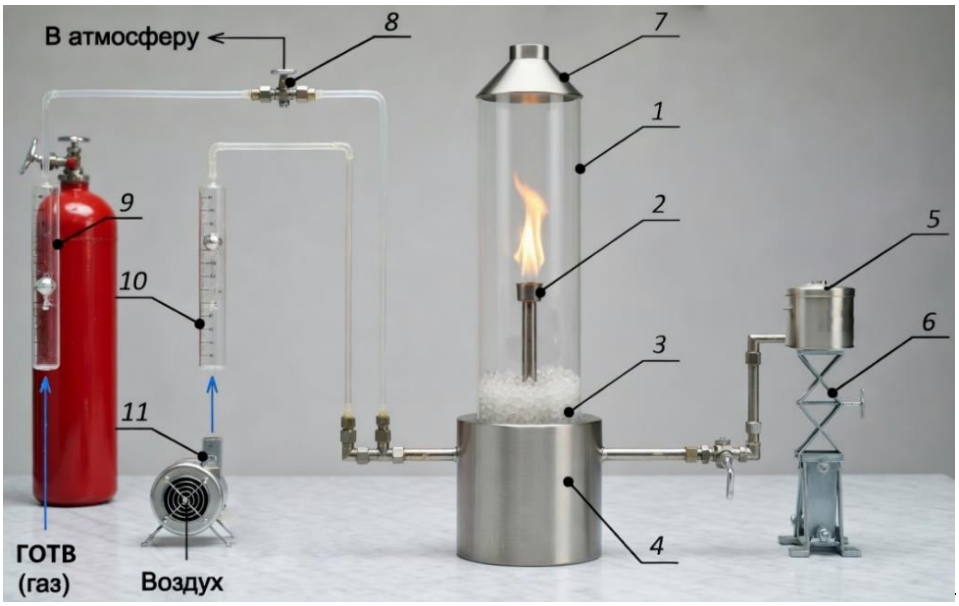
Одним из видов ОТВ, применяемых в автоматических установках пожаротушения, являются ГОТВ – согласно ГОСТ Р 53280.3-2009 [6] это индивидуальное химическое соединение или смесь соединений, которые при тушении пламени находятся в газообразном или парообразном состоянии и обладают физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения. ГОТВ универсальны и применимы для тушения широкого спектра материалов и веществ. Полное испарение состава без образования налета и влаги делает его оптимальным решением для защиты серверных, архивов и музеев. Применение иных огнетушащих веществ на таких объектах зачастую наносит ущерб, сопоставимый с последствиями самого пожара, что подтверждает уникальность и востребованность газовых систем пожаротушения.

Согласно нормативным актам по проектированию автоматических систем пожаротушения в Республике Беларусь [2] и Российской Федерации [3], в качестве ГОТВ могут применяться газы, плотности которых приведены [2, 3].

Газовые огнетушащие вещества являются объектом технического регулирования [1], и их обращение на территории Евразийского экономического союза допускается только при наличии декларации о соответствии требованиям указанного регламента. Обязательным условием для оформления данного документа является получение положительных результатов испытаний, подтверждающих соответствие ГОТВ стандартам из перечня взаимосвязанных с регламентом (в частности, ГОСТ Р 53280.3-2009 [6] или СТ РК 2512-2014 [7]).

МОК – это минимальная объемная концентрация ГОТВ в воздухе, обеспечивающая тушение диффузионного пламени вещества объемным способом в условиях опыта, и ключевой параметр, устанавливаемый в ходе испытаний газовых составов.

Методология определения данного показателя в [6] и [7] концептуально идентична. Однако учитывая, что [6] официально применяется в Республике Беларусь в рамках реализации ТР ЕАЭС 043/2017 [1], издан на русском языке и именно под его требования аккредитована единственная в Республике Беларусь испытательная лаборатория, проводящая испытания ГОТВ, детальный анализ метода определения МОК целесообразно проводить именно на основе положений этого документа [4].



1 – реакционная труба; 2 – чашечная горелка; 3 – стеклянный бой;
4 – основание; 5 – расширительная емкость; 6 – подъемный столик;
7 – колпак; 8 – трехходовой вентиль; 9 – газовый расходомер;
10 – воздушный расходомер; 11 – воздуходувка

Рисунок. Схема установки для определения МОК методом «чашечной горелки» [4]

В соответствии с [6] определение МОК осуществляется по методу «чашечной горелки» на установке, схема которой приведена на рисунке. При помощи газовых расходомеров определяют соотношение расхода воздуха и ГОТВ, при котором происходит тушение пламени в горелке. В качестве горючей жидкости используют н-гептан по ГОСТ 25828 [8].

В случае если полученные значения МОК не соответствуют значениям, указанным в технической документации на ГОТВ, проверку МОК проводят в огневой камере путем тушения модельных очагов пожара объемным способом.

Согласно ГОСТ 15528-86 [9], расходомер газа представляет собой средство измерений или совокупность приборов, предназначенных для определения расхода газа. По принципу взаимодействия с измеряемой средой данные устройства подразделяются на две основные категории: объемные и массовые.

К объемному типу приборов относятся ротаметры (ГОСТ 13045-81 [10]), работающие по принципу постоянного перепада давления, при котором вес поплавка уравновешивается динамическим напором восходящего потока внутри расширяющейся кверху конической трубки. Положение поплавка на шкале определяется точкой баланса между его массой и гидродинамической силой воздействия газа, что делает показания прибора критически зависимыми от плотности измеряемой среды.

Массовые расходомеры-регуляторы газа представляют собой устройства, ключевым преимуществом которых является способность измерять массовый расход (количество вещества) напрямую, вне зависимости от термодинамических параметров потока, а также обеспечивать автоматическое регулирование и поддержание заданных значений расхода. Такие системы автоматически нивелируют влияние плотности и сжимаемости газов, обеспечивая прецизионную точность измерений. Несмотря на высокую стоимость, существенно превышающую цену классических ротаметров, такие расходомеры признаются международными стандартами ISO 14520-1 [11] и NFPA 2001 [12] в качестве наиболее предпочтительных средств измерения, для определения расхода ГОТВ.

Согласно [6], при проведении испытаний по определению МОК для контроля расхода должны применятся средства измерения со следующими характеристиками:

– расходомер газовый (для определения расхода ГОТВ) с пределом измерения от 0,01 м^3/ч до 0,63 м^3/ч по испытываемому газу, классом точности 2,5 и наличием тарировочной зависимости расхода испытуемого ГОТВ от показаний;

– расходомер газовый (для определения расхода воздуха) с пределом измерения от 0,5 м^3/ч до 2,5 м^3/ч по воздуху и классом точности не ниже 2,5.

Испытательные лаборатории в качестве средств измерения расхода газа при определении МОК традиционно используют ротаметры. Однако применение данных приборов требует особого внимания к корректности

интерпретации результатов и обеспечению достоверности измерений при определении расхода различных видов ГОТВ.

Приведенные в действующей редакции [6] требования к расходомерам газа содержат нормативные неточности. В частности, стандарт устанавливает жесткий диапазон измерений и формально запрещает использование приборов с более широким измерительным интервалом. Указанное ограничение метрологически некорректно, поскольку большинство стандартных ротаметров при прохождении поверки градуируются исключительно по воздуху, что требует обязательного пересчета их показаний под иные газы.

Ситуация усугубляется тем, что в современных нормативных документах и актуальных метрологических стандартах (в частности, согласно РМГ 29-2013 [13]) отсутствует понятие «тарировочная зависимость». Вместо него нормативно закреплено и официально применяется определение «градуировочная характеристика». При этом в [6] отсутствует методика градуировки расходомеров газа под конкретные типы испытываемых ГОТВ, а также нет ссылок на соответствующие документы, позволяющие выполнить такой пересчет, например, на методические указания МИ 1420-86 [14].

Также стоит отметить, что приведенный в [6] критерий положительной оценки результатов – «Уменьшение найденного значения расхода на одно деление шкалы расходомера должно приводить к отсутствию тушения» – является метрологически неоднозначным. Стандарт не устанавливает конкретный тип допустимых к применению расходомеров. В случае же использования ротаметров данный критерий абсолютно некорректен: из-за разности плотностей испытываемых ГОТВ шкала прибора становится нелинейной, и цена деления в разных её участках начинает соответствовать принципиально разному объемному расходу газа. В таких условиях строгое соблюдение фиксированных интервалов делений и требований стандарта становится практически невозможным.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что отсутствие в действующих стандартах методических указаний по градуировке ротаметров с учетом различной плотности измеряемых сред создает существенные метрологические пробелы при определении МОК ГОТВ методом «чашечной горелки».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения : ТР ЕАЭС 043/2017 : принят 23.06.2017 : вступ. в силу 01.01.2020 / Евраз. экон. комис. – Мн. : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2020. – 28 с.

2. Пожарная автоматика зданий и сооружений : СН 2.02.03-2019. – Введ. 16.08.2020. – Мн. : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2020. – IV, 104 с.

3. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : СП 485.1311500.2020. – Введ. 01.03.2021. – М. : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2021. – IV, 90 с.

4. Бунто, И.А. Метрологические аспекты применения ротаметров при определении минимальной огнетушащей концентрации газовых огнетушащих веществ методом «чашечной горелки» / И. А. Бунто, О. В. Бунто, А. В. Бузук, В. А. Осяев // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2026. – Т. 10, No 3. – С. 429-439.

5. Бунто, И.А. Основные преимущества применения спринклерных установок пожаротушения для защиты зданий и сооружений / И. А. Бунто, О. В. Бунто. // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2025. – №1 (57). – С. 120-127.

6. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 3. Газовые огнетушащие вещества. Методы испытаний : ГОСТ Р 53280.3-2009. – Введ. 18.02.2009. – М. : Стандартинформ, 2009. – III, 9 с.

7. Техника пожарная. Установки газового пожаротушения автоматические. Вещества огнетушащие. Правила приемки и методы испытаний : СТ РК 2512-2014. – Введ. 01.01.2016. – Астана : Мемстандарт, 2016. – IV, 16 с.

8. Гептан нормальный эталонный. Технические условия : ГОСТ 25828-83. – Введ. 01.07.1984. – М. : Стандартинформ, 2009. – 4 с.

9. Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа. Термины и определения : ГОСТ 15528-86. – Введ. 01.01.1988. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 40 с.

10. Ротаметры. Общие технические условия : ГОСТ 13045-81. – Введ. 01.07.1982. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 14 с.

11. ISO 14520-1:2023. Gaseous fire-extinguishing systems — Physical properties and system design — Part 1: General requirements. – 4th ed. – Geneva : ISO, 2023. – 78 p.

12. NFPA 2001:2025. Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems. — 2025 ed. — Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2024. — 150 p.

13. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения : РМГ 29-2013. – Введ. 01.01.2015. – М. : Стандартинформ, 2014. – IV, 55 с.

14. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Расходомеры постоянного перепада давления. Пересчет метрологических характеристик : МИ 1420-86. – Введ. 01.01.1987. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 15 с.

УДК 614.844.4:681.121.84

И. А. Бунто, О. В. Бунто
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ РАСХОДА ГАЗОВЫХ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ «ЧАШЕЧНОЙ ГОРЕЛКИ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОТАМЕТРОВ, ГРАДУИРОВАННЫХ ПО ВОЗДУХУ

Применение ротаметров, градуированных по воздуху, для определения истинного значения расхода газовых огнетушащих веществ (далее – ГОТВ) требует обязательного учета физико-химических свойств конкретного ГОТВ, а также условий окружающей среды при проведении испытаний. Экспериментально обоснована и подтверждена правомерность двух ключевых допущений при определении минимальной огнетушащей концентрации (далее – МОК): возможность пренебречь температурным фактором и соответствие абсолютного давления внутри ротаметра текущему атмосферному давлению.

Ключевые слова: газовое огнетушащее вещество, минимальная огнетушащая концентрация, ротаметр, плотность газа, чашечная горелка.

I. A. Bunta, O. V. Bunta

DETERMINATION OF THE ACTUAL FLOW RATE OF GASEOUS EXTINGUISHING AGENTS USING THE «CUP BURNER» METHOD WITH AIR-CALIBRATED ROTAMETERS

The application of rotameters calibrated for air to determine the true flow rate of gaseous fire extinguishing agents (hereinafter referred to as GFEAs) requires mandatory consideration of the physicochemical properties of the specific GFEA, as well as the environmental conditions during testing. The validity of two key assumptions in determining the minimum extinguishing concentration (hereinafter referred to as MEC) has been experimentally justified and confirmed: the ability to neglect the temperature factor and the compliance of the absolute pressure inside the rotameter with the current atmospheric pressure.

Keywords: gaseous fire extinguishing agent, minimum extinguishing concentration, rotameter, gas density, cup burner.

Газовые огнетушащие вещества являются объектом технического регулирования ТР ЕАЭС 043/2017 [1], и их обращение на территории государств – членов ЕАЭС допускается только при наличии декларации о соответствии требованиям указанного регламента. Обязательным условием для оформления данного документа является получение положительных результатов испытаний,

© Бунто И. А., Бунто О. В., 2026

подтверждающих соответствие ГОТВ стандартам из перечня взаимосвязанных с регламентом (в частности, ГОСТ Р 53280.3-2009 [2] или СТ РК 2512-2014 [3]).

МОК – это минимальная объемная концентрация ГОТВ в воздухе, обеспечивающая тушение диффузионного пламени вещества объемным способом в условиях опыта, и ключевой параметр, устанавливаемый в ходе испытаний газовых составов.

Методология определения данного показателя в [2] и [3] концептуально идентична. В соответствии с [2, 3] определение МОК осуществляется по методу «чашечной горелки», согласно которому при помощи газовых расходомеров определяют соотношение расхода воздуха и ГОТВ, при котором происходит тушение пламени в горелке. Испытательные лаборатории в качестве средств измерения расхода газа при определении МОК традиционно используют ротаметры. Однако применение данных приборов требует особого внимания к корректности интерпретации результатов и обеспечению достоверности измерений при определении расхода различных видов ГОТВ [4].

Процедуры градуировки и поверки ротаметров, регламентированные ГОСТ 8.122-99 [5], представляют собой комплекс метрологических операций по присвоению делениям шкалы прибора значений расхода в установленных единицах. Ключевым элементом данной процедуры является установление индивидуальной градуировочной характеристики, которая соотносит показания прибора с объемным расходом газа, приведенным к стандартным условиям окружающей среды по ГОСТ 2939 [6]. Эталонной градуировочной средой для газовых ротаметров является воздух. Несмотря на допустимость калибровки приборов на рабочих средах, наличие стандартной «воздушной» характеристики остается обязательным требованием для обеспечения технической возможности проведения периодической поверки средств измерений в органах государственной метрологической службы. При этом заводы-изготовители поставляют серийные ротаметры со шкалой, градуированной по воздуху при стандартных условиях окружающей среды, что делает их прямое применение для измерения других газовых сред невозможным [4].

Необходимость индивидуальной градуировки ротаметров под каждый вид ГОТВ связана со сжимаемостью газов и различием их плотностей. Положение поплавка определяется подъемной силой динамического напора, которая прямо пропорциональна плотности среды. Например, тяжелые газы обладают значительно большей плотностью, чем воздух, из-за чего они оказывают более сильное воздействие на поплавок при той же скорости потока. В результате поплавок поднимается на ту же отметку шкалы при гораздо меньшем фактическом расходе, что приводит к недостоверности прямых измерений [4].

Поскольку ротаметры калибруются заводом-изготовителем индивидуально по воздуху, все геометрические и аэродинамические особенности пары «корпус-поплавок» уже учтены в его базовой градуировочной характеристике. Однако эта калибровка гарантирует точность измерений только для базовой среды (воздуха). При переходе к измерению

иных газовых веществ возникает необходимость математического пересчета шкалы. На практике для этого используют методические указания пересчета метрологических характеристик МИ 1420-86 [8] или упрощённые формулы пересчета, приведенным в паспорте на конкретный ротаметр, которые основываются на конструктивных особенностях прибора (форме поплавка) и допускают, что коэффициенты сопротивления воздуха и рабочего газа можно принимать равными ($C_{x1} = C_{x2}$) [4].

Согласно методическим указаниям [7], фактическое значение расхода рабочего газа можно определить по формуле:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{C_{x1} \cdot \rho_1}{C_{x2} \cdot \rho_2}}, \quad (1)$$

где Q_2 – фактический объемный расход рабочего газа, м^3/ч;

Q_1 – фактический объемный расход градуировочной среды, м^3/ч;

ρ_1 – плотность градуировочной среды, кг/м^3;

ρ_2 – плотность рабочего газа, кг/м^3;

C_{x1} – коэффициент сопротивления поплавка, соответствующего градуировочным точкам шкалы для градуировочной среды;

C_{x2} – коэффициент сопротивления поплавка, соответствующего градуировочным точкам шкалы для рабочего газа.

Дополнительным фактором, влияющим на плотность газа, являются значения условий окружающей среды. Допустимые границы их изменения, установленные в [2]: (температура от 19 до 22 °С, давление от 84 до 106,7 кПа, относительная влажность воздуха от 40 до 80 %), значительно отличаются от значений стандартных условий. Следовательно, учет условий окружающей среды при измерении расхода газа становится критически важным [4].

Изменение давления и температуры напрямую влияет на плотность газа и положение поплавка ротаметра [4]. В связи с этим точное измерение расхода ГОТВ ротаметрами возможно только путем математического пересчета полученных значений с учетом физико-химических свойств конкретного газа и текущих условий окружающей среды. Согласно уравнению Менделеева – Клапейрона, текущая рабочая плотность любого газа рассчитывается по следующей формуле:

$$\rho_2 = \rho_н \frac{P \cdot T_н}{P_н \cdot T}, \quad (2)$$

где $\rho_н$–плотность данного газа при нормальных условиях, кг/м^3;

P – текущее абсолютное давление газа перед ротаметром, Па;

$T_н$ – нормальная температура, согласно [6];

$P_н$ – нормальное атмосферное давление, согласно [6];

Т – текущая абсолютная температура газа, проходящего через ротаметр, К.

В случае применения ротаметра, изготовитель которого допускает, что коэффициенты сопротивления воздуха и рабочего газа можно принимать равными благодаря конструктивным особенностям прибора и форме поплавка, исходное выражение примет следующий вид:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\frac{\rho_{1н} \cdot (\frac{P_1 \cdot T_н}{P_н \cdot T_1})}{\rho_{2н} \cdot (\frac{P_2 \cdot T_н}{P_н \cdot T_2})}} = Q_1 \sqrt{\frac{\rho_{1н} \cdot P_1 \cdot T_2}{\rho_{2н} \cdot P_2 \cdot T_1}}, \quad (3)$$

где $\rho_{1н}$ – плотность градуировочной среды (воздуха) при нормальных условиях;

P_1 – абсолютное давление градуировочной среды (воздуха) на входе в ротаметр при градуировке[6];

T_1 – абсолютная температура градуировочной среды (воздуха) при градуировке ротаметра [6];

$\rho_{2н}$– плотность рабочего газа при нормальных условиях;

P_2 – абсолютное давление рабочего газа на входе в ротаметр при измерении;

T_2 – абсолютная температура рабочего газа при измерении (на входе в ротаметр), К.

При этом P_2– абсолютное давление рабочего газа на входе в ротаметр, рассчитывают как сумму избыточного давления воздуха (рабочего газа) на входе $P_{изб}$ и нормального атмосферного давления воздуха $P_н$, Па [3]:

$$P_2 = P_{изб} + 101325 \ \text{Па}, \quad (4)$$

Ключевой особенностью применения полученной формулы (3) является необходимость учета фактических значений давления и температуры газа непосредственно на входе в ротаметр. Однако анализ положений [2] показывает, что прямой инструментальный контроль этих параметров в ходе испытаний не предусмотрен. Возникает метрологическое противоречие: для проведения расчета расхода по формуле (3) инструментальные измерения давления и температуры газа на входе в ротаметр необходимы, но стандарт [2] их не требует. Чтобы разрешить это противоречие и оценить, возможно ли в дальнейшем отказаться от замера указанных параметров предлагается использовать ряд обоснованных допущений, вытекающих из конструкции самой испытательной установки для определения МОК методом «чашечной горелки» [4]:

– *Первое допущение* ($P_{изб} \approx 0$). Поскольку схема установки предусматривает выход в атмосферу газового потока через слой стеклянного боя (с размером фракций не более 10 мм и толщиной от 20 до 40 мм),

выдвинуто предположение о возможности пренебречь избыточным давлением газа перед ротаметром.

– *Второе допущение* ($T_2 \approx T_1$). Допустимые стандартом значения границы диапазона испытаний (от 19 °С до 22 °С) близки к значению стандартной температуры градуировки ротаметра (20 °С). При этом, несмотря на то что расширение газа при его выпуске из баллона сопровождается охлаждением потока, невысокий расход подачи ГОТВ по соединительному трубопроводу обеспечит его полный теплообмен с окружающей средой до входа в ротаметр. Это позволяет приравнять температуру подаваемого газа к температуре воздуха в помещении.

Для подтверждения достоверности принятых допущений проведены экспериментальные исследования, в ходе которых расчетные данные по формуле (3), соответствующей подходам [3], сопоставлялись с результатами контрольного взвешивания фактически поданного количества ГОТВ на примере диоксида углерода (далее – CO_2) [4]. При проведении исследований применялись: баллон с диоксидом углерода (CO_2); редуктор давления; игольчатый кран для прецизионной регулировки и плавной настройки расхода газа; ротаметр с «воздушной» градуировкой; секундомер и электронные весы. Условия проведения исследований соответствовали требованиям пункта 6.2.3 [2]: температура 21,4 °С, атмосферное давление 100,1 кПа. Исследование включало два этапа.

На первом этапе осуществлялось измерение расхода газа. Предварительно взвешенный баллон с CO_2 подключался к ротаметру через редуктор и игольчатый кран. В течение фиксированного интервала времени газ выпускался в атмосферу с постоянным расходом. При помощи игольчатого крана поток стабилизировался таким образом, чтобы поплавок ротаметра удерживался строго на выбранной градуировочной отметке. На основании показаний ротаметра и формулы (3) определялся расчетный объемный расход вышедшего газа [4]. Продолжительность подачи газа составила 1200 с. Поплавок прибора стабильно удерживался на градуировочной отметке шкалы 80 ед. Согласно действующему свидетельству о поверке, указанному значению шкалы соответствует объемный расход воздуха, равный 0,56 м^3/ч (0,1556 л/с). На основании формулы (3), расчетное значение объемного расхода CO_2 составило:

$$Q_2^{\text{расчет.}CO_2} = Q_1 \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{воздуха}} \cdot P_1}{\rho_{CO_2} \cdot P_2}} = 0{,}1556 \cdot \sqrt{\frac{1{,}204 \cdot 101{,}325}{1{,}88 \cdot 100{,}1}} = 0{,}1253 \text{л/с} \qquad (5)$$

На втором этапе проводилось контрольное взвешивание баллона после завершения выпуска газа. Определение фактического объемного расхода CO_2 ($Q_2^{\text{фактич.}}$) осуществлялось расчетным методом на основании изменения массы баллона с учетом плотности газа при заданных условиях. За 1200 с масса баллона с CO_2 уменьшилась на 0,290 кг, что соответствует объему газа 154,26 л. Таким образом, фактический объемный расход CO_2 составил 0,1286 л/с.

Сходимость расчетных и фактических данных определялась по величине относительного отклонения, которое составило 2,57 %. Сходимость полученных результатов не превышает 5 % согласно п 6.2.4 [2], что подтверждает правомерность принятых допущений, использованных при расчете объемного расхода ГОТВ [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения : ТР ЕАЭС 043/2017 : принят 23.06.2017 : вступ. в силу 01.01.2020 / Евраз. экон. комис. – Мн. : Бел. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2020. – 28 с.

2. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 3. Газовые огнетушащие вещества. Методы испытаний : ГОСТ Р 53280.3-2009. – Введ. 18.02.2009. – М. : Стандартинформ, 2009. – III, 9 с.

3. Техника пожарная. Установки газового пожаротушения автоматические. Вещества огнетушащие. Правила приемки и методы испытаний : СТ РК 2512-2014. – Введ. 01.01.2016. – Астана : Мемстандарт, 2016. – IV, 16 с.

5. Бунто, И.А. Метрологические аспекты применения ротаметров при определении минимальной огнетушащей концентрации газовых огнетушащих веществ методом «чашечной горелки» / И. А. Бунто, О. В. Бунто [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2026. – Т. 10, No 3. – С. 429-439.

6. Государственная система обеспечения единства измерений. Ротаметры. Методика поверки : ГОСТ 8.122-99. – Введ. 01.07.2000. – Мн. : ИПК Изд-во стандартов, 1999. – III, 9 с.

7. Газы. Условия для определения объема : ГОСТ 2939-63 – Введ. 01.07.1964. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 3 с.

8. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Расходомеры постоянного перепада давления. Пересчет метрологических характеристик : МИ 1420-86. – Введ. 01.01.1987. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 15 с.

9. Кремлевский, П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ : справочник : в 2 т. / П. П. Кремлевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 701 с. – ISBN 5-7325-0410-9.

УДК 614.842.4

М. Б. Вахминцев, И. Н. Субботкина, И. В. Некрасова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СРЕДСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Проанализированы средства обнаружения пожаров в помещениях, на дымоходах и между соседними зданиями. На основе литературного обзора и действующих норм предложен порядок выбора места контроля с учетом физического признака, переноса тепла и дыма и вероятного пути развития пожара. Отмечены пределы переноса результатов моделирования и стендовых опытов в практический проект.

Ключевые слова: обнаружение пожара, пожарный извещатель, тепловой контроль, дымоход, межзданное распространение, вероятностная модель.

M. B. Vahmintsev, I. N. Subbotkina, I. V. Nekrasova

THE FIRE DETECTION TECHNOLOGIES IN THE RUSSIAN FEDERATION

Fire detection in rooms, chimneys and between adjacent buildings is reviewed. Based on a literature review and existing regulations, a procedure for selecting a monitoring location is proposed, taking into account physical characteristics, heat and smoke transfer, and the likely path of fire development. Limits of applying modelling and bench-test findings to real projects are identified.

Keywords: fire detection, fire detector, heat monitoring, chimney, fire spread between buildings, probabilistic model.

Введение

Обнаружение пожара представляет собой распознавание изменения среды до развития опасных факторов. Точечный извещатель регистрирует признак в помещении; специальные устройства могут контролировать перегрев конструктивного элемента или тепловое воздействие со стороны соседнего здания. Цель работы заключается в том, чтобы связать эти уровни в едином порядке выбора места контроля. Метод исследования предполагает в рамках проведения анализа сопоставление нормативных документов, экспериментальных и расчетных публикаций [1–13].

Нормативная основа и критерий выбора

Необходимость защиты объекта системой пожарной сигнализации определяют с учетом СП 486.1311500.2020, а проектные решения принимают по СП 484.1311500.2020 в действующей редакции [10, 11]. ГОСТ 34698-2020 задает требования и испытания извещателя как изделия; ГОСТ Р 59638-2021

© Вахминцев М. Б., Субботкина И. Н., Некрасова И. В., 2026

касается монтажа, обслуживания и испытания системы [1, 2]. Исследовательская конструкция или патент не заменяют подтверждения соответствия, проектной проверки размещения и испытания готовой системы.

Предлагаемый порядок выбора охватывает четыре условия: раннее появление контролируемого признака при характерном сценарии; его достижение чувствительной зоны; устойчивость к обычным помехам; прохождение тревоги до приемно-контрольного прибора и требуемого действия. Для внешнего контроля к ним добавляются направление распространения пожара между объектами и экранирование излучения. Смена одного порога чувствительности не устраняет ошибку размещения. Такой порядок является аналитическим обобщением, а не нормативной расчетной формулой.

Сопоставление средств обнаружения

Точечный оптико-электронный дымовой извещатель полезен при тлении материалов, но балка и поток приточного воздуха могут задержать попадание аэрозоля в его камеру. Линейный дымовой извещатель контролирует оптический путь, аспирационный отбирает воздух по трубопроводу, проточный анализирует поток в вентиляционном канале. При остановке вентиляции доставка дыма к проточному устройству изменяется; конструктивные и испытательные особенности таких устройств рассмотрены Здором и соавторами [3].

Тепловой извещатель реагирует на температуру или скорость ее роста; при слабом тлении он нередко уступает дымовому по времени сигнала. Извещатель пламени требует прямой видимости очага и проверки оптических помех. Сочетание нескольких признаков повышает возможности распознавания, но настройку алгоритма следует проверять на типовых очагах и нецелевых воздействиях. Рахматуллина и соавторы показали значение динамики концентрации дыма и ложных факторов для сигнала [9].

Таблица. **Сценарная проверка выбора извещателя**

Сценарий	Основной канал	Уязвимость, подлежащая проверке
Кабельная изоляция, тление	Дымовой или аспирационный	Перенос дыма при работающей и остановленной вентиляции
Пар и аэрозоли в помещении	Тепловой или мультикритериальный	Длительность реакции на малый очаг при обычном режиме
Открытое горение жидкости	Пламенный в сочетании с иными средствами по проекту	Обзор очага, экраны, засветка и ложные источники

Специальные средства и выбор места контроля

Лазарев А. А. и соавторы исследовали изделие для обнаружения пожара в соседнем здании: поток инфракрасного излучения нагревает стальной термочувствительный элемент. В расчетной модели сопоставлены условия теплоотдачи диска в разных газовых средах и вакууме; отдельно рассмотрено исключение прямого нагрева солнцем [4]. Это численное обоснование конструкции, поэтому время срабатывания и помехоустойчивость конкретного изделия следует подтверждать натурными испытаниями. В другой работе тех же исследователей переход пожара между тремя зданиями текстильного предприятия представлен марковской моделью; изменение интенсивности переходов меняло приоритет наружных мест установки [5]. Вероятности из такого примера не переносятся на другой комплекс без его геометрии и исходных данных.

Иной масштаб задачи — перегрев печной трубы до возникновения пожара. В патенте RU 230796 U1 предложен шамотный кирпич с термопарой и блоком передачи сигнала [6]. Пеньков, Лазарев и соавторы испытали опытное устройство с измерением температуры в четырех точках и получили зависимости нагрева от времени для выбора положения термопары [8]. Эти зависимости относятся к условиям указанного стенда. Патент RU 242879 U1 показывает еще один вариант предметной интеграции: дымовая камера встроена в навершие новогодней ели, а при сигнале устройство включает оповещение и отключает питание гирлянды [7]. Патентное описание фиксирует техническое решение, но само по себе не подтверждает эффективность серийного изделия. Общий вывод для специальных средств: датчик следует располагать в том элементе или направлении, где опасный процесс проявится достаточно рано, а цепь отключения и оповещения испытывать целиком.

Проверка работоспособности на объекте

Практический осмотр начинают со сверки проекта с текущим назначением объекта. Новые стеллажи, смена вентиляции, реконструкция дымохода или соседнего здания меняют условия переноса признака. Проверяют журналы событий, загрязнение камер, исправность термопар, резервное питание и прохождение тревоги до предусмотренного действия. Ложную тревогу расследуют по адресу, времени и режиму эксплуатации; отключение проблемной зоны лишает объект защиты. Испытание одного сенсора без проверки связанной автоматики не доказывает готовности системы [2, 9].

Заключение

Выбор средства обнаружения начинают с вероятного сценария горения и пути распространения его признаков. Работы [4-8] расширяют обычную задачу контроля помещения до границы соседних зданий, дымохода и технологически интегрированного предмета. Их модели, стендовые зависимости и патенты дают основания для проектных гипотез, но не заменяют испытаний на характерных очагах и помехах. Предлагаемая четырехступенчатая проверка связывает чувствительность, место установки, помехоустойчивость и действие системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 34698-2020. Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.

2. ГОСТ Р 59638-2021. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность.

3. Здор В. Л., Рыбаков И. В., Попонин К. А., Семененко Н. В. Проточные дымовые пожарные извещатели. Особенности построения // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2023. № 1 (15). С. 6–14. DOI: 10.37657/vniipo.avpb.2023.64.62.001.

4. Лазарев А. А., Федосов С. В., Котлов В. Г. и др. Информационное и математическое моделирование в строительстве при разработке строительных изделий для обнаружения пожара в соседнем здании // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 11. С. 1770–1778. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.11.1770-1778. EDN: GBBWJI

5. Лазарев А. А., Титов В. А., Лобова А. А. и др. Вероятностный подход к созданию систем для обнаружения пожара на текстильном предприятии // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 5 (419). С. 306–312. DOI: 10.47367/0021-3497_2025_5_306. EDN: YQRYTS

6. Патент RU 230796 U1. Устройство для определения пожарной опасности печных труб / И. А. Малый, И. Ю. Шарабанова, А. А. Лазарев и др.; опубл. 19.12.2024. – EDN: FDGQXU

7. Патент RU 242879 U1. Пожарный дымовой оптический извещатель / В. В. Булгаков, И. Ю. Шарабанова, А. А. Лазарев и др.; опубл. 16.04.2026. – EDN: RDVDNO

8. Пеньков И. В., Лазарев А. А., Сторонкина О. Е., Осмоловская А. А. Результаты испытания технических средств для мониторинга пожарной безопасности дымоходов печей // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 3 (56). С. 33–39. – EDN: VWFUYO

9. Рахматуллина Э. Ф., Пермяков А. В., Хафизов И. Ф., Хафизов Ф. Ш. Влияние концентрации дыма и ложных факторов на срабатывание автоматической пожарной сигнализации // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2025. № 3. С. 1–12. DOI: 10.61260/2218-130X-2025-3-1-12.

10. СП 484.1311500.2020. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования (с изм. № 1).

11. СП 486.1311500.2020. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации.

12. Пеньков И.В. [и др.] Результаты испытания технических средств для мониторинга пожарной безопасности дымоходов печей // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 3 (56). С. 33-39. – EDN: VWFUYO

13. Федосов С.В., Лазарев А.А. Методика испытания специальных бетонных блоков, предназначенных для обнаружения пожаров // В сборнике: Железобетонные и каменные конструкции: настоящее и будущее. Сборник тезисов докладов Международной научной конференции, посвященной 50-летию кафедры "Железобетонные и каменные конструкции" и 105-летию Казанской школы железобетона. Казань, 2024. С. 25. – EDN: EOFITJ

УДК 629.34+38:614.841

Т. П. Великоклад
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

В данной статье представлен обзор современных научно-технических достижений в области противопожарной защиты электромобилей по двум направлениям: инновационные методы и средства тушения пожаров литий-ионных аккумуляторов, включая проникающие огнетушители, специализированные жидкие составы и тонкораспылённую воду; превентивные технологии на уровне конструкции аккумуляторных батарей: твердотельные электролиты, LFP-химия и системы управления батареями.

Ключевые слова: электромобили, литий-ионные аккумуляторы, тепловой разгон, противопожарная защита, твердотельные батареи, огнетушащие составы, пожарная безопасность.

T. P. Velikoklad

MODERN SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF FIRE PROTECTION SYSTEMS FOR ELECTRIC VEHICLES

This article provides an overview of current scientific and technical achievements in the field of fire protection for electric vehicles in two areas. The first is innovative methods and means of extinguishing fires involving lithium-ion batteries, including penetrating fire extinguishers, specialized liquid agents, and fine spray water. The second is preventive technologies at the level of battery design: solid-state electrolytes, LFP chemistry, and battery management systems.

Key words: electric vehicles, lithium-ion batteries, thermal runaway, fire protection, solidstate batteries, fire-extinguishing agents, fire safety.

Стоит отметить, что мировой парк электромобилей с каждым годом стремительно растёт. Однако растущая популярность электротранспорта обнажает серьезную проблему: на данный момент не существует экономически эффективных средств и способов тушения пожаров литий-ионных аккумуляторов. Как показывает статистика, электромобили загораются в 20–80 раз реже автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (далее-ДВС). Вместе с тем, когда возгорание всё же происходит, оно представляет принципиально иную задачу для пожарных, так как литий-ионная батарея при тепловом разгоне генерирует собственный кислород, тепло и горючие газы, что

© Великоклад Т. П., 2026

делает традиционные методы тушения малоэффективными или вовсе бесполезными. Также дополнительную опасность при тушении электромобилей представляет риск поражения электрическим током, как для пожарных-спасателей, так и других лиц, находящихся в непосредственной близости от места возгорания.

В этой связи можно выделить два ключевых направления противопожарной защиты электромобилей:

1. Инновационные методы и средства тушения пожаров литий-ионных аккумуляторов.

Стоит отметить, что в инструкциях производителей электромобилей отсутствует единая информация о тактике тушения. Например, Mitsubishi и Proterra рекомендуют заливать горящий электромобиль водой с подачей в область аккумуляторного блока, а Subaru и Toyota наоборот не заливать, а дать батарее полностью сгореть. Hyundai и Proterra рекомендуют дополнительно пользоваться тепловизором для мониторинга. При этом необходимо подчеркнуть, что ни один производитель не даёт конкретных инструкций о порядке действий по сведению к минимуму опасностей, включая риск повторного возгорания.

Вместе с тем, эксперименты, проведённые совместно с ГУ МЧС России по Пермскому краю на модулях аккумуляторной батареи Tesla Model S, показали неэффективность традиционных методов при тушении электротранспорта. Так, порошок сбил пламя, но после прекращения подачи аккумулятор вновь загорелся. Пена показала большую эффективность за счёт снижения температуры, однако реакция не прекратилась, и через непродолжительное время аккумулятор снова загорелся. Вода с последующим погружением в специальный контейнер, оказалась наиболее эффективным средством из традиционных методов за счёт снижения температуры близлежащих ячеек, однако химические реакции в аккумуляторе не остановились - продолжилось выделение газов и повторное возгорание одной из ячеек даже под водой. Поэтому, тушение литий-ионных аккумуляторов при помощи традиционных методов тушения неэффективно, так как при горении такой аккумулятор самостоятельно выделяет кислород, поддерживающий его горение [1].

Кроме того, экспериментальная оценка эффективности огнетушащих веществ, проведённая на сборке из шести литий-ионных аккумуляторов типа NMC с уровнем заряда не менее 80%, показала, что наибольшая температура пламенного горения находится в диапазоне 680–720 °C, углекислотный огнетушитель не может сбить пламя, и аккумуляторы полностью выгорели. Поэтому наиболее перспективными признаны «вещества, сочетающие свойства охлаждения и изоляции» [2].

Также, масштабное исследование было проведено UL Research Institutes (США), и при опубликовании в августе 2026 года, подтвердило, что «Обильная подача воды на внешний корпус батареи неэффективна и не способна остановить тепловой разгон». Попадание воды в аккумулятор, который ещё не

вовлечён в пожар, может повысить риск повторного возгорания. Главный вывод 150-страничного отчёта: «Несмотря на все эксперименты, проверенного способа потушить горящий электромобиль эффективнее, чем с помощью обычного пожарного рукава, пока не существует» [3].

Шведское агентство по чрезвычайным ситуациям (MSB) совместно с CTIF провело испытания режущего (проникающего) огнетушителя Cobra Cutting, который использует воду под высоким давлением с абразивом для прорезания оболочки батареи с минимальным попаданием кислорода. В полномасштабном тесте огнетушитель потушил пожар литий-ионной батареи за 10 минут с минимальным расходом воды и без риска повторного возгорания. В отличие от наружного орошения, внутренняя подача охлаждающей жидкости непосредственно в зону тепловыделения позволила остановить цепную реакцию. Исследования RISE Research Institutes of Sweden показали, что внутреннее затопление аккумуляторного блока всего 13 л огнетушащего вещества предотвращает распространение теплового разгона между модулями, тогда как внешнее тушение не даёт охлаждающего эффекта [4].

В свою очередь, Российская компания ООО «Элехим» разработала технологию тушения литиевых аккумуляторов с помощью однородного жидкого состава с диапазоном эксплуатации от минус 40 до плюс 50 °С. При тушении состав поглощает и нейтрализует токсичные аэрозоли, выделяющиеся при горении литиевых батарей. Отметим, что испытания были проведены на батареях автомобилей «Москвич 3», Chevrolet, Nissan, электробусов «КАМАЗ», а также на электросудах «Москва 1.0» и «Москва 2.0» [5].

2. Превентивные технологии: от твердотельных электролитов до интеллектуальных систем управления батареями.

В сегодняшних реалиях, концептуальный подход к противопожарной защите электромобилей смещается от тушения к предотвращению. Так, научные сотрудники института МФТИ в рамках проекта ФПИ «Сапфир-Д» разработали технологию изготовления негорючих батарей с квазитвёрдым электролитом на основе полимер-керамической мембраны. Разработанная технология позволяет решить главные проблемы современных батарей, повысить безопасность и обеспечить существенно более длительную работу в режиме высокой токоотдачи.

Стоит сказать, что и канадские ученые предложили переход на твердотелые аккумуляторы, то есть замене горючего жидкого электролита на твёрдый. По их мнению, это считается наиболее радикальным способом повышения безопасности. Как отмечают исследователи, твёрдые электролиты обычно негорючие и механически прочные. Они снижают риск утечки и ограничивают образование богатых кислородом летучих продуктов разложения [6].

Однако абсолютная безопасность твердотельных батарей ставится под сомнение китайскими учеными. Например, доцент университета Цинхуа Жэнь Дуншэн на Всемирном форуме по силовым батареям, в 2025 году выразил свою позицию в том, что полностью твердотельная батарея является

энергоносителем, и достичь её абсолютной безопасности чрезвычайно сложно, так как твердотельная батарея - это энергетическое устройство, и оно может быть небезопасным, поэтому не стоит завышать ожидания.

К тому же, китайская компания BYD разработала технологию Blade Battery на основе литий-железо-фосфатной (далее- LFP) химии. В тесте на пробитие стальным гвоздём - индустриальном стандарте имитации ДТП, батарея не выделила ни дыма, ни огня, а температура поверхности составила лишь 30–60 °C. Если сравнить классические NMC-батареи при аналогичном тесте, то они мгновенно переходят в тепловой разгон с выделением кислорода, интенсивным пожаром и температурой свыше 500 °C. Очевидно, что LFP-химия имеет более высокий порог теплового разгона - 270 °C против 210 °C для NMC. Во втором поколении плотность энергии Blade Battery достигла 190 Вт ч/кг, что приближает LFP-технологию к показателям более дорогих NMC-батарей. При этом компания BYD планирует начать пробную эксплуатацию электромобилей с твердотельными аккумуляторами с 2027 года, но полномасштабное производство ожидается лишь после 2030 года.

При этом, новый китайский стандарт GB38031-2025, вступившей в силу 1 июля 2026 года, обязывает все новые электромобили обеспечивать «отсутствие возгорания и взрыва» в экстремальных условиях, включая прокол гвоздём, перезарядку и воздействие высоких температур, в течение не менее 60 минут. Это требование исключает прежнюю концепцию «времени эвакуации» и требует внутренней безопасности на протяжении всего срока службы батареи. Для соответствия стандарту BMS должны сертифицироваться по наивысшему уровню безопасности ASIL-D (ISO 26262). Водородные датчики на основе MEMS-технологии обнаруживают выбросы газа на ранней стадии теплового разгона, обеспечивая заблаговременное предупреждение за 400 минут.

Добавим, что современные BMS используют алгоритмы машинного обучения и искусственный интеллект для прогнозирования состояния батареи и раннего обнаружения неисправностей. Это позволяет точнее предсказывать остаток хода и заранее выявлять проблемы, которые могут привести к возгоранию. Поэтому интеллектуальные системы управления батареями (BMS), являются «мозгом» аккумуляторной батареи электромобиля, которая непрерывно контролирует напряжение, ток и температуру каждой ячейки. При обнаружении перегрева (свыше 45 °C) BMS активирует системы охлаждения, а при экстремальных значениях - отключает зарядку и разрядку для остановки выделения тепла. При этом современные BMS реагируют на короткие замыкания за одну микросекунду.

Таким образом, проведённый анализ позволяет сформулировать следующие выводы.

Во-первых, традиционные огнетушащие вещества (порошок, пена, углекислота) неэффективны при тушении литий-ионных аккумуляторов вследствие выделения кислорода при термическом разложении катодного материала. Наиболее перспективные направления, это проникающие огнетушители (Cobra Cutting, 10-минутное тушение без повторного

возгорания), специализированные жидкие составы с нейтрализацией токсичных аэрозолей (технология ООО «Элехим»), внутреннее затопление аккумуляторного блока (13 литров для предотвращения распространения) и системы подачи огнетушащего вещества непосредственно в зону расположения батарей (ВНИИПО МЧС России).

Во-вторых, превентивные конструктивные технологии - переход к LFP-химии (Blade Battery BYD с температурой поверхности 30–60 °C при пробитии гвоздём), разработка твердотельных и квазитвердотельных электролитов (МФТИ, проект «Сапфир-Д»), позволяют существенно снизить вероятность теплового разгона. Однако, как предупреждают учёные, полностью твердотельная батарея является энергоносителем, и достичь абсолютной безопасности чрезвычайно сложно.

В-третьих, введение стандарта GB38031-2025 в Китае (требование «невозгорания и невзрывоопасности» в течение 60 минут) - первый шаг к радикальному повышению требований, так как Единые международные протоколы тушения и инструкции для пожарных подразделений пока отсутствуют.

Если изложить суть дела в самом сжатом виде, то главный вывод исследователей и практиков совпадает в том, что противопожарная защита электромобилей требует комплексного подхода объединяющего превентивные конструктивные меры на уровне химии и архитектуры батарей, специализированные средства тушения с внутренним проникновением в аккумуляторный блок и цифровую интеграцию с алгоритмами искусственного интеллекта для раннего обнаружения и прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.Г.Аубакиров. Способы тушения литий-ионных аккумуляторов электромобилей // Вестник ПНИПУ. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2026. № 1. (Дата обращения: 21.09.2026).

2. О.В.Двоенко. А.Ф. Колбасов. Оценка эффективности применения составов для тушения пожаров литий-ионных аккумуляторных батарей // Пожары и чрезвычайные ситуации: предупреждение, ликвидация. 2024. №4. (Дата обращения: 21.09.2026).

3. Учёные проверили способы тушения электромобилей: простого решения пока нет.// Science Mail.ru. 2026. [Электронный ресурс]. (Дата обращения 2.10.2026).

4. Новый испытанный революционный метод тушит возгорания литий-ионных электромобилей за десять минут с минимальным использованием воды: // Science Mail.ru. 2023. [Электронный ресурс]. (Дата обращения: 6.10.2026).

5. В России разработали технологию тушения литиевых аккумуляторов // Science Mail.ru. 2026. [Электронный ресурс]. (Дата обращения: 6.10.2026).

6. Will your electric car burst into flames? A solid-state battery would reduce the risk. // Yahoo News Canada. 2026. [Электронный ресурс]. (Дата обращения 9.10.2026).

УДК 614.841.33

П. А. Вислогузов, А. В. Гомозов, И. М. Анисимов, Е. Н. Барановская
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

НАПРАВЛЕНИЕ АКТУАЛИЗАЦИИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К КОНСТРУКТИВНОМУ ИСПОЛНЕНИЮ ЛЕСТНИЧНЫХ КЛЕТОК

Статья содержит обоснование новых дополнительных противопожарных требований к конструктивному исполнению лестничных клеток, намечаемых к внедрению в свод правил «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

Ключевые слова: узел примыкания, размер простенка, перекрытие над лестничной клеткой, контроль положения люка, смещение лестничной клетки

P. A. Visloguzov, A. V. Gomozov, I. M. Anisimov, E. N. Baranovskaya

DIRECTION FOR UPDATING FIRE SAFETY REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF STAIRCASES

The article provides a rationale for new additional fire safety requirements for the design of staircases, which are planned to be introduced into the set of rules “Fire Protection Systems. Ensuring the fire resistance of protective structures.

Keywords: junction node, partition size, ceiling above the stairwell, hatch position control, stairwell displacement.

Лестничные клетки являются объемным элементом зданий, по которым при пожаре обеспечивается эвакуация мобильных людей, перемещение маломобильных и немобильных групп населения при их спасении пожарными подразделениями и персоналом объекта, а также подъем пожарных со средствами пожаротушения на верхние этажи.

С учетом этого, периодическая научно-обоснованная актуализация требований к их конструктивному исполнению является важной и современной технической проблемой, решение которой позволяет обеспечить безопасность людей при пожаре.

© Вислогузов П. А., Гомозов А. В., Анисимов И. М., Барановская Е. Н., 2026

Необходимо отметить, что положения [1-2] не учитывают горючесть материалов конструкций наружных стен и покрытий в зоне примыкания к ним внутренних стен лестничных клеток, которая определяет, как возможность распространения пожара по горючим поверхностям в окно лестничной клетки, так и возможность распространения горения внутри конструкций в объем лестничной клетки.

Для исключения данного эффекта представляется целесообразным дополнить положения [2] следующими требованиями.

Внутренние стены лестничных клеток должны пересекать наружные ограждения.

В случае, если наружные ограждения предусмотрены без применения горючих материалов, то внутренние стены лестничных клеток могут быть запроектированы с примыканием к этим конструкциям (т. е. без пересечения). При этом узлы примыкания должны иметь пределы огнестойкости по признакам EI аналогичные пределам огнестойкости внутренних стен лестничных клеток.

Последнее требование к огнестойкости узлов примыкания аналогично требованиям, которые предъявляются к узлам примыкания противопожарных преград и конструкций наружных стен.

Очевидно, что необходимая ширина простенка для лестничных клеток зависит от особенностей окон в ее наружных стенах, а требования к размерам простенка для лестничных клеток типа Л1 и типа Н2 необходимо дифференцировать.

Для лестничных клеток типа Л1 с открывающимися окнами необходимо дополнить положения [2] отсутствующими требованиями к размерам простенков между окнами складских помещений и окнами лестничной клетки, а также между балконами и окнами лестничной клетки. Для этого в [2] вместо слов «производственные помещения» необходимо указать «помещения класса функциональной пожарной опасности Ф 5» соответствующей категории, а также указать, что расстояние по горизонтали между проемами лестничной клетки типа Л1 и балконами (ширина простенка) должно быть не менее 2 м.

Учитывая возможность использования лестничной клетки типа Л1 в качестве пожаробезопасной зоны 4-го типа согласно положениям [3], требования [2] необходимо дополнить указанием о том, что расстояние по горизонтали между проемами лестничной клетки типа Л1, выполняющей функции пожаробезопасной зоны 4-го типа и проемами в наружной стене здания (ширина простенка) должно быть не менее 3 м.

В рамках обоснования отсутствующего нормативного требования к размерам простенка между окнами жилых помещений и окнами незадымляемой лестничной клетки типа Н2, в том числе выполняющей функции пожаробезопасной зоны 1-го типа, проведена расчетная оценка теплового воздействия пожара, распространяющегося по фасаду здания из оконного проема горящего жилого помещения, на окна незадымляемой лестничной клетки типа Н2. Расчетным путем определены минимально - необходимые размеры простенков в зависимости от конструктивного исполнения окон лестничной клетки (обычное

стекло, стеклопакет, противопожарные окна 2 или 3 типа) и скорости ветра в районе размещения объекта, которые представлены в таблице. При этом скорость ветра определяется согласно [4] как максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь для конкретного региона.

Таблица. **Размеры простенков лестничной клетки типа Н2 в зависимости от конструктивного исполнения окон и скорости ветра**

Заполнение оконного проема	**Минимально- необходимый размер простенка между окном жилого помещения и окном лестничной клетки типа Н2 при скорости ветра W, м**				
лестничной клетки	W= 2 м/с	W= 4 м/с	W= 6 м/с	W= 8 м/с	W= 9 м/с
Обычное стекло	2.2	3.1	4.1	4.9	5.3
Стеклопакет	1.2	2.1	2.9	3.2	3.5
Противопожарное окно Е15	0.45	0.8	0.9	1.2	1.4
Противопожарное окно Е30	≤0.45	≤0.8	≤0.9	≤1.2	≤1.4

При невозможности устройства необходимого размера простенка следует предусмотреть защиту оконного проема помещения неоткрывающимся противопожарным окном или противопожарной шторой с пределами огнестойкости признаку Е не менее нормируемого предела огнестойкости наружной стены здания.

Кроме того, положения [2] должны быть дополнены указанием о том, что ширина простенка между проемами лестничной клетки и проемами в наружной стене помещений санузлов, входных тамбуров, а также пожаробезопасных зон не нормируется.

В ряде случаев проектируемые лестничные клетки не предназначены для подъема на кровлю и для эвакуации с кровли и поэтому они могут быть запроектированы ниже уровня покрытия. С учетом этого актуализированные требования предусматривают, что если лестничная клетка запроектирована ниже уровня покрытия, то перекрытие над лестничной клеткой должно быть запроектировано из негорючих материалов с пределом огнестойкости, соответствующим пределу огнестойкости ее внутренних стен.

А в случае разделения здания на пожарные отсеки противопожарными перекрытиями внутренние стены лестничных клеток, пересекающие границы пожарных отсеков, должны иметь предел огнестойкости не менее REI 150 по всей высоте.

Комплекс требований [2,5] предусматривает возможность пересечения внутренних стен лестничных клеток воздуховодами. Данные положения необходимо дополнить указаниями о возможности пересечения внутренних стен лестничных клеток кабелями и трубопроводами (в том числе с горючим

утеплителем) в строительных конструкциях, пределы огнестойкости которых по признакам REI соответствуют нормируемым пределам огнестойкости внутренних стен лестничных клеток.

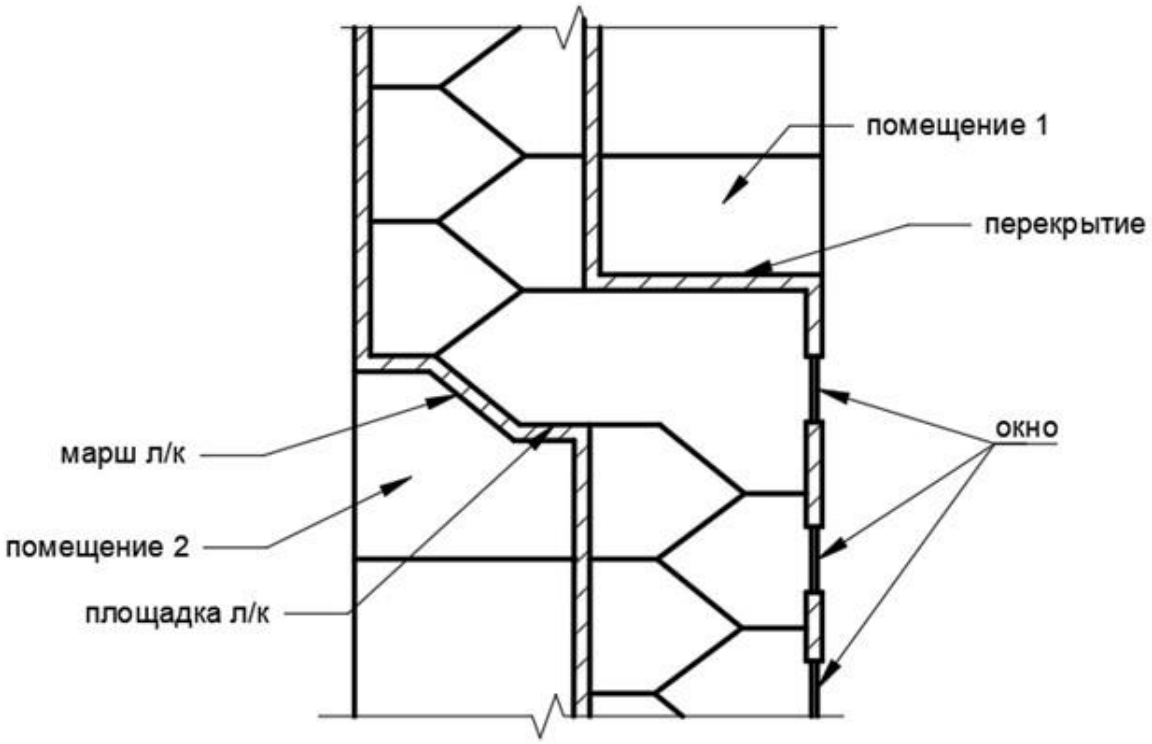


Рисунок. Проектирование лестничной клетки со смещением по вертикали

В практике противопожарной защиты важную роль играет возможность контроля положения противопожарных люков в покрытиях лестничной клетки. Для реализации этой функции в [2] предусмотрено указать, что противопожарные люки, предназначенные для заполнения проемов в покрытиях лестничных клеток, должны быть оборудованы вспомогательными устройствами контроля положения, отвечающими требованиям [6]. Кроме того в [2] предусмотрено указать, что если лестничная клетка запроектирована со смещением ее внутренних стен по горизонтали, при котором под ее площадками или маршами располагаются различные помещения (см. рисунок), то предел огнестойкости указанных площадок и маршей, а также предел огнестойкости перекрытий над лестничной клеткой должны приниматься равными нормируемому пределу огнестойкости внутренних стен лестничной клетки. Если площадки и марши такой лестничной клетки, имеют участки, расположенные на расстоянии более 6 м от оконных проемов или расположены за пределами прямой видимости оконных проемов, то для лестничной клетки необходимо предусмотреть эвакуационное освещение, обеспеченное по 1-й категории надежности электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм. от 04.08.2026). // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации: сайт. URL: https://docs.cntd.ru/document/902111644 (дата обращения: 14.08.2026).

2. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменениями №1, 2)». // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации: сайт. URL: https://docs.cntd.ru/document/565248963 (дата обращения: 14.08.2026).

3. СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с Изменениями №1-3)». // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации: сайт. URL: https://docs.cntd.ru/document/565248961 (дата обращения: 14.08.2026).

4. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология (с Изменениями №1, 2)». // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации: сайт. URL: https://docs.cntd.ru/document/573659358 (дата обращения: 14.08.2026).

5. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности (с Изменениями №1-3). // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации: сайт. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200098833 (дата обращения: 14.08.2026).

6. ГОСТ 35095-2024 «Технические средства пожарной автоматики вспомогательные. Общие технические требования. Методы испытаний». // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации: сайт. URL: https://docs.cntd.ru/document/1309958909 (дата обращения: 14.08.2025).

УДК 628.143

Ву Куанг Тханг
Университет пожарной профилактики и пожаротушения
Министерства общественной безопасности Вьетнама

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРЫШНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ВО ВЬЕТНАМЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

В статье исследуется государственное управление пожарной безопасностью крышных солнечных электростанций во Вьетнаме. Автор выявляет пробелы в законодательстве, в частности отсутствие специальных технических стандартов и системы пост-контроля. На основе анализа рисков возгораний предложены пути

© Ву Куанг Тханг, 2026

совершенствования нормативной базы и межведомственного взаимодействия для обеспечения безопасности объектов и устойчивого развития отрасли.

Ключевые слова: Пожарная безопасность, Солнечная электростанция, Нормативно-правовая база, Технический регламент.

Vu Quang Thang

STATE MANAGEMENT OF FIRE SAFETY IN THE OPERATION OF ROOFTOP SOLAR POWER PLANTS IN VIETNAM: CURRENT STATUS AND RECOMMENDATIONS FOR LEGISLATIVE IMPROVEMENT

The article examines the state management of fire safety for rooftop solar power systems in Vietnam. The author identifies significant legislative gaps, specifically the lack of specialized technical standards and a robust post-installation monitoring system. Based on an analysis of fire risks, the paper proposes solutions to enhance the regulatory framework and inter-agency coordination to ensure structural safety and the sustainable development of the energy sector.

Keywords: Fire safety, Solar power plant, Regulatory framework, Technical regulation.

Введение

В контексте глобального изменения климата и тенденции перехода к «зеленой» энергетике, Вьетнам подтвердил свою твердую приверженность достижению чистого нулевого уровня выбросов к 2050 году [1]. Для реализации этой цели Правительство приняло ряд механизмов, стимулирующих развитие возобновляемых источников энергии, в частности крышных солнечных электростанций (СЭС). По состоянию на начало 2025 года во Вьетнаме было установлено и подключено к сети более 100 000 систем крышных солнечных панелей в частных домохозяйствах, на производственных объектах и коммерческих предприятиях. Суммарная мощность солнечной энергетики (включая крышные установки) достигла примерно 17 ГВт (по состоянию на конец 2024 года), что вывело Вьетнам в лидеры среди стран АСЕАН в данном энергетическом секторе [2].

Однако столь стремительное развитие создает беспрецедентные вызовы для государственного управления в области безопасности строительных объектов. Технические особенности, такие как высокое напряжение постоянного тока (ПТ), риск возникновения электрической дуги и непрерывная генерация электроэнергии солнечными панелями при наличии света, крайне усложняют задачи по профилактике и тушению пожаров. Более того, стихийная установка систем на крышах старых зданий без оценки несущей способности конструкций и их огнестойкости создает скрытые риски неконтролируемого распространения огня.

Несмотря на то, что законодательная система Вьетнама в области пожарной безопасности и электроэнергетики сделала значительный шаг вперед в период 2024–2025 гг., практика показывает, что действующие нормы по-

прежнему носят общий характер и не в полной мере охватывают специфические особенности технологий солнечной энергетики. Отсутствие специализированных технических стандартов, процедур регулярного последующего контроля и неопределенность в разграничении ответственности между заинтересованными сторонами создали значительные правовые «пробелы». Исходя из сложившейся ситуации, данная статья сосредоточена на анализе недостатков в сфере государственного управления и предлагает решения, направленные на совершенствование нормативно-правовой базы в области пожарной безопасности крышных СЭС во Вьетнаме на современном этапе.

1. Действующие нормативно-правовые положения по управлению пожарной безопасностью систем крышных СЭС

Закона о противопожарной безопасности и спасательных работах 2024 года, а выступает в качестве высшего юридического документа, определяющего общие обязательства субъектов по обеспечению пожарной безопасности. В этой структуре безопасность электросистем рассматривается как ключевой элемент. В частности, пункт 1 статьи 20 устанавливает обязательный характер проектирования безопасных электрических схем и использования стандартизированного оборудования в жилых домах с целью устранения факторов, вызывающих короткое замыкание или перегрузку сети в источнике. Статья 24 настоящего Закона выступает в качестве «технического регламента» для практического исполнения. Согласно этому, требования к электросистемам не ограничиваются простой установкой; необходимо обеспечить абсолютную совместимость между потребляемой мощностью и несущей способностью сети, а также обязательную интеграцию интеллектуальных защитных устройств для мгновенной изоляции при возникновении неисправностей.

Статья 24 настоящего Закона выступает в качестве «технического регламента» для практического исполнения. Согласно этому, требования к электросистемам не ограничиваются простой установкой; необходимо обеспечить абсолютную совместимость между потребляемой мощностью и несущей способностью сети, а также обязательную интеграцию интеллектуальных защитных устройств для мгновенной изоляции при возникновении неисправностей [3].

Для конкретизации вышеуказанных принципов Постановление № 105/2024/NĐ-CP (руководство по исполнению Закона о пожарной безопасности и спасательных работах) установило механизм управленческого фильтра через перечень объектов, подлежащих согласованию, согласно Приложению III. Данное положение создает необходимый технический барьер: для коммерческих, промышленных объектов или многоэтажных жилых домов интеграция крышных СЭС не рассматривается как простая установка дополнительного оборудования, а квалифицируется как акт реконструкции электросистемы объекта. Такое изменение характера и мощности источника

питания обязывает инвестора повторно пройти процедуру согласования проекта пожарной безопасности. Это является важной правовой основой для того, чтобы профильные органы могли контролировать риски уже на этапе чертежей, гарантируя, что установка крышных солнечных панелей не нарушит эффективность существующих систем пожаровзрывобезопасности объекта.

Хотя Закон об электроэнергетике 2024 года официально легализовал распределенные источники энергии для сокращения выбросов, положения о пожарной безопасности не успевают за темпами развития отрасли. Действующие нормы носят поверхностный характер и не охватывают специфические сценарии аварий, такие как неисправность инверторов, перегрузка линий постоянного тока (DC) или пожары в цехах с горючими материалами. В настоящее время обеспечение безопасности эксплуатации крышных солнечных электростанций (СЭС) основывается на применении по аналогии положений Постановления № 14/2014/NĐ-CP и Постановления № 51/2020/NĐ-CP по электробезопасности. Это устанавливает важный правовой принцип: владелец системы СЭС является основным субъектом, ответственным за эксплуатационную безопасность. Соблюдение технических стандартов не только защищает объект, но и является обязательным условием для обеспечения стабильности национальной энергосистемы, предотвращая цепные риски при подключении.

Правовой парадокс заключается в том, что в то время как крышные СЭС развиваются на основе современных технологий, база управления пожарной безопасностью по-прежнему опирается на принципы традиционных электросистем. Данная ситуация приводит к нехватке специализированных национальных технических регламентов для солнечной энергетики. Отсутствие конкретных требований к изоляционным материалам, устройствам экстренного отключения на уровне модулей или процедурам углубленного последующего контроля создает скрытые риски. Этот правовой «пробел» является барьером, препятствующим достижению оптимальной эффективности государственного управления пожарной безопасностью крышных СЭС, вызывая затруднения как у контролирующих органов, так и у исполнителей в процессе монтажа и эксплуатации.

2. Практика применения и «пробелы» в государственном управлении пожарной безопасностью крышных солнечных электростанций (СЭС)

Несмотря на наличие общей нормативно-правовой базы, рост числа возгораний в зонах установки солнечных панелей и систем передачи постоянного тока в последнее время выявил системные недостатки в управлении. Можно выделить четыре ключевых правовых «пробела»:

Отсутствие специализированных норм для специфических технологий: Действующая законодательная система по-прежнему применяет общие стандарты электробезопасности зданий к системам с принципиально иными техническими характеристиками. Отсутствие прямых положений относительно высокого напряжения постоянного тока, а также феномена возникновения

электрической дуги постоянного тока (которую гораздо сложнее потушить, чем дугу переменного тока — AC) при наличии света, создает значительные трудности при проведении экспертизы. Без специализированных норм данные технические риски остаются вне контроля стандартных процедур безопасности.

Неопределенность в разграничении юридической ответственности субъектов: Серьезным недостатком является отсутствие правил, четко определяющих ответственность проектных организаций, подрядчиков и эксплуатирующих служб с точки зрения пожарной безопасности. Из-за отсутствия строгого механизма последующего контроля (пост-аудита) многие неквалифицированные подрядчики устанавливают оборудование низкого качества. При возникновении инцидентов процедура привлечения к ответственности усложняется, что затрудняет проведение расследований и принятие мер по фактам нарушений.

«Слепые зоны» в проверке и надзоре после завершения монтажа: В настоящее время системы крышных СЭС в частных домохозяйствах или на малых предприятиях зачастую не подлежат обязательному согласованию с органами пожарного надзора, что создает огромный вакуум в государственном управлении. После подключения к сети такие системы практически остаются без внимания: отсутствует механизм регулярных проверок на предмет старения оборудования или воздействия факторов окружающей среды (температура, удары молнии). Отсутствие постоянного надзора со стороны профильных ведомств приводит к накоплению рисков, которые не выявляются на ранних стадиях.

Диссонанс между энергетическими стандартами и нормами пожарной безопасности: Существующая система технических стандартов демонстрирует перекос в сторону энергоэффективности при явном дефиците строгих требований к пожарной безопасности. Положения об использовании огнестойких материалов, безопасном размещении инверторов и установке устройств экстренного отключения до сих пор не в полной мере интегрированы в национальные стандарты по солнечной энергетике, что делает соблюдение мер безопасности скорее добровольным, чем обязательным.

3. Рекомендации по совершенствованию законодательства в области пожарной безопасности крышных солнечных электростанций (СЭС)

Для устранения вышеуказанных правовых «пробелов» в управлении пожарной безопасностью крышных СЭС необходимо направить усилия на следующие ключевые направления:

Во-первых, дополнение нормативно-правовых актов специализированными положениями по пожарной безопасности СЭС: В соответствующих законодательных документах необходимо четко закрепить статус солнечных электростанций, особенно крышных систем в жилых районах и на производственных объектах, как объектов, подлежащих обязательному государственному контролю в области пожарной безопасности.

Во-вторых, четкое разграничение ответственности субъектов в процессе проектирования, монтажа и эксплуатации: Законодательство должно устанавливать конкретные обязательства для проектных организаций, подрядчиков, эксплуатирующих служб и владельцев систем. Это обеспечит строгое соблюдение требований электробезопасности и противопожарных норм на каждом этапе жизненного цикла системы.

В-третьих, внедрение механизма регулярного контроля и надзора за действующими системами: Особое внимание следует уделить системам большой мощности или установленным на объектах с высокой категорией взрывопожарной опасности. Необходимо законодательно закрепить проведение периодических проверок силами подразделений пожарной охраны.

В-четвертых, активизация информационно-разъяснительной работы и обучение населения: Учитывая, что множество систем СЭС установлены в частном секторе, повышение осведомленности и навыков пожарной безопасности среди пользователей является критически важным фактором. Компетентным органам следует разработать программы обучения правилам безопасной эксплуатации, методикам самостоятельной проверки систем и алгоритмам действий при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Вывод

Развитие крышных СЭС является неизбежной тенденцией, требующей при этом неотложных мер по управлению пожарными рисками. Совершенствование нормативно-правовой базы и специализированных технических регламентов призвано не только устранить текущие «пробелы» в управлении, но и стать обязательным условием обеспечения общественной безопасности, закладывая фундамент для устойчивого развития возобновляемой энергетики во Вьетнаме в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фам Кует, Т. Путь к нулевым чистым выбросам: международный опыт и уроки для Вьетнама = Con đường hướng tới phát thải ròng bằng 0: Kinh nghiệm quốc tế và bài học cho Việt Nam / Т. Фам Кует, Х. Нгуен Тхи Тхань // Журнал экономики и развития. – 2024. – № 329 (2). – С. 131–140.

2. Более 100 000 крышных солнечных энергосистем установлено во Вьетнаме // VnEconomy : [сайт]. – 2020. – 25 дек. – URL: https://vneconomy.vn/hon-100-000-he-thong-dien-mat-troi-mai-nha-da-duoc-lap-dat-tai-viet-nam.htm (дата обращения: 22.04.2026).

3. Вьетнам. Законы. Закон о пожарной безопасности, спасательных и оперативных работах 2024: принят Национальным собранием СРВ 2024 г. – Ханой, 2024.

УДК 628.143

Ву Куанг Тханг
Университет пожарной профилактики и пожаротушения Министерства общественной безопасности Вьетнама

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САНКЦИЙ ЗА НАРУШЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ В СООТВЕТСТВИИ С ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВОМ О ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ПОЖАРОТУШЕНИИ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ ВО ВЬЕТНАМЕ

В статье рассматриваются административные санкции как ключевой инструмент государственного регулирования в области пожарной безопасности. Автор анализирует корреляцию между затратами на соблюдение технических стандартов и сдерживающим эффектом существующих штрафов, выявляя барьеры, препятствующие добровольному устранению нарушений. В исследовании предлагаются такие меры, как индивидуализация ответственности руководителей, внедрение прогрессивных экономических санкций и использование систем цифрового мониторинга. Результаты работы обосновывают необходимость перехода от формального контроля к проактивному управлению рисками для обеспечения полной пожаровзрывобезопасности объектов.

Ключевые слова: административные санкции; пожарная безопасность; меры ответственности; экономические санкции; цифровой мониторинг; Вьетнам

Vu Quang Thang

ENHANCING THE EFFECTIVENESS OF SANCTIONS FOR VIOLATIONS OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS AT FACILITIES IN ACCORDANCE WITH THE LEGISLATION ON FIRE SAFETY, FIRE SUPPRESSION, AND RESCUE AND SALVAGE IN VIETNAM

The article examines administrative sanctions as a key instrument of state regulation in the field of fire safety. The author analyzes the correlation between the costs of complying with technical standards and the deterrent effect of existing fines, identifying barriers that hinder the voluntary remediation of violations. The study proposes measures such as the individualization of leadership responsibility, the implementation of progressive economic sanctions, and the use of digital monitoring systems. The results of the work justify the need to transition from formal control to proactive risk management to ensure complete fire and explosion safety of facilities.

Keywords: administrative sanctions; fire safety; liability measures; economic sanctions; digital monitoring; Vietnam.

© Ву Куанг Тханг, 2026

Введение

В системе государственного управления общественной безопасностью применение административных санкций является не просто механизмом наложения денежных взысканий, но и важнейшим регуляторным инструментом обеспечения верховенства закона. В области пожарной безопасности и аварийно-спасательных работ эффективность правоприменения напрямую определяет уровень защиты жизни граждан и национального достояния.

В настоящее время Вьетнам сталкивается с темпами стремительной урбанизации, резким увеличением количества многофункциональных высотных комплексов, промышленных зон и видов коммерческих услуг с высоким риском возникновения пожаров и взрывов [1]. Практика показывает, что многие катастрофические пожары, повлекшие за собой особо тяжкие последствия за последнее время, были вызваны несоблюдением технических стандартов. Согласно результатам проверок высотных зданий, опубликованным в извещении № 09/TB-BCA-C07 от 15 марта 2021 года, по всей стране было проверено 5398 объектов, выявлено 5002 нарушения; оштрафовано 419 случаев на общую сумму 3,252 трлн донгов, временно приостановлена деятельность 55 объектов [2]. Примечательно наличие системного барьера, при котором сдерживающий эффект прежних санкций зачастую оказывался недостаточным по сравнению с экономической выгодой, получаемой предприятиями от задержки инвестиций в инфраструктуру безопасности.

Принятие Закона о противопожарной безопасности и спасательных работах 2024 года (вступающего в силу с 1 июля 2025 года) совместно с Постановлением № 106/2025/NĐ-CP об административных правонарушениях в данной сфере сформировало единую и современную правовую базу, ознаменовало собой поворотный момент в правовом мышлении. Новая законодательная база не просто увеличивает размеры денежных штрафов, но и смещает акцент с жесткого административного управления на проактивный контроль рисков и индивидуализацию ответственности за исполнение. Однако для того, чтобы эти прогрессивные нормы действительно вошли в жизнь и искоренили психологию «согласия на штраф ради выживания», крайне востребованным является исследование решений по повышению эффективности применения санкций.

В данной статье рассматривается корреляция между новыми санкциями и их реальным сдерживающим эффектом, на основе чего предлагаются группы комплексных решений по оптимизации государственного управления и обеспечению устойчивости сети пожарной безопасности на современных объектах»

1. Анализ новой правовой основы применения санкций

Смена парадигмы управления: от администрирования к контролю рисков.

Закона о противопожарной безопасности и спасательных работах 2024 года знаменует собой философский сдвиг в правовом регулировании.

Вместо модели «наказание по факту» (реактивная модель) новая база переходит к «наказанию ради предотвращения» (прогностическая модель). Индивидуализация ответственности руководителей объектов заставляет рассматривать пожарную безопасность как часть стратегии корпоративного риск-менеджмента, а не как внешнюю обязанность, возложенную на государственные органы [3].

Децентрализация полномочий и непрерывность надзора

Наделение полиции и народных комитетов общинного уровня полномочиями по наложению взысканий в соответствии с Постановлением № 106/2025 создает систему надзора «снизу вверх». Это решает проблему географической удаленности и задержек в правоприменении. Постоянное присутствие органов власти на местах позволяет пресекать ситуативные нарушения (например, блокировку путей эвакуации в часы пик), которые часто выпадали из поля зрения периодических межведомственных проверок.

Количественный анализ ужесточения экономических санкций

Ужесточение проявляется не только в росте штрафов, но и в установлении «специальных принципов отягощения». Наиболее значимым является механизм двойного штрафования в случаях, когда нарушение привело к пожару (без признаков уголовного преступления). Это важный правовой мостик между административной и уголовной ответственностью, создающий максимальное психологическое давление на нарушителей [4].

Для подтверждения сдерживающего эффекта новой правовой базы автором составлена сравнительная таблица ключевых санкций между старым постановлением и Постановлением № 106/2025/NĐ-CP (см. таблицу).

Таблица. **Сравнительная таблица основных изменений в размерах штрафов**

Вид нарушения	**Постановление № 144/2021**	**Постановление № 106/2025**	**Новое в законодательстве**
Макс. штраф для физлиц	40 млн донгов	50 млн донгов	Увеличение на 10 млн
Макс. штраф для юрлиц	80 млн донгов	100 млн донгов	Увеличение на 20 млн
Отсутствие мер для зон зарядки электромобилей	Не регламентировано	40 – 50 млн донгов	Новая норма
Отсутствие систем автоматического пожаротушения	15 – 25 млн донгов	30 – 50 млн донгов	Увеличение в 2 раза
Нарушение, приведшее к пожару (без уголовного преследования)	По базовому тарифу	В 2 раза выше базового тарифа	Отягчающее обстоятельство

Удвоение штрафов за поджоги, не требующие уголовного преследования, является прямым решением для искоренения менталитета, при котором уплата штрафов способствует поддержанию небезопасных условий.

2. Вызовы правоприменения: экономико-правовой аспект

Эффективность Постановления № 106/2025 зависит от способности трансформировать нормы в законопослушное поведение. На практике реализация санкций сталкивается с системными барьерами, вызванными экономическим расчетом и социальным давлением.

Асимметрия между затратами на соблюдение норм и порогом финансового сдерживания. Основным препятствием для эффективного правоприменения является экономический расчет владельцев объектов. Для старых зданий или крупных производственных мощностей стоимость модернизации систем пожарной безопасности (затраты на соблюдение норм) часто достигает колоссальных размеров. Несмотря на повышение штрафов в соответствии с Постановлением № 106, «цена нарушения» во многих случаях остается значительно ниже стоимости капитальных вложений. Когда стоимость нарушения меньше стоимости законопослушного поведения, субъекты склонны выбирать штраф как способ отсрочки инвестиций. Это не просто вопрос правосознания, а проблема оптимизации прибыли в рамках предпринимательской деятельности.

Социально-экономические барьеры при применении меры по приостановке деятельности. Хотя приостановка деятельности является самым мощным инструментом принуждения, её реализация сталкивается с комплексными социальными последствиями. В отношении таких объектов, как густонаселенные жилые комплексы, больницы или трудоемкие заводы, решение о закрытии может привести к массовой безработице или социальной нестабильности. Данное давление создает определенную «нерешительность» органов исполнительной власти, что косвенно позволяет владельцам использовать обещания об исправлении нарушений для бесконечного продления сроков эксплуатации небезопасных объектов.

Проблемы мониторинга устранения нарушений и разрыв в данных. Техническим барьером является отсутствие непрерывности между вынесением штрафа и контролем фактического исправления ситуации. В настоящее время надзор за тем, устранил ли объект нарушения после уплаты штрафа, по-прежнему в значительной степени зависит от физических проверок. Из-за огромного количества объектов периодический контроль не может обеспечить постоянство безопасности, что приводит к практике «формального исправления» — принятию временных мер только на период проверки и возврату к небезопасному состоянию сразу после её завершения.

3. Пути повышения эффективности применения административных санкций

Для того чтобы санкции стали реальным стимулом для добровольного соблюдения норм, система государственного управления нуждается в многоуровневом подходе, сочетающем экономическое давление, персональную ответственность и поддержку цифровых технологий.

Оптимизация мер косвенного административного принуждения. Данное решение фокусируется на создании реального давления через механизм межведомственного взаимодействия, юридически закрепляя связь между соблюдением норм безопасности и условиями ведения бизнеса. Вместо изолированных штрафов надзорные органы должны применять меры косвенного принуждения, такие как приостановка подачи коммунальных услуг (электроэнергии, воды) объектам, которые намеренно игнорируют предписания. Также необходимо наладить связь между данными о нарушениях и системой лицензирования бизнеса для отзыва лицензий у объектов с высоким уровнем риска. Публикация «черных списков» на цифровых картах не только обеспечивает прозрачность, но и создает репутационное давление, вынуждая бизнес исправлять нарушения во избежание бойкота со стороны потребителей.

Повышение ответственности руководителей объектов. В сфере риск-менеджмента применение исключительно финансовых санкций к юридическому лицу часто ведет к «деперсонализации» ответственности, когда нарушения рассматриваются как общий операционный риск организации. Для фактического повышения ответственности система санкций должна установить прямую связь между правонарушением и личными интересами руководителя через механизм индивидуализации правовых рисков. Внедрение дополнительных мер, таких как временный запрет на занятие руководящих должностей или аннулирование квалификационных сертификатов, создает прямое давление на карьеру и репутацию лидера. Когда ответственность перестает покрываться общим бюджетом предприятия, у руководителя появляется внутренняя мотивация к установлению строгих процедур контроля безопасности, что меняет его роль с пассивного наблюдателя на лицо, несущее персональную ответственность за результаты обеспечения безопасности на объекте.

Механизм прогрессивных экономических санкций. Механизм штрафов должен быть спроектирован на основе теории экономического поведения для искоренения идеи «откупа». Предлагается применение модели прогрессивных штрафов, при которой сумма за повторные нарушения увеличивается в геометрической прогрессии. Когда накопленные штрафы вместе с издержками от приостановки деятельности превышают бюджет на установку систем безопасности, инвестор автоматически меняет стратегию. В этот момент инвестиции в пожарную безопасность перестают рассматриваться как невозвратные затраты и становятся оптимальным решением для защиты прибыли, репутации и устойчивости бизнеса.

Вывод

Исследование показывает, что, несмотря на значительный прогресс в законодательстве, закрепленный в Законе 2024 года и Постановлении № 106/2025/NĐ-CP, эффективность правоприменения по-прежнему тесно связана с разрешением противоречий между экономическими интересами и обязательностью обеспечения безопасности. Повышение эффективности санкций не может основываться исключительно на увеличении размеров штрафов; оно требует внедрения комплексной системы решений. Переход от парадигмы «формального соблюдения» к «активному управлению рисками» не только минимизирует угрозы пожаров, но и обеспечивает устойчивое развитие объектов в условиях современной урбанизации. Ожидается, что данное исследование внесет практический вклад в теоретическую и прикладную базу, позволяя органам государственного надзора оптимизировать правоприменительную деятельность на новом этапе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тхи Бинь, Ф. Тенденции исследований проблем урбанизации во Вьетнаме / Ф. Тхи Бинь, Н. Тхи Нгок // Журнал общественных наук. – 2025. – Т. 70, № 1. – С. 128–138.

2. Министерство общественной безопасности. Уведомление № 09/TB-BCA-C07 от 15 марта 2021 г. О результатах проверки пожарной безопасности высотных зданий в Ханое. – Ханой : Министерство общественной безопасности, 2021, Ханой.

3. Хоанг Нгок Хай. Организация реализации Закона о пожарной безопасности и аварийно-спасательных работах в рамках двухуровневой модели местного самоуправления в новую эпоху развития / Хоанг Нгок Хай // Журнал «Пожарная безопасность и гражданская оборона». – 2025. – № 7. – С. 11–15.

4. Новые аспекты административных наказаний в сфере пожарной безопасности и аварийно-спасательных работ согласно Постановлению № 106/2025/NĐ-CP // Официальный сайт Университета народной полиции Вьетнама. – 2025. – URL: https://dhcsnd.edu.vn/nhung-diem-moi-can-luu-y-ve-xu-phat-vi-pham-hanh-chinh-trong-linh-vuc-phong-chay-chua-chay-va-cuu-nan-cuu-ho-theo-nghi-dinh-1062025nd-cp (дата обращения: 20.04.2026).

УДК 699.81 : 677

С. В. Гергишан, А. А. Овчинников
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ЖАРОСТОЙКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье рассматриваются промежуточные результаты исследований жаростойкого вяжущего, полученные результаты, а также постановка задач для дальнейших исследований и проведения многофакторного эксперимента.

Ключевые слова: пожарная безопасность, жаростойкий бетон, композиционное вяжущее, формование образцов, показатели прочности, реакции полимеризации, нефелиновый шлам, прочность при сжатии.

S. V. Gergishan, A. A. Ovchinnikov

DEVELOPMENT OF A HEAT-RESISTANT COMPOSITE BINDING AGENT FOR ENSURING FIRE SAFETY AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

The article examines the interim results of research into heat-resistant binding agents, the findings obtained, and the formulation of tasks for further research and conducting a multifactorial experiment.

Key words: fire safety, heat-resistant concrete, composite binder, sample molding, strength indicators, polymerization reactions, nepheline sludge, compressive strength.

Вопрос обеспечения пожарной безопасности промышленных предприятий остается актуальным. В случае возникновения пожара на производственном объекте, в первую очередь опасности подвергаются жизнь и здоровье работников и специалистов. Так же не менее важным фактором является частичная или полная утрата дорогостоящих материальных ценностей на объекте, в виде различного рода оборудования, что приносит прямой ущерб государству.

Актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки материалов, способных сохранять требуемые физико-механические характеристики при воздействии высоких температур и тем самым повышать защищенность строительных конструкций промышленных объектов. В качестве одного из перспективных направлений рассматриваются жаростойкие композиционные вяжущие вещества на основе высокоглиноземистого цемента, жидкого стекла и огнеупорных минеральных добавок. Российские исследования показывают, что технологические режимы изготовления и

© Гергишан С. В., Овчинников А. А., 2026

тепловой обработки силикат-натриевых композиций существенно влияют на свойства жаростойкого бетона [1]. Применение глиноземсодержащих промышленных отходов может быть использовано для синтеза жаростойких вяжущих и повышения эффективности ресурсного использования сырья [2, 3]. При этом свойства конкретных композиций зависят от природы и соотношения компонентов, поэтому необходим экспериментальный подбор состава и оценка прочности до и после высокотемпературной обработки.

Относительно общего количества пожаров, пожары на производственных объектах составляют всего 1,5 %, тем не менее в период с 2023 по 2025 годы количество погибших людей составляет 100 человек. Прямой материальный ущерб за аналогичный период составил 15 292 141 [4]. Обеспечение пожарной безопасности объектов защиты в широком понимании требует ответственного и комплексного подхода как со стороны собственников и руководителей объектов, так и со стороны сотрудников государственного пожарного надзора.

Использование композиционного вяжущего обусловлено неодинаковыми показателями физико-механических свойств его компонентов при различных температурах, что позволяет компенсировать изменения свойств одного компонента, за счет сохранения значений другого. Поэтому для разработки композиционного вяжущего были приняты следующие компоненты: высокоглиноземистый цемент ВГЦ-60 изготовленный в соответствии с ГОСТ 969-2019; молотый огнеупорный шамотный наполнитель; натриевое жидкое стекло; дистиллированная вода и проведены поисковые эксперименты.

Эксперименты проводились на образцах-кубах с ребром 20 мм. При проведении замесов состава подобралось соотношение жидкого стекла и воды для дальнейшего достижения оптимальной подвижности раствора, для формования образцов, а также для определения прочности образцов после окончания затвердевания согласно ГОСТ 10180-2012. Далее часть образцов была отобрана для огневых испытаний в муфельной печи ПМ-14М. Перед проведением испытания образцы были помещены в сушильный шкаф и просушены до постоянного веса в течении 8 часов в целях удаления остатков влаги и предотвращения растрескивания при обжиге.

Обжиг образцов в муфельной печи осуществлялся равномерно со скоростью 100 градусов в час до достижения 400 градусов Цельсия. Затем скорость нагрева была увеличена и составила 200 градусов Цельсия в час. Таким образом, по истечении 6 часов температура была достигнута 800 градусов Цельсия, а изотермическая выдержка составила 30 минут. Охлаждение образцов происходило вместе с печью в течение суток. Данный температурный режим подобран для исключения разрушения образцов при резком повышении температуры и удалении химически связанной воды влаги, которая сохраняется в кристаллогидратах и затвердевшем геле кремнекислоты после проведения сушки.

Следующим этапом было проведение испытаний образцов на прочность. Были испытаны образцы после обжига и те, которые обжигу не подвергались. Составы в частях по массе и прочность полученного вяжущего представлены в таблице, рисунок.

Таблица. **Состав и свойства композиционного вяжущего**

№	ВГЦ,	Шамот	ЖС	R 7 д., МПа	R 14 д., МПа	R 28 д., МПа	R обж., МПа
1	1	2	0	8,77193	11,53403	12,4	9,433333
2	1	2	0,3	1,339869	1,672434	2,1	5,166667
3	1	2	0,5	7,189542	11,188	17,4	19,16667

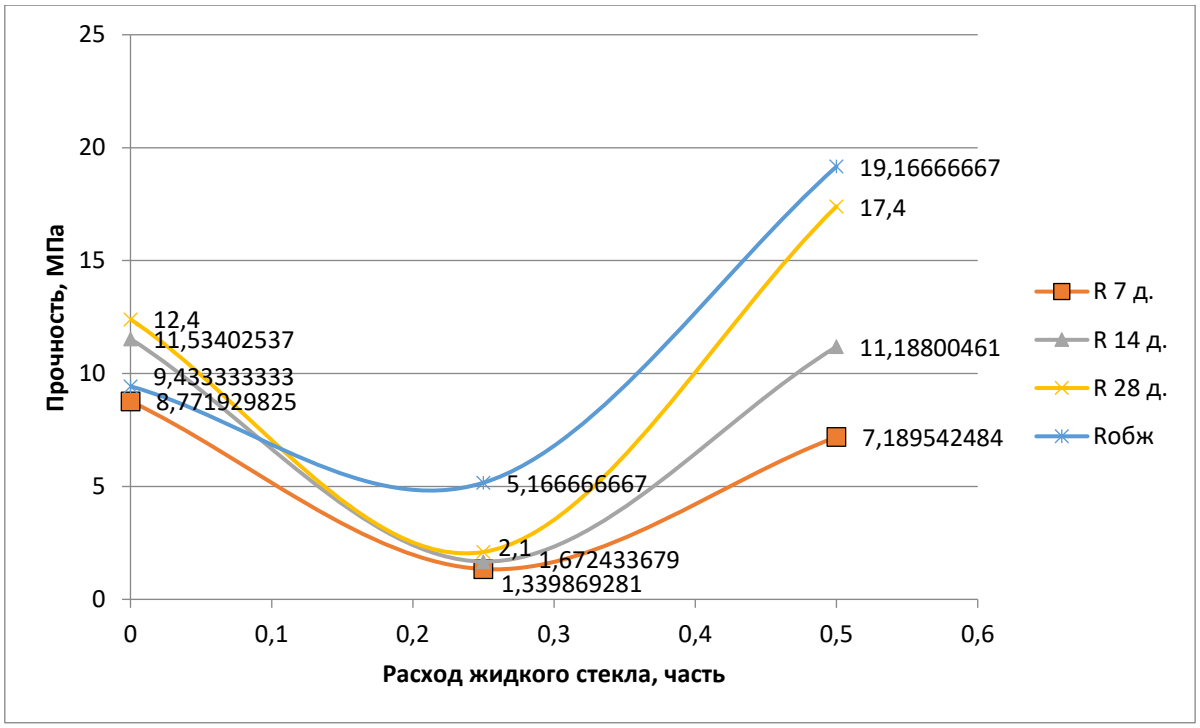


Рисунок. Изменение предела прочности при сжатии композиционного вяжущего от количества жидкого стекла

Полученные результаты указывают на высокую концентрацию ионов кальция при низких расходах жидкого стекла, что приводит к быстрому схватыванию и не позволяет протекать реакциям полимеризации гидросиликата натрия. При большем расходе жидкого стекла, баланс концентраций выравнивается и наблюдается рост прочности, как до, так и после обжига.

Однако потенциал вяжущего по прочности с таким составом не исчерпан. Чтобы обеспечить оптимальный баланс, было принято решение о применении дополнительного источника катионов кальция, но со значительно меньшей скоростью диссоциации в щелочной среде жидкого стекла. Таким источником

могут быть различные отходы и хвосты производства, содержащие в своем составе гамма-двухкальцевый силикат. Для дальнейших исследований был применен тонкомолотый нефелиновый шлам. В результате при введении нефелинового шлама в количестве равного по массе цемента, прочность при сжатии до и после обжига составили 60,5-62,5 МПа.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что для оптимизации состава жаростойкого вяжущего для огнестойкого покрытия необходимо провести активный многофакторный эксперимент с постановкой в качестве критериев показателей огнеупорности, термостойкости, адгезии, прочности и теплопроводности при различных температурно-временных параметрах протекания пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мантуров, З. А. Выбор рациональных технологических параметров жаростойкого бетона на основе силикат- натриевых композиционных вяжущих / З. А. Мантуров // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 3(29). – С. 63-68. – DOI 10.5862/MCE.29.8. – EDN PDZJUH.

2. Вторичное использование глиноземсодержащих отходов промышленности для синтеза жаростойких бетонов / С. В. Соколова, М. Н. Баранова, Д. И. Васильева, Ю. А. Холопов // Строительные материалы. – 2023. – № 4. – С. 20-23. – DOI 10.31659/0585-430X-2023-812-4-20-23. – EDN UHFMWF.

3. Хлыстов, А. И. Жаростойкие композиции на основе отходов предприятий керамической промышленности / А. И. Хлыстов, Д. И. Исаев, Д. А. Подгорная // Градостроительство и архитектура. – 2018. – Т. 8, № 4(33). – С. 56-60. – DOI 10.17673/Vestnik.2018.04.10. – EDN YXJKEH.

4. Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ П 46 ВНИИПО МЧС России, 2026. 113 с.

УДК 699.812.2

С. В. Глебова, А. С. Трунов
Дальневосточная пожарно-спасательная академия филиал
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России
им. генерала армии Е. Н. Зиничева

ОГНЕСТОЙКОСТЬ И ОГНЕЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены различия между огнестойкостью конструкций, пожарной опасностью материалов и эффективностью огнезащиты. Раскрыты механизмы нагрева стали, железобетона и обугливания древесины. Обоснована необходимость комплексной проверки всей конструкции в сборе с учетом качества выполнения работ и состояния покрытия при эксплуатации.

Ключевые слова: огнестойкость, предел огнестойкости, огнезащита, стальные конструкции, железобетон, древесина, вспучивающееся покрытие, антипирен, противопожарная преграда.

S. V. Glebova, A. S. Trunov

FIRE RESISTANCE AND FIRE PROTECTION OF BUILDING STRUCTURES AND MATERIALS

The differences between structural fire resistance, material fire hazard, and fire retardant efficiency are examined. The mechanisms of steel and reinforced concrete heating, as well as timber charring, are revealed. The necessity of a comprehensive verification of the entire assembled structure is substantiated, considering workmanship quality and coating condition during operation.

Keywords: fire resistance, fire resistance limit, fire protection, steel structures, reinforced concrete, wood, bulging coating, flame retardant, fire barrier.

При пожаре стальная балка способна потерять несущую способность без плавления металла. По мере нагрева снижаются предел текучести и жёсткость стали, поэтому действующая нагрузка становится критической для сечения, которое сохраняло устойчивость при обычной температуре. Время достижения предельного состояния зависит от нагрузки, размеров элемента и площади поверхности, воспринимающей тепло. В учебном пособии по проектированию огнезащиты расчёт критической температуры связан с маркой стали, параметрами нагружения и условиями работы элемента; для оценки прогрева учитывается приведённая толщина металла, определяемая отношением площади сечения к обогреваемому периметру [9, с. 78–79].

© Глебова С. В., Трунов А. С., 2026

Предел огнестойкости характеризует время, в течение которого конструкция сохраняет установленные для неё функции при испытательном тепловом воздействии. Для несущего элемента определяющим служит признак R, связанный с потерей несущей способности. Для ограждающей конструкции дополнительно учитываются целостность E и теплоизолирующая способность I. Поэтому обозначение REI 60 относится к поведению конструкции в течение 60 минут по трём предельным состояниям. Показатель отдельного материала сам по себе не устанавливает предел огнестойкости собранной стены, перекрытия или балки: результат зависит также от толщины, соединений, опирания и нагрузки [9, с. 9–11].

Требуемый предел выбирают для конкретного элемента с учётом характеристик здания и назначения конструкции. Изменение № 2 к СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» действует с 1 января 2026 г. Оно обновило положения свода правил и перечень ссылочных документов, включая стандарт испытания светопрозрачных ограждающих конструкций. Следовательно, при проверке проектного решения требуется пользоваться действующей редакцией свода правил и относящимися к выбранному виду конструкции методами подтверждения огнестойкости [7].

Стальные элементы защищают штукатурными составами, плитами, облицовками и покрытиями, вспучивающимися при нагреве. Последние образуют пористый теплоизолирующий слой и замедляют передачу тепла металлу. Толщина сухого покрытия назначается применительно к требуемому пределу огнестойкости, приведённой толщине стали и подтверждённой области применения состава. Если верхняя полка балки закрыта перекрытием, её условия обогрева отличаются от условий открытой балки. Одинаковая толщина защитного слоя для этих элементов без проверки исходных данных расчёта может дать разные результаты [9, с. 17–18, 97–98].

Выбор покрытия зависит и от предполагаемого теплового воздействия. Калач, Головина и Крутолапов рассматривают для объектов нефтегазового комплекса подбор огнезащиты с учётом сценария пожара и условий эксплуатации. При быстром росте температуры устойчивость сформированного защитного слоя и его сцепление с основанием приобретают решающее значение. Свойства состава, установленные для одного режима испытания, требуют проверки применимости к другому сценарию воздействия [8, с. 120–130].

Срок службы покрытия связан с сохранением его огнезащитных свойств. Влага, колебания температуры и коррозия основания способны изменить сцепление слоёв и нарушить целостность системы. ГОСТ Р 71618-2024 устанавливает методы испытаний стальных строительных конструкций с огнезащитными покрытиями для оценки стойкости к климатическим факторам, а также сохранности огнезащитных и антикоррозионных свойств в эксплуатации [6]. Проектное решение поэтому должно учитывать условия

размещения конструкции и возможность осмотра покрытия после ввода здания в эксплуатацию.

Железобетон сопротивляется нагреву иначе. Защитный слой бетона задерживает прогрев арматуры, но температурные градиенты, изменение свойств бетона и его откалывание могут ускорить достижение предельного состояния. Антонов и соавторы исследовали железобетонные колонны и плиты под нагрузкой, сопоставив применение полипропиленовой микрофибры и конструктивной огнезащиты. Их результаты показывают, что оценка должна охватывать сохранность бетонного слоя, прогрев арматуры и поведение нагруженной конструкции в целом [1, с. 56–60].

Для древесины характерно образование обугленного слоя. Он замедляет прогрев внутренних участков элемента, одновременно уменьшая рабочее сечение по мере развития пожара. Пропиточные антипирены изменяют процессы термического разложения и способны снизить интенсивность горения. Испытания Федотова, Сивенкова и Нагановского выявили различия между составами по потере массы образцов и характеру обугливания. Авторы обосновывают необходимость учитывать механизм действия пропитки наряду с установленной группой её огнезащитной эффективности [10, с. 67–78]. Для несущей деревянной конструкции существенны глубина и равномерность обработки, геометрия элемента и расчётное уменьшение сечения при пожаре.

Огнестойкость противопожарной преграды зависит от её примыканий и заполнения проёмов. Через повреждённый деформационный шов нагретые газы могут проникнуть за пределы помещения раньше, чем основная часть стены достигнет собственного предельного состояния. ГОСТ Р 70446-2022 устанавливает метод испытания средств огнезащиты деформационных и иных швов в железобетонных, каменных и кирпичных конструкциях [5]. Для светопрозрачных перегородок и заполнений проёмов предусмотрен отдельный метод испытания по ГОСТ 30247.4-2022 [3]. Подтверждение характеристик стены поэтому требует проверки предусмотренных проектом узлов и изделий в пределах их области применения.

Свойства выбранного средства должны быть перенесены в рабочие чертежи без потери сведений о защищаемых элементах и способе выполнения работ. ГОСТ 21.513-2024 устанавливает правила оформления рабочей документации антикоррозионной защиты и огнезащиты конструкций зданий и сооружений [2]. На стадии нанесения недостаточная подготовка поверхности, пропуски в труднодоступных местах и отклонения толщины покрытия способны нарушить проектное решение. ГОСТ Р 59637-2021 охватывает методы контроля качества огнезащитных работ при нанесении, техническом обслуживании и ремонте для стальных, железобетонных и деревянных конструкций, а также других объектов огнезащиты [4].

Для первоначальной подготовки пожарного существенна связь между видимым повреждением защиты и возможным изменением поведения конструкции. Отслоение покрытия на колонне, оголение арматуры после откалывания бетона, глубокое обугливание деревянного элемента или

нарушение заделки шва указывают на участки, требующие оценки при разведке и организации работ. Внешний вид покрытия не позволяет установить оставшееся время до потери несущей способности. Оперативная оценка опирается на развитие пожара, положение очага, продолжительность воздействия, состояние конструкций и признаки деформации; проектные пределы огнестойкости служат исходной характеристикой элемента, испытанного и применённого в предусмотренных условиях.

Обеспечение огнестойкости продолжается после завершения строительства. Проект задаёт требуемое свойство конструкции и способ его достижения, исполнение работ формирует фактический защитный слой, а осмотры позволяют обнаружить повреждения в эксплуатации. Разрыв между этими этапами снижает достоверность первоначально подтверждённого результата. Наиболее уязвимыми остаются сопряжения элементов, труднодоступные поверхности и покрытия, работающие под воздействием влаги и перепадов температуры.

Предел огнестойкости выступает системной характеристикой строительной конструкции в сборе, работающей под нагрузкой, исключающее возможность оценки пожарной безопасности объекта только по свойствам отдельных материалов или составов. Эффективность огнезащиты определяется учетом механизмов термического воздействия на материал, протекание пожара, качеством заделки уязвимых узлов сопряжений и деформационных швов. Гарантия огнестойкости достигается при реализации неразрывного цикла контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21.513-2024. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации антикоррозионной защиты и огнезащиты конструкций зданий и сооружений.

2. ГОСТ 30247.4-2022. Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнения проёмов. Метод испытания на огнестойкость.

3. ГОСТ Р 59637-2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте.

ГОСТ Р 70446-2022. Конструкции строительные. Средства огнезащиты деформационных швов. Метод испытания на огнестойкость.

ГОСТ Р 71618-2024. Конструкции стальные строительные с огнезащитными покрытиями. Методы испытаний антикоррозионных свойств и стойкости к воздействию климатических факторов в процессе эксплуатации.

СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»: утверждено МЧС России 06.11.2025; введено в действие 01.01.2026.

Калач, А. В. Современные средства обеспечения огнезащиты стальных конструкций объектов нефтегазового комплекса / А. В. Калач, Е. В. Головина, А. С.

Крутолапов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 3. С. 120–130. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-120-130.

Проектирование огнезащиты стальных конструкций: учебное пособие / сост. Д. Г. Пронин, В. Н. Иванов, М. В. Гравит. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2024. 142 с.

Федотов, И. О. Эффективность огнезащитных пропиточных составов для деревянных конструкций / И. О. Федотов, А. Б. Сивенков, Ю. К. Нагановский // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 3. С. 67–78.

Антонов, С. П. Прогнозирование огнестойкости железобетонных конструкций с полипропиленовой микрофиброй или огнезащитой / С. П. Антонов, А. Н. Гаращенко, В. И. Голованов, Н. С. Новиков // Пожаровзрывобезопасность. 2023. Т. 32, № 6. С. 56–68.

УДК 614.84+628.336

А. А. Головко, Т. В. Ашихмина, Е. И. Головина, П. С. Куприенко
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛИГОНОВ ТКО И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ ЗАЩИТЕ

Десятилетиями привычным способом обращения с ТКО было их захоронение на отведенных территориях. Но исследования подтверждают экологическую опасность полигонов. При эксплуатации они отравляют среду выбросами загрязнителей, а при пожарах — залповыми потоками токсинов.

Ключевые слова: полигоны ТКО, пожарная опасность, биогаз, защита полигонов, мониторинг, профилактика пожаров, токсичные выбросы, экологическая безопасность.

A. A. Golovko, T. V. Ashikhmina, E. I. Golovina, P. S. Kuprienko

ANALYSIS OF FIRE RISKS AT SOLID WASTE LANDFILLS AND DEVELOPMENT OF MEASURES FOR THEIR PROTECTION

For decades, the standard method of managing solid municipal waste has been to dispose of it in designated landfills. However, studies confirm the environmental hazards posed by landfills. During operation, they contaminate the environment with pollutant emissions, and during fires, they release massive bursts of toxins.

Key words: solid waste landfills, fire hazard, biogas, landfill protection, monitoring, fire prevention, toxic emissions, environmental safety.

Пожары на полигонах ТКО составляют 21–29 % от общего числа возгораний в стране, при этом растёт число жертв от отравления токсичными

© Головко А. А., Ашихмина Т. В., Головина Е. И., Куприенко П. С., 2026

продуктами горения. Полигоны выделяют загрязнители при эксплуатации и залповые токсичные выбросы при пожарах. Для Воронежской области эта проблема особенно актуальна: на её территории расположено 17 полигонов ТКО, которые принимают отходы от более чем 2 млн жителей, а морфологический состав отходов характеризуется высокой долей органической фракции, что создаёт повышенную биогазовую и пожарную опасность. Цель работы — анализ пожарной опасности полигонов ТКО Воронежской области и разработка мероприятий по их защите. [1, 2]

Возникновение и интенсивность горения отходов зависят от техногенных (морфологический состав, регламент эксплуатации, состояние инженерных сооружений) и геоэкологических (погодно-климатические условия, рельеф) факторов. Полигоны часто расположены вблизи жилых зон, поэтому важна оценка риска для здоровья населения от токсичных выбросов. [2, 4]

Пожарная опасность определяется морфологическим составом ТКО. Полимеры, резина и текстиль повышают теплотворность, скорость воспламенения и токсичность горения. Органика (пищевые отходы, бумага, растительные остатки) при разложении выделяет метан, создавая взрыво- и пожароопасную среду и способствуя самовозгоранию.

Морфологический состав ТКО в Воронежской области, %: бумага, картон — 36,5; полимерные материалы — 5,3; пищевые отходы — 30; стекло — 3,5; текстиль — 5,55; металл — 1,78; древесина — 3,25; прочее — 14,12. [2, 4, 5]

Схема расположения полигонов ТКО Воронежской области приведена на рис. 1, их перечень с объёмами отходов за 2025 год — в табл. 1. Перечень и данные по отходам соответствуют Территориальной схеме обращения с отходами, в том числе с ТКО, Воронежской области; объёмы выхода биогаза рассчитаны автором.

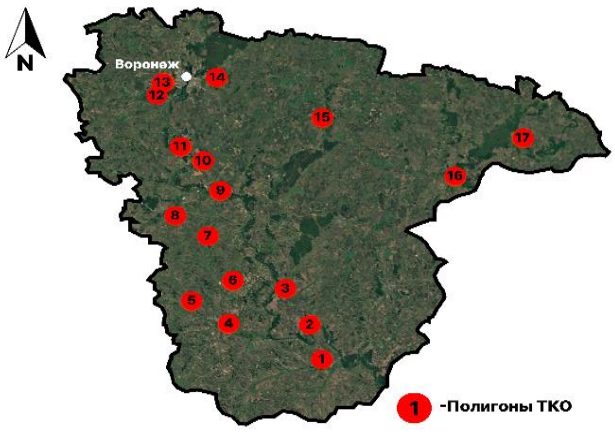


Рис. 1. Расположение полигонов ТКО Воронежской области

Таблица 1. **Перечень полигонов ТКО Воронежской области**

№	Полигон / объект	Биогаз за 2025 г., м³	Отходы за 2025 г., м³
1	Богучарский	526,789	726
2	Верхнемамонский	111,698	80
3	Павловский	7 207,44	8 729
4	Россошанский	562,707	920
5	Ольховатский	275,367	297
6	Подгоренский	251,422	220
7	Каменский	598,624	425
8	Острогожский	347,202	266
9	Лискинский	2 729,73	2 394
10	Лискинский (п. Давыдовка)	206,339	150
11	Полигон г.о. г. Нововоронеж	2 155,05	4 410
12	Закрытый Семилукский	10 257,9	40 375
13	Семилукский	45 394,6	33 000
14	Новоусманский	7 782,12	6 175
15	Аннинский	514,817	777
16	Новохоперский	933,854	663
17	Борисоглебский (г.о.)	5 986,24	7 500

Органическая фракция ТКО в Воронежской области в условиях полигона подвергается анаэробному разложению с образованием биогаза. Этот процесс протекает без доступа кислорода при участии метаногенных бактерий и усиливается при повышенной влажности и температуре отходов. Основной компонент биогаза — метан (50–60 %), второй по значимости — диоксид углерода; в следовых количествах присутствуют сероводород, аммиак и другие соединения. Метан образует взрывоопасную смесь при концентрации в воздухе 4,4–17 %. При нарушении целостности полигона, недостаточной дегазации или проведении земляных работ возможен залповый выход биогаза с последующим воспламенением или взрывом. Кроме того, окисление метана в верхних слоях отходов сопровождается повышением температуры, что создаёт предпосылки для глубинного самовозгорания массива. Анализ выполнен на основе расчетных данных, полученных по «Методике расчёта количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твёрдых бытовых и промышленных отходов» (М., 2004). Активность выхода биогаза с полигонов представлен на рис. 2. [3, 6, 8]

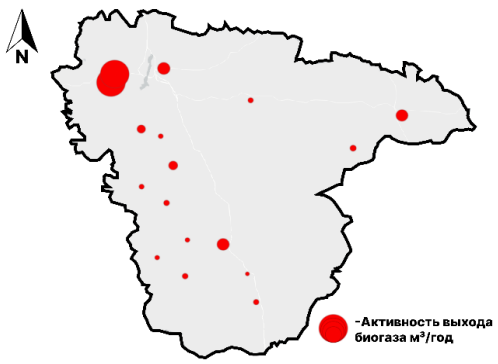


Рис. 2. Активность выхода биогаза с полигонов ТКО Воронежской области

На рис. 2, составленным автором, представлена активность выхода биогаза с полигонов ТКО Воронежской области за 2025 год. Наибольшая эмиссия получена на Семилукском полигоне, что связано с объёмом накопленных отходов и постоянным поступлением ТКО из Воронежа. Этот полигон следует считать наиболее пожароопасным.

При горении отходов выделяются токсичные соединения. Зона потенциального риска включает населённые пункты вблизи полигона и при неблагоприятных метеоусловиях — на значительном удалении. Оценка пожарной опасности должна учитывать состав и объём выбросов, условия рассеивания и риск для здоровья населения.

Основные документы, регламентирующие пожарную и промышленную безопасность полигонов ТКО:

- СП 320.1325800.2017 — раздел 8 «Требования пожарной безопасности», запрет сжигания ТКО, мониторинг окружающей среды (п. 7.22), дегазация для пожаро-взрывобезопасности; [7]
- ГОСТ Р 59417–2021 — оценка биогазового потенциала для проектирования систем дегазации;
- Федеральный закон № 89-ФЗ — обязанность эксплуатирующих организаций соблюдать требования по предупреждению аварий и ликвидации их последствий; (редакция от 23.03.2026)
- Постановление Правительства РФ № 1479 — требования к содержанию противопожарных минерализованных полос (п. 74); (действует до 31.12.2026)
- СанПиН 2.1.3684–21 — запрет сжигания ТБО и меры по недопустимости самовозгорания (п. 5.7).
- Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (редакция от 04.08.2026)

Система защитных мероприятий, которая способствует улучшению пожарной безопасности на полигонах ТКО приведена в табл. 2.

Таблица 2. **Система защитных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности полигонов ТКО**

Направление	Мероприятие	Что даёт
Профилактика возгораний	Дегазация	Снижает концентрацию метана, предотвращает образование взрывоопасных смесей и уменьшает риск самовозгорания
	Контроль влажности и температуры	Позволяет выявлять перегрев массива отходов на ранней стадии и предупреждать самовозгорание
	Минерализованные полосы	Ограничивают распространение огня по поверхности полигона, помогают локализовать очаг
	Соблюдение регламента эксплуатации	Снижает техногенные причины пожаров, упорядочивает размещение и уплотнение отходов, уменьшает вероятность аварий
Локализация и тушение пожаров	Применение средств пожаротушения	Обеспечивает быстрое подавление очагов, снижает площадь и продолжительность горения
	Создание	Препятствует переходу огня между участками,

Направление	Мероприятие	Что даёт
	противопожарных разрывов	ограничивает масштаб пожара
	Обучение персонала	Повышает скорость и правильность действий при возгорании, снижает риски для людей и объекта
Комплексный мониторинг	Автоматизированные системы на основе БПЛА и нейросетевых алгоритмов	Обеспечивают раннее обнаружение очагов разогрева и оперативное реагирование
	Прогнозирование зон задымления	Позволяет предупреждать население, планировать защитные меры и снижать медико-экологические риски
	Экологический мониторинг	Контролирует выбросы, оценивает воздействие на окружающую среду и обосновывает управленческие решения

Анализ показал, что пожарная опасность полигонов ТКО Воронежской области определяется техногенными и геоэкологическими факторами, прежде всего морфологическим составом отходов. Около 70 % органики и высокая биогазовая активность создают риск самовозгорания и залповых выбросов метана. Наиболее опасен Семилукский полигон — из-за объёма накопленных ТКО и постоянного поступления отходов из Воронежа. При горении выделяются токсичные соединения; зона риска охватывает населённые пункты вблизи полигонов, а при неблагоприятной погоде — и отдалённые территории, что требует учёта медико-экологических рисков.

На основе нормативной базы предложена комплексная система мер: профилактика возгораний, локализация и тушение пожаров, а также мониторинг. Это снизит вероятность самовозгорания, ограничит масштабы пожаров и позволит прогнозировать последствия, повышая безопасность полигонов и снижая риски для населения.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые для Воронежской области получены количественные оценки выхода биогаза по 17 полигонам ТКО за 2025 г. и на их основе выполнено ранжирование полигонов по биогазовой активности и пожарной опасности. Установлено, что наибольшей биогазовой эмиссией и, соответственно, наибольшей пожарной опасностью характеризуется Семилукский полигон, что обусловлено объёмом накопленных отходов и постоянным поступлением ТКО из Воронежа. Полученные результаты позволяют обосновать приоритетность мероприятий по дегазации, мониторингу и противопожарной защите полигонов ТКО. [3, 8]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашихмина, Т. В. Геоэкологический мониторинг в управлении экологической безопасностью объектов размещения твердых коммунальных отходов (ТКО) / Т. В. Ашихмина // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 11. – С. 28–34. – DOI 10.17513/use.37924.

2. Ашихмина, Т. В. Прогнозирование геоэкологического воздействия пожаров на полигонах ТКО Воронежской области / Т. В. Ашихмина, А. А. Головко, А. М.

Ткаченко [и др.] // Астраханский вестник экологического образования. – 2025. – № 3(87). – С. 4–15.

3. Вайсман, Я. И. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов /Я. И. Вайсман, О. Я. Вайсман, С. В. Максимова.– Пермь: Кн. мир,2003. – 231 с.

4. Головко, А. А. Анализ пожарной опасности полигонов ТКО и разработка мероприятий по их защите / А. А. Головко, Е. И. Головина, Т. В. Ашихмина // Техносферная безопасность: современные научные тенденции, технические и организационные средства и методы обеспечения, специальное образование – 2026 : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 18–20 мая 2026 г. – Воронеж : ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2026. – С. 215–222.

5. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды» по субъектам Центрально-Черноземного района (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская области) за 2019–2024 гг. – Воронеж: ЦЧРЭЦ, 2025.

6. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов – URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4293852/4293852448.pdf (дата обращения: 03.10.2026)

7. СП 320.1325800.2017. Полигоны для твердых коммунальных отходов. Эксплуатация и рекультивация. – URL: https://docs.cntd.ru/document/556610331 (дата обращения: 03.10.2026)

8. Технологический регламент получения биогаза с полигонов твердых бытовых отходов. – URL: https://meganorm.ru/Index2/1/4294815/4294815102.htm (дата обращения: 03.10.2026).

УДК 614.841.1

В. Е. Горский, А. М. Баусов, Д. В. Сорокин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ НА ВНУТРЕННЕЕ КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Внутреннее короткое замыкание (ВКЗ) в литий-ионных аккумуляторах (ЛИА) является одной из основных скрытых причин развития теплового разгона, приводящего к возгораниям и взрывам систем накопления энергии. В отличие от внешних воздействий, локальное внутреннее повреждение сложно прогнозировать методами коммерческих систем управления батареями (BMS).

В работе представлен систематический анализ существующих лабораторных и нормативных методов инициации ВКЗ. Рассмотрены как классические разрушающие методы (прокол гвоздем, краш-тесты), так и современные прецизионные методы локальной инициации (внедрение материалов с памятью формы, легкоплавких парафинов и лазерное воздействие). Оценены их воспроизводимость, адекватность

© Горский В. Е., Баусов А. М., Сорокин Д. В., 2026

реальным сценариям деградации сепаратора и применимость для валидации математических моделей безопасности.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, пожарная безопасность, тепловой разгон.

V. E. Gorsky, A. M. Basov, D. V. Sorokin

METHODS OF TESTING LITHIUM-ION BATTERIES FOR INTERNAL SHORT CIRCUIT: AN ANALYTICAL REVIEW

Internal short circuit (ISC) in lithium-ion batteries (LIBs) is one of the main hidden causes of thermal runaway, which leads to fires and explosions in energy storage systems. Unlike external influences, local internal damage is difficult to predict using commercial battery management systems (BMS).

The paper presents a systematic analysis of existing laboratory and regulatory methods for initiating ISC. Both classical destructive methods (puncture with a nail, crash tests) and modern precision methods of local initiation (introduction of shape-memory materials, low-melting paraffins, and laser exposure) are considered. Their reproducibility, adequacy to real-world scenarios of separator degradation, and applicability for validating safety mathematical models are assessed.

Keywords: lithium-ion battery, fire safety, thermal runaway.

Литий-ионные аккумуляторы стали доминирующей технологией хранения энергии в электротранспорте и стационарных энергоустановках благодаря высокой удельной емкости и длительному ресурсу [1]. Однако интенсификация характеристик неизбежно сопровождается снижением толщины полимерных сепараторов (вплоть до 10-12 мкм), что повышает риск возникновения внутреннего короткого замыкания (ВКЗ).

ВКЗ возникает при нарушении изолирующих свойств сепаратора и может быть вызвано четырьмя основными триггерами:

- механическое повреждение: деформация ячейки при аварии;
- электрический фактор: локальное осаждение дендритов лития при быстрой зарядке или эксплуатации при низких температурах [2];
- производственный дефект: попадание микроскопических металлических частиц (например, медной или алюминиевой стружки) на этапе сборки [3];
- термический износ: локальный перегрев, приводящий к усадке сепаратора.

Опасность ВКЗ заключается в его скрытом характере развития. На начальном этапе (микро-короткое замыкание) падение напряжения может быть незначительным, однако выделяющееся джоулево тепло инициирует цепную реакцию экзотермических процессов разрушения твердоэлектролитной интерфазы (SEI), анода и катода, перерастающую в неуправляемый тепловой разгон (Thermal Runaway) [4].

Разработка адекватных методов испытаний на ВКЗ критически важна для создания систем ранней диагностики и безопасных конструкционных материалов.

Для точного моделирования и проведения испытаний важно понимать физическую природу контакта. В зависимости от того, какие конструктивные элементы замкнуты, выделяют четыре типа контакта (таблица):

Таблица. **Типы внутренних коротких замыканий в ЛИА и их последствия [3, 5]**

Тип контакта	Схема взаимодействия	Плотность тока и тепловыделение	Риск мгновенного теплового разгона
Катод - анод	Прямой контакт активных материалов	Относительно низкая из-за высокого сопротивления материалов	Средний (медленный разогрев)
Алюминий - анод	Токоотвод катода касается активного материала анода	Высокая плотность тока, быстрое локальное выделение тепла	Высокий
Катод - медь	Активный материал катода касается токоотвода анода	Умеренное выделение тепла, постепенная деградация	Средний
Алюминий - медь	Прямой контакт металлических фольг	Экстремально высокая, минимальное сопротивление	Критический (мгновенный)

Существующие методы делятся на механические (стандартные) и инновационные (локальные/In-situ) (рисунок). Главный критерий оценки метода – способность воссоздать точечный контакт без повреждения внешнего корпуса всей ячейки, что максимально близко к реальному сценарию производственного брака.



Рисунок. Классификация методов испытаний на ВКЗ

Наиболее распространенным методом испытаний является метод прокола гвоздем (Nail Penetration), закрепленный во многих стандартах (например, GB/T 31485). Стальной или вольфрамовый гвоздь протыкает ячейку на заданной скорости, замыкая слои [1].

Основным преимуществом данного метода является простота реализации, гарантированная инициация теплового разгона.

К недостаткам данного метода можно отнести низкую воспроизводимость. Металлический гвоздь действует как радиатор, отводя часть тепла из зоны реакции, а геометрия контакта сильно зависит от скорости внедрения. Кроме того, метод повреждает корпус, нарушая герметичность, что не соответствует реальному внутреннему замыканию [6]. Современные модификации используют сверхмедленный прокол (метод 3S – Small, Slow, In-situ Sensing) для разделения стадий ВКЗ и теплового разгона [5].

Метод локального сжатия (Crush / Blunt indentation) ячейка подвергается деформации сферическим или сфероцилиндрическим индентором до момента фиксации резкого падения напряжения. Данный метод позволяет с имитировать аварию (механическое повреждение), а также оценить стойкость сепаратора к сдвиговым нагрузкам, но приводит к макроразрушению конструкции.

Для исключения недостатков механических тестов ведущие лаборатории мира разработали методы контролируемого локального разрушения сепаратора внутри герметичной ячейки.

Один из таких методов является внедрение легкоплавких материалов (Парафин/Воск). Данный метод был популяризирован Национальной лабораторией возобновляемой энергетики США (National Renewable Energy Laboratory, NREL). Между слоями помещается микроскопический металлический диск, покрытый тонким слоем изоляционного парафина. После герметизации ячейка нагревается до температуры плавления воска (~50-60 °C). Воск плавится, обнажая металлическую частицу, которая замыкает соседние слои. Это наиболее точная физическая имитация производственного дефекта [6].

К инновационным методам можно отнести лазерное инициирование, фокусированное лазерное излучение направляется на определенную точку корпуса ячейки (или через специальное сапфировое окно). Локальный термический импульс вызывает мгновенное плавление сепаратора в заданной области без разрушения остального массива полимера.

В процессе проведения испытания на ВКЗ ключевыми параметрами мониторинга являются:

1. Напряжение на клеммах (U): Падение напряжения служит главным маркером начала ВКЗ. При микро-замыканиях наблюдаются флуктуации в пределах единиц милливольт; при жестком ВКЗ (Al-Cu) напряжение падает до нуля за доли секунды.

2. Температура поверхности и внутренней зоны (T): Скорость нарастания температуры ($\frac{dT}{dt}$) определяет риск перехода в тепловой разгон. Если значение превышает критический порог (для большинства NCM систем это 15-20 °C/сек), реакцию остановить невозможно [1, 4].

3. Ток короткого замыкания (I_{sc}): Напрямую измерить внутренний ток невозможно, однако его оценивают математически на основе падения емкости и тепловыделения. В современных исследованиях доказано существование эффекта «конкуренции ионов лития» при ВКЗ на работающем (разряжающемся) аккумуляторе, что несколько снижает пиковые значения тока короткого замыкания по сравнению со статическим состоянием [1].

Проведение испытаний ЛИА на безопасность в Российской Федерации строго регламентировано комплексом национальных стандартов (ГОСТ Р), гармонизированных с международными требованиями Международной электротехнической комиссии (МЭК/IEC).

Основным нормативным документом, определяющим требования безопасности и методы контроля ЛИА для экологически чистого транспорта, является ГОСТ Р МЭК 62660-3-2024 («Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 3. Требования безопасности»). Согласно разделу 6.4.4 данного стандарта, целью испытания на внутреннее короткое замыкание является контролируемая имитация локального разрушения структуры ячейки, вызванного потенциальным загрязнением объема электролита или сепаратора сторонними проводящими частицами на этапе производства [8].

В рамках отечественной нормативной практики долгое время доминировали подходы деструктивного механического сжатия (раздавливания) сферическим или цилиндрическим индентором (п. 6.2.2), а также радиальный прокол корпуса специализированной стальной иглой заданного диаметра (обычно около 3 мм). Критерием успешного прохождения теста отечественный ГОСТ называет полное отсутствие признаков течи электролита, взрывного разрушения корпуса, стравливания критических объемов газов или воспламенения.

Осознавая технологические недостатки грубых механических разрушений корпуса (такие как разгерметизация ячейки и искажение теплового профиля из-за отвода тепла металлическим телом гвоздя), в российскую инженерную практику был внедрен специализированный стандарт ГОСТ Р 58366-2019 / IEC TR 62660-4:2017. Данный документ полностью посвящен альтернативным методам испытаний на внутреннее короткое замыкание.

ГОСТ Р 58366-2019 формализует возможность применения инновационных лабораторных методологий ex-situ и in-situ. Стандарт предлагает исследовательским институтам и производителям легитимные рамки для проведения испытаний без нарушения целостности внешней оболочки ячейки, допуская использование прецизионных тепловых и механических триггеров внутри герметичного корпуса. Это позволяет

верифицировать математические модели безопасности и калибровать отечественные системы управления батареями (BMS) в соответствии с реальными физико-химическими сценариями скрытой деградации полимерных сепараторов.

Заключение

Испытание литий-ионных аккумуляторов на внутреннее короткое замыкание эволюционировало от грубых механических тестов (прокол гвоздем) к высокопрецизионным методам локального воздействия (методы NREL с использованием воска, SMA-элементы). Стандартизация инновационных In-situ методов позволит производителям более точно настраивать алгоритмы BMS для детектирования микро-КЗ на ранних стадиях, радикально повышая общую безопасность систем накопления энергии.

Классические деструктивные подходы, несмотря на их повсеместное закрепление в нормативной базе (включая стандарты серий GB/T и ГОСТ Р МЭК), обладают фундаментальными ограничениями: они нарушают герметичность ячейки, искажают динамику кинетики экзотермических реакций и демонстрируют крайне низкую воспроизводимость результатов из- за эффекта «радиатора», создаваемого внедряемым металлическим телом.

Рассмотренные инновационные методы – внедрение легкоплавких парафиновых включений по методике NREL, использование элементов из сплавов с памятью формы (SMA) и локальное лазерное плавление сепаратора – позволяют с беспрецедентной точностью воссоздать физику процесса зарождения микро-КЗ. Главное преимущество этих методов заключается в возможности инициации точечного контакта проводящих фаз (будь то контакт «алюминий-медь» с критическим риском мгновенного теплового разгона или «катод-анод» с медленным разогревом) внутри полностью герметичного корпуса, что идентично реальным условиям производственного брака или дендритообразования.

Экспериментальный мониторинг электротермических характеристик (в частности, падения напряжения на клеммах U и скорости нарастания температуры dT/dt) в процессе прецизионных in-situ испытаний предоставляет фундаментальные данные для валидации многофизичных математических моделей теплового разгона. Своевременное определение критических порогов (таких как скорость нагрева 15–20 °C/сек для систем NCM) позволяет глубже понять механизм цепных экзотермических реакций разрушения твердоэлектролитной интерфазы (SEI) и электродов.

Для успешного развития индустрии систем накопления энергии и электротранспорта критически важен переход от сугубо лабораторного применения in-situ методов к их масштабной международной и национальной стандартизации, опирающейся на требования ГОСТ Р 58366-2019. Легитимизация точечных методов инициации ВКЗ позволит производителям перейти от констатации факта разрушения аккумулятора к превентивной безопасности. На основе детализированных профилей падения напряжения при

микро-замыканиях (в пределах единиц милливольт) инженеры смогут создавать чувствительные, интеллектуальные алгоритмы BMS нового поколения. Это обеспечит надежное детектирование скрытых дефектов на самых ранних стадиях, предотвратит катастрофический тепловой разгон батарейных блоков и радикально повысит общую безопасность и коммерческую привлекательность литий-ионных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ding Y. Research on the Characteristics of Internal Short Circuits in Lithium-Ion Batteries Under Complex Condition: Nail Penetration Coupled with Charge/Discharge // MDPI Batteries. — 2026. — Vol. 12, No. 5. — P. 166.

2. Kim S., Song J., Lee H. et al. Simulation Study on Internal Short Circuits in a Li-Ion Battery Depending on the Sizes, Quantities, and Locations of Li Dendrites // Frontiers in Materials. — 2022. — Vol. 9. — Art. 850610. doi:10.3389/fmats.2022.850610.

3. Zhang G., Wei X., Tang X., Zhu J., Chen S., Dai H. Internal short circuit mechanisms, experimental approaches and detection methods of lithium-ion batteries for electric vehicles: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2021. — Vol. 141. — P. 110790.

4. Zhang M., Guo Q., Fu K. et al. Early Internal Short Circuit Diagnosis for Lithium-Ion Battery Packs Based on Dynamic Time Warping of Incremental Capacity // MDPI Batteries. — 2024. — Vol. 10, No. 11. — P. 378.

5. Huang S., Du X., Richter M., Ford J., Zhang G. et al. Understanding Li-Ion Cell Internal Short Circuit and Thermal Runaway through Small, Slow and In Situ Sensing Nail Penetration // Journal of The Electrochemical Society. — 2020. — Vol. 167, No. 9. — P. 090526. doi:10.1149/1945-7111/ab8878.

6. Xiong R., Ma S., Li H., Sun F., Li J. Toward a Safer Battery Management System: A Critical Review on Diagnosis and Prognosis of Battery Short Circuit // iScience. — 2020. — Vol. 23, No. 4. — P. 101010.

7. M., Du J., Liu L. Internal Short Circuit Trigger Method for Lithium-Ion Battery Based on Shape Memory Alloy // Journal of The Electrochemical Society. — 2017. — Vol. 164, No. 13. — P. A3117-A3122.

8. ГОСТ Р МЭК 62660-3-2024. Аккумуляторы литий-ионные для электрических дорожных транспортных средств. Часть 3. Требования безопасности и методы испытаний = Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles. Part 3. Safety requirements and test methods. — Москва : ФГБУ «Институт стандартизации», 2024. — 24 с.

УДК 614.846.63:621.643:621.654

А. П. Губанов, А. Г. Бубнов, А. Д. Семенов
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЗАПРАВКЕ СИСТЕМ С ЁМКОСТЯМИ ДЛЯ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ

В статье рассматривается роль пенообразователей как средства тушения пожаров класса В, а также анализируется проблема их заправки в емкости пожарных автомобилей. Показано, что физико-химические свойства пенообразователей (способность к интенсивному пенообразованию при контакте с поверхностью) создают проблему, связанную с нежелательным пенообразованием раствора, снижающим скорость заполнения им ёмкостей. Проведён анализ решений, заимствованных из отраслей промышленности (производство пенобетона и химическая промышленность), где проблема вспенивания при заполнении ёмкостей решается с помощью различных способов. Проводится рассмотрение возможности реализации данных способов в пожарной охране.

Ключевые слова: пенообразователь, тушение пожаров, заправка пенобака, вспенивание, пеногашение.

A. P. Gubanov, A. G. Bubnov, A. D. Semenov

MODERN TECHNOLOGICAL APPROACHES TO REFILLING SYSTEMS WITH FOAM CONCENTRATE TANKS

The article examines the role of foam concentrates as a means of extinguishing class B fires, and also analyzes the problem of refilling them into the tanks of fire trucks. It has been shown that the physicochemical properties of foaming agents (the ability to produce intense foam formation upon contact with a surface) create a problem related to undesirable foam formation in the solution, which reduces the rate at which containers are filled with it. An analysis has been carried out of solutions borrowed from industrial sectors (the production of foam concrete and the chemical industry), where the problem of foaming during container filling is solved using various methods. The possibility of implementing these methods in fire protection is being considered.

Keywords: foaming agent, fire extinguishing, filling the foam cannon, foaming, defoaming.

Число возгораний горючих жидкостей и нефтепродуктов кратно увеличилось по сравнению с десятилетием до 2022 года [1], что показывает и актуальность, и острую необходимость применения пенообразователей для эффективного тушения пожаров с помощью воздушно-механической пены (ВМП). Используемые пенообразователи, представляют собой концентрированные водные растворы поверхностно-активных веществ,

© Губанов А. П., Бубнов А. Г., Семенов А. Д., 2026

которые при смешивании с водой и воздухом образуют устойчивую пену, изолирующую очаг горения от кислорода и охлаждающую зону горения [2]. Однако за простотой применения пенообразователей скрывается существенная проблема, заключающаяся в отсутствии в настоящее время эффективного способа заполнения пенобака пожарных автомобилей (ПА) [3].

Огнетушащая эффективность ВМП определяется комплексом взаимосвязанных факторов таких как, кратность, стойкость, дисперсность и «растекаемость» по поверхности горючей жидкости [4]. Механизм огнетушащего действия ВМП состоит из нескольких параллельных процессов: изолирование горючей жидкости от кислорода воздуха, прекращая цепную реакцию горения и охлаждение зоны горения. В настоящее время, разнообразие пенообразователя позволяет подбирать огнетушащее вещество под конкретную задачу. Пенообразователи находят применение практически во всех отраслях, где существует риск возгорания горючих жидкостей [2]. В нефтегазовой отрасли они используются для тушения пожаров в резервуарных парках, на нефтеперерабатывающих заводах и морских платформах. В авиации – для защиты ангаров и заправочных комплексов. В химической промышленности – для ликвидации возгораний полярных растворителей. В машиностроении – для защиты окрасочных камер и складов горюче-смазочных материалов.

Широкое распространение пенообразователей обусловлено их универсальностью - современные составы способны тушить пожары практически всех классов. Это делает их незаменимым компонентом систем пожарной безопасности на критически важных объектах. Так, например, для тушения пожара в подразделениях используют пенообразователь целевого назначения типа S [5]. По мимо использования в пожарной охране, пенообразователи применяются в различных отраслях промышленности.

Но существует проблема с которой сталкиваются при эксплуатации систем с пенообразователями, заключающаяся в интенсивном вспенивании жидкости при её контакте с поверхностью ёмкости, в которую он помещается и/или заполняет [6-10]. Пенообразователи по своей природе являются поверхностно-активными веществами, что означает их способность снижать поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость-воздух» и «жидкость-твёрдое тело». При переливании из одного резервуара в другой, при контакте со стенками резервуара и при падении струи жидкости на поверхность уже накопленного пенообразователя происходит интенсивное диспергирование воздуха в объёме жидкости с образованием устойчивых пузырьков.

Экспериментальные исследования, проведенные в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России [7, 10], показали, что при заправке пенобака самотёком через его горловину образующаяся пена заполняет 15-20 % объёма резервуара и препятствует дальнейшему заполнению (до оседания). При этом время заправки через горловину самотёком превышает 30 мин, что является недопустимо большим показателем для восстановления боевой готовности пожарной техники и напрямую влияет на восстановление оперативной готовности подразделения.

Отметим, что с аналогичной проблемой сталкиваются на производстве пенобетона и гипсокартонных изделий (пенообразователи нашли широкое применение в этих отраслях благодаря способности создавать устойчивую пористую структуру материала [11]). Однако при заливке пенообразующих составов в формы и ёмкости производители сталкиваются с той же проблемой избыточного пенообразования, что и пожарные при заправке пенобаков.

В химической промышленности проблема пеногашения при заполнении емкостей стоит особенно остро. Например, в производстве аммиака из природного газа на стадии этаноламиновой очистки конвертированного газа от диоксида углерода образуются устойчивые пены, препятствующие нормальному протеканию технологического процесса. Для решения этой проблемы применяются специальные пеногасители — поверхностно-активные вещества, способные разрушать пенные структуры [12, 13].

Проведённый нами анализ решения проблемы в рассмотренных отраслях промышленности показал, что в производстве для разлива пенящихся составов используется специальная насадка, способствующая снижению пенообразования при контакте жидкости с поверхностью ёмкости. Принцип действия такой насадки основан на безударном и равномерном распределении жидкости по дну ёмкости, что минимизирует турбулентность потока и, соответственно, количество захватываемого воздуха [9].

Известны готовые решения по заправке пенообразователем для автоматических установок пенного пожаротушения (АУПП, причём процедура их заправки регламентируется нормативными документами и имеет ряд специфических особенностей [14]). Согласно [14] перед заполнением баков для хранения раствора пенообразователя в АУПП необходимо произвести их внутренний осмотр и очистку. После этого насосами заполнить ёмкость водой и концентрированным пенообразователем в пропорциях для получения необходимого состава раствора. Ключевая технологическая рекомендация, направленная на минимизацию вспенивания, содержится в отраслевых нормативных документах, распространяющихся на АУПП: «Чтобы в процессе заливки раствор не пенился, следует заливать сначала воду, а затем пенообразователь». Это принципиальное отличие от заправки пенобаков пожарных

Осуществлённые нами модельные эксперименты с пластиковой канистрой объёмом 10 л, наиболее близкой по конструкции к баку для хранения пенообразователя на пожарном автомобиле, подтвердили существенные различия во времени заполнения в зависимости от способа заправки [6, 7]. Перелив из ёмкости в ёмкость, самотёк с применением самодельных технических приспособлений и использование промежуточного насоса демонстрируют различные показатели продолжительности процесса. Технические параметры пенобаков, установленных на пожарных автоцистернах, не позволяют реализовать возможность заполнения с применением вакуумного насоса вследствие невозможности обеспечения конструкцией требуемой прочности при создании разряжения в 1 кгс/см^2.

Усиление конструкции ёмкостей под пенообразователь вертикальными укрепляющими стойками из стали марки Ст3 и легированной стали, а также ребрами жёсткости из полиэтилена позволит сохранить геометрические параметры толщины стенки пенобака при производстве, однако это лишь частично решает проблему [15].

Обобщая опыт различных отраслей и пожарной охраны, можно выделить три основных подхода к решению проблемы вспенивания при заполнении емкостей:

– первый подход – модификация заливной горловины и внутренней геометрии ёмкости для минимизации турбулентности потока и площади контакта жидкости с воздухом (в производстве пенобетона для этого используется специальная насадка с внутренним рассекателем, обеспечивающая безударное распределение жидкости по дну);

– второй подход – введение пеногасителей – поверхностно-активных веществ, разрушающих пенные плёнки (этот метод широко применяется в химической, пищевой и агрохимической промышленности, однако для пенообразователей пожарного назначения он имеет ограниченное применение, поскольку пеногаситель может снизить огнетушащие свойства пены);

– третий подход – использование специальных режимов заполнения: медленная подача, заполнение через нижний патрубок, предварительное создание вакуума или избыточного давления (в системах пожаротушения, например, рекомендуется располагать впускной трубопровод в нижней части резервуара, чтобы избежать чрезмерного вспенивания при заполнении).

Таким образом, применение межотраслевого опыта к конструкции и режимов заполнения пенобаков пожарных автомобилей открывает перспективное направление совершенствования систем пенообразователя. Разработка и внедрение специализированных насадок, увеличение диаметра заливной горловины, а также использование организационно-технических решений способны существенно сократить время заправки и повысить готовность пожарных подразделений к выполнению задач по тушению пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2026 113 с.;

2. ГОСТ Р 50588-2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013. – 32 с.

3. Анализ конструктивных особенностей и способов заполнения пенобака пожарного автомобиля / А. П. Губанов, А. Г. Бубнов, А. Д. Семенов, И. В. Сараев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2025. – № 2(55). – С. 40-47. – EDN MFBOBP;

4. Губанов, А.П. Пенообразователи, применяемые в подразделениях пожарной охраны / А.П. Губанов, А.О. Борисов, В.Д. Цугунов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2024. – С. 94-99;

5. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров. Рекомендации" (утв. ФГБУ ВНИИПО МЧС России 29.03.2022);

6. Семенов, А. Д. Влияние способа заправки пенобака на время приведения пожарного автомобиля в готовность после пожара / А. Д. Семенов, А. Н. Бочкарев, М. С. Кнутов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 4(37). – С. 143-149. – EDN XHIROK;

7. Semenov, A. D. Filling Mobile Equipment Tanks with Foaming Agent / A. D. Semenov, A. G. Bubnov, I. V. Saraev, A. O. Semenov // Russian Journal of General Chemistry. – 2026. – Vol. 96, No. 5. – P. 1-7. – DOI 10.1134/S1070363226020027. – EDN OLFELY;

8. Сараев, И. В. Восстановление боеготовности мобильных средств пожаротушения в условиях низких температур / И. В. Сараев, А. Д. Семенов, А. Н. Бочкарев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 3(48). – С. 124-133. – EDN FZZUCW;

9. Губанов, А. П. Анализ существующих методов заполнения пенобака пожарного автомобиля / А. П. Губанов, А. Г. Бубнов, А. Д. Семенов // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2024. – С. 340-345. – EDN YGHONQ;

10. Семенов, А. Д. О возможности заправки пенобака пожарного автомобиля с использованием стационарного вакуумного насоса / А. Д. Семенов, И. В. Сараев, А. Г. Бубнов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 2(43). – С. 100-106. – EDN SWOBVU;

11. Павленко, Н. В. Анализ эффективности пенообразователей для получения пенобетона автоклавного твердения на основе ВКВС / Н. В. Павленко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2007. – № 4. – С. 14-16. – EDN OMSESN;

12. Борьба с пенообразованием в промысловых аппаратах с помощью струйного насоса / А. В. Поляков, И. А. Терещенко, В. В. Дубов, Н. Д. Ханюченко // Наука. Новое поколение. Успех : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Краснодар, 28 марта 2020 года / Коллектив авторов, ФГБОУ ВО «КубГТУ», Оформление ООО «Издательский Дом - Юг». – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг", 2020. – С. 178-180. – EDN XNZVGM;

13. Камолов, Д. Д. Исследование пенообразования на установках очистки газов и борьба с ним / Д. Д. Камолов // Вопросы науки и образования. – 2017. – № 1. – С. 55-56. – EDN YPVJUZ**;**

14. РД 34.49.502-96 Инструкция по эксплуатации установок пожаротушения с применением воздушно-механической пены;

15. Патент на полезную модель № 233850 U1 Российская Федерация, МПК A62C 27/00. Емкость для транспортировки и хранения пенообразователя пожарного автомобиля: заявл. 09.01.2025: опубл. 07.05.2025 / И. А. Малый, И. Ю. Шарабанова, А. С. Федоринов, А. П. Губанов, А. Г. Бубнов, И. В. Сараев, А. Д. Семенов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий". – EDN ZHMCYA.

УДК 621.7.07

П. А. Гусева, П. В. Пучков
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОГО ВООРУЖЕНИЯ

В данной статье рассматривается вопрос о применении аддитивных технологий для создания уникальных и восстановления, вышедших из строя деталей пожарного вооружения. Рассмотрен ряд изделий, изготовленных на 3D-принтере и использующихся в повседневной деятельности сотрудников МЧС России.

Ключевые слова: аддитивные технологии, филамент, деталь, 3D-принтер, проектирование, пожарное вооружение.

P. A. Guseva, P. V. Puchkov

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR CREATING UNIQUE FIRE-FIGHTING EQUIPMENT PARTS

This article examines the use of additive technologies for creating unique parts and restoring failed components of firefighting equipment. A number of products manufactured using a 3D printer and used in the daily activities of employees of the Russian Ministry of Emergency Situations are considered.

Keywords: additive technologies, filament, part, 3D printer, design, firefighting equipment.

Ремонт пожарного оборудования сопряжен с длительными простоями техники, связанными с логистикой централизованных закупок, поставок запасных частей и необходимостью хранения больших складских запасов. Внедрение аддитивных технологий (3D-печати) в сферу ремонта пожарного вооружения и создания уникальных авторских приспособлений, разработанных

© Гусева П. А., Пучков П. В., 2026

входе проведения научно-исследовательской работы, позволит сократить сроки ремонтных работ, а также позволит совершенствовать некоторые конструкции пожарного оборудования.

Технологии 3D-печати позволяют создавать детали сложной формы, уникальные детали по собственным чертежам, которые невозможно или экономически нецелесообразно изготавливать традиционными методами: с помощью технологии литья или технологии резания металлов (фрезерования, точения).

В настоящее время существует несколько интересных технологий создания деталей не только из пластмассы, но и из металла.

Технология MJF (Multi Jet Fusion) — это метод аддитивного производства, при котором на тонкий слой металлического порошка наносится связующее вещество, а затем участки слоя спекаются (соединяются) с помощью струйных головок. Процесс происходит в герметичной камере, заполненной инертным газом (например, аргоном), чтобы предотвратить окисление металла при высоких температурах.

Технология DMLS (Direct Metal Laser Sintering) — это метод, при котором мощный лазер послойно спекает (соединяет) частицы металлического порошка, формируя цельную деталь. В технологии DMLS достигается спекание без полного расплавления, что позволяет работать с более широким спектром сплавов, однако оборудование для изготовления деталей достаточно дорогостоящее. В данной технологии используются металлические порошки титана, алюминиевых сплавов и др., а полученное из этих порошков изделие не уступает по прочности деталям, полученным методами пластической деформации (ковка, штамповка). Данные технологии можно применять для восстановления запорных механизмов пожарных стволов, корпусов разветвлений, шестерен и эксцентриков гидравлического аварийно-спасательного инструмента

Технология FDM/FGF-печать (Fused Deposition Modeling, или моделирование методом наплавления). 3D-печать (или аддитивное производство) — это технология создания объёмных объектов путём последовательного наращивания слоёв материала на основе цифровой 3D-модели. Наиболее доступный метод и недорогой для оперативного изготовления корпусных деталей, фиксаторов, защитных кожухов и элементов крепления. Использование инженерных пластиков обеспечивает достаточную прочность для большинства узлов ПТВ, не контактирующих напрямую с открытым пламенем.

Однако следует отметить, что популярные и бюджетные модели 3D-принтеров (стоимостью до 100 тыс. руб.) имеют рабочий стол небольших размеров, не превышающих размеры 300 х 300 мм). Поэтому на таких принтерах можно изготавливать детали небольших размеров. К наиболее популярным пластиками для трехмерной печати можно относятся: ABS пластик ($T_{пл}$ = 250-280 °C), PS/ABS пластик ($T_{пл}$ = 260-300 °C), PLA пластик ($T_{пл}$ = 190-230 °C), HIPS пластик ($T_{пл}$ = 190-260 °C) и др.

В Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России для изготовления деталей, макетов и прототипов используется бюджетная модель 3D принтера - WANHAO DUPLICATOR i3 Plus.

В качестве филамента используется PLA пластик (полилактид), который не выделяет в окружающую среду вредных веществ при его размягчении (не токсичен, в отличие от ABS - пластика). Данный пластик термопластичен, износостоек и биоразлогаем, кроме того, температура его размягчения составляет всего 195°С.



Рис. 1. 3D-принтер WANHAO DUPLICATOR i3 Plus [1]

Данный пластик обладает высокими механическими свойствами модуль упругости при изгибе составляет 2,3 ГПа, модуль упругости при растяжении 3,3 ГПа, прочность на разрыв 57,8 МПа, а прочность на изгиб 55, 3 МПа. Кроме того, PLA пластик обладает важным технологическим свойством – он не имеет усадки при затвердевании. Данный пластик достаточно легок, его плотность составляет всего 1,23-1,25 г/см^3. Однако данный филамент гигроскопичен и хорошо поглощает влагу из воздуха [2, 3].

Рассмотрим пример восстановления уникальных и дорогостоящих деталей из пластмассы. На рис. 2 представлена крышка от гидравлического аварийно-спасательного инструмента, у которой произошло выкрашивание торцевой поверхности и образование трещины на боковой стенке. Сложность в изготовлении реплики данной детали заключается в создании виртуальной 3D – модели четырехзаходной резьбы. Достаточно сложно соблюсти в 3D- модели точные геометрические размеры витков резьбы. Поэтому было принято более простое решение, а именно изготовить наружный корпус простой формы (в виде цилиндра) и вклеить в него разрушенную крышку (рис. 1в). Вес напечатанного внешнего корпуса составил 22 г., а стоимость затраченного PLA пластика составила не более 50 руб.



а) б) в)

Рис.2. Крышка с четырехзаходной резьбой: а – крышка разрушенная;
б – корпус без резьбы, распечатанный на 3D-принтере;
в – крышка восстановленная

Также на рис. 3 представлены изделия, смоделированные по уникальным чертежам и изготовленные на 3D-принтере WANHAO DUPLICATOR i3 V2.1.

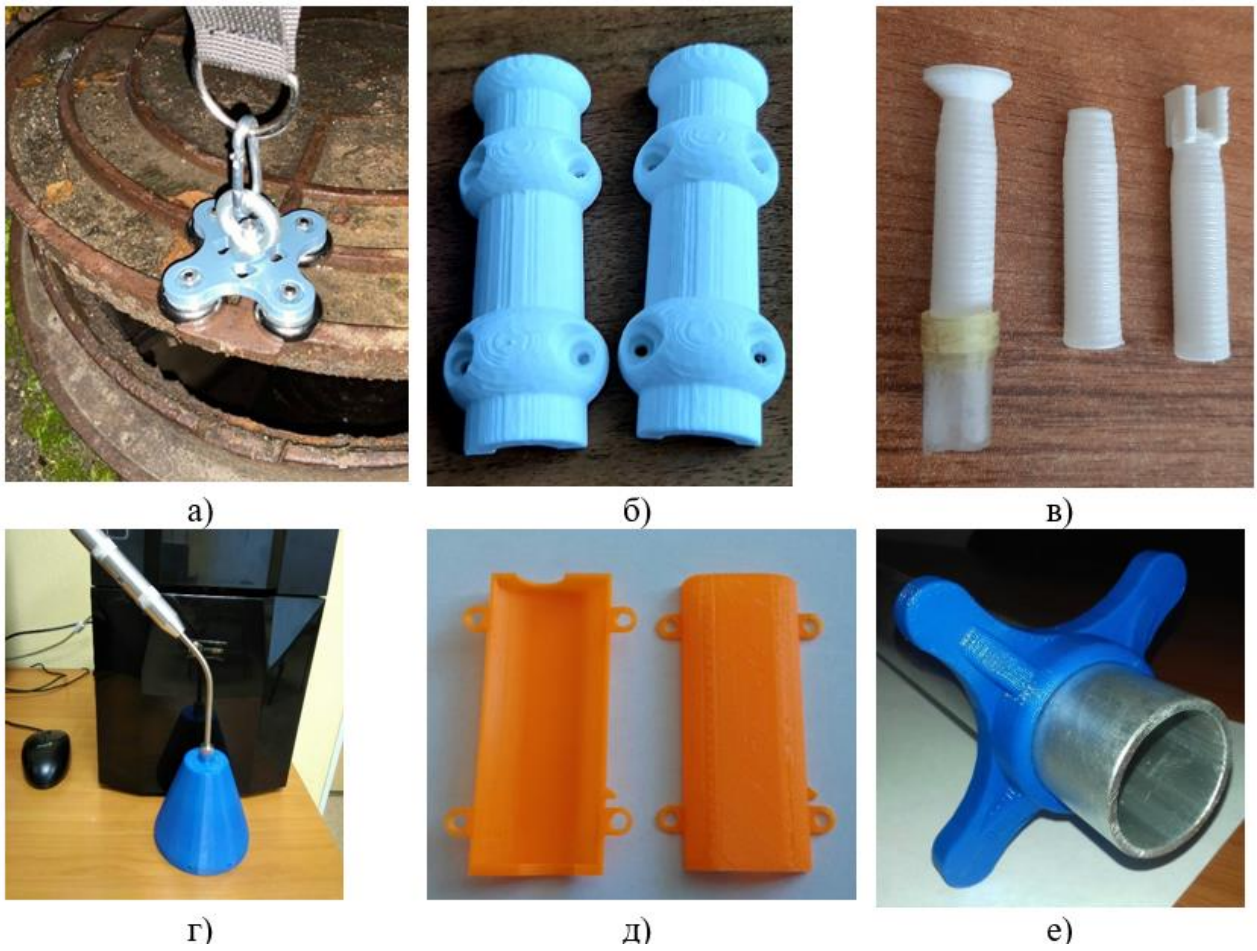


Рис. 3. Изделия, изготовленные на 3D-принтере WANHAO DUPLICATOR i3 V2.1:
а – Магнитное устройство для открывания люков; б – противоизломный протектор для ДАСВ; в – насадки для распыления огнетушащего порошка;
г – колпак газоанализатора; д - футляр для защиты сигнального устройства ДАСВ;
е- универсальная опора для медицинских носилок.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что аддитивные технологии будут полезны в следующих случаях:

- Изготовление аналогов вышедших из строя деталей, а также деталей снятых с производства, особенно для импортной санкционной техники.
- Модернизация утраченных деталей. 3D-Печать позволяет не просто копировать старую деталь, а улучшать ее, доработав модель в программе САПР.
- Ускорение сроков ремонта.
- Снижение расходов на ремонт. Печать одной пластиковой или композитной детали обходится в разы дешевле, чем заказ штучного литья или покупка оригинального узла у производителя.

- Оптимизация складских запасов. Вместо хранения тысяч номенклатурных единиц достаточно иметь базу цифровых моделей и запас филаментов или металлических порошков.

- Обеспечить технологический суверенитет. Независимость от зарубежных цепочек поставок запчастей становится элементом национальной безопасности.

Однако существует ряд проблемных вопросов, связанных с применением аддитивных технологий:

- Сертификация и стандартизация. Пожарное вооружение должно выдерживать строгие испытания на давление (обычно до 1,6 МПа и выше) и температурные циклы.

- Естественное старение материалов. Полимеры и композиты со временем теряют свойства под воздействием ультрафиолета и химически агрессивных сред.

- Наличие квалифицированного персонала для оцифровки, подготовки моделей к печати (генерации поддержек, ориентации детали).

Переход от использования аддитивных технологий как инструмента прототипирования к их применению в качестве полноценного средства ремонта и создания уникальных деталей и приспособлений — это закономерный этап развития материально-технического обеспечения экстренных служб в ближайшем будущем [4, 5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://www.dns-shop.ru/product/characteristics/007b836a99883330/3d-printer-wanhao-duplicator-i3-

2. Пучков П.В. Создание приспособления для разбивания стекол с применением технологии 3d печати. Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. – С. 402-406.

3. Пучков П.В., Суконщиков А.А. Восстановление деталей механизмов с помощью 3d печати. Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2019 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – 599 с. – ISBN 978-5-6042853-1-2 С. 541-544.

4. Иванов, В. Е. Применение современного программного продукта для трехмерного моделирования деталей и узлов пожарной техники / В. Е. Иванов, И. А. Легкова, П. В. Пучков // Пожарная и аварийная безопасность. – 2017. – № 2(5). – С. 53-65. – EDN YXURGH.

5. Разработка технических решений по восстановлению работоспособности напорных пожарных рукавов / В. Е. Иванов, П. В. Пучков, И. А. Легкова, А. А. Покровский // Современные проблемы гражданской защиты. – 2021. – № 3(40). – С. 30-37. – EDN BQOVOH.

6. Патент на полезную модель № 165103 U1 Российская Федерация, МПК A62C 27/00. Гусеничная пожарная машина : № 2015146347/12 : заявл. 27.10.2015 : опубл. 10.10.2016 / И. А. Малый, И. Ю. Шарабанова, О. И. Орлов [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России). – EDN ZHSGLJ.

УДК 554.774.2:620.3:614.841

А. Д. Дауменов, С. А. Лебедьков, Т. В. Усачева
Академия гражданской защиты МЧС России

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ АЭРОГЕЛЕЙ И ИХ ОГНЕЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Рассмотрены физико-химические закономерности формирования углеродных аэрогелей. Проанализированы механизмы их огнезащитного действия. Приведены данные о поведении при высокотемпературном воздействии. Показана перспективность для пассивной противопожарной защиты.

Ключевые слова: углеродный аэрогель, карбонизация, теплопроводность, коксообразование, огнезащита, высокотемпературное воздействие.

A. D. Daumenov, S. A. Lebedkov, T. V. Usacheva

PHYSICOCHEMICAL PRINCIPLES OF CARBON AEROGEL FORMATION AND THEIR FIRE-RETARDANT EFFECT UNDER HIGH-TEMPERATURE EXPOSURE

The physicochemical principles governing the formation of carbon aerogels are examined. The mechanisms of their fire-retardant action are analyzed. Data on their behavior under high-temperature exposure are presented. Their potential for passive fire protection is demonstrated.

Keywords: carbon aerogel, carbonization, thermal conductivity, char formation, fire protection, high-temperature exposure.

Проблема защиты конструкций и оборудования от экстремальных тепловых нагрузок с каждым годом становится все более актуальной. Например, аэрокосмическая отрасль, атомная энергетика, химические

© Дауменов А. Д., Лебедьков С. А., Усачева Т. В., 2026

производства, все они требуют материалов, которые способны выдерживать температуры свыше 1000 ℃, оставаясь при этом легкими и надежными. Традиционные теплоизоляторы не имеют большую популярность, так как минеральная вата теряет свойства при высоких температурах, керамические волокна имеют значительную плотность, а полимерные пены просто выгорают [1]. На этом фоне углеродные аэрогели, представлены на рисунке 1, являются самым лучшим вариантов, ведь их плотность может составлять всего 0,017 $\frac{г}{см^3}$, пористость превышает 80 %, а удельная поверхность достигает 779 $\frac{м^2}{г}$. Также из преимуществ можно выделить, что они сочетают теплопроводность на уровне неподвижного воздуха, примерно 0,023–0,047 $\frac{Вт}{м \times К}$ с термостойкостью до 2000 ℃ в инертной среде и способностью формировать защитный углеродный слой при контакте с пламенем.

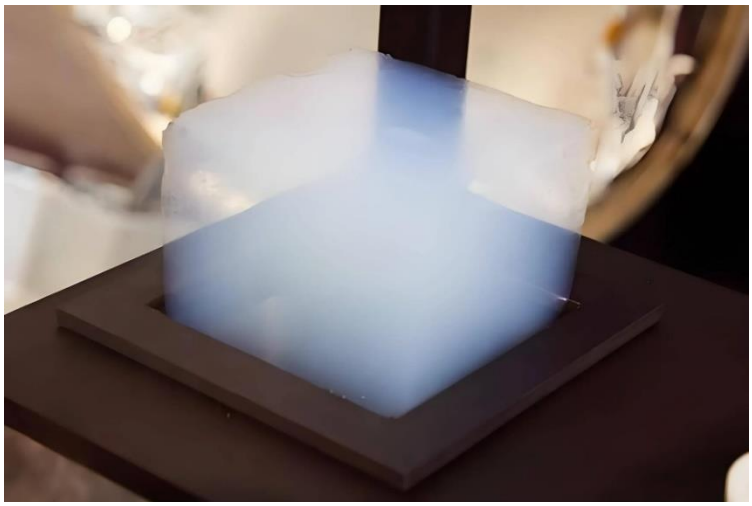


Рис. 1. Углеродный аэрогель

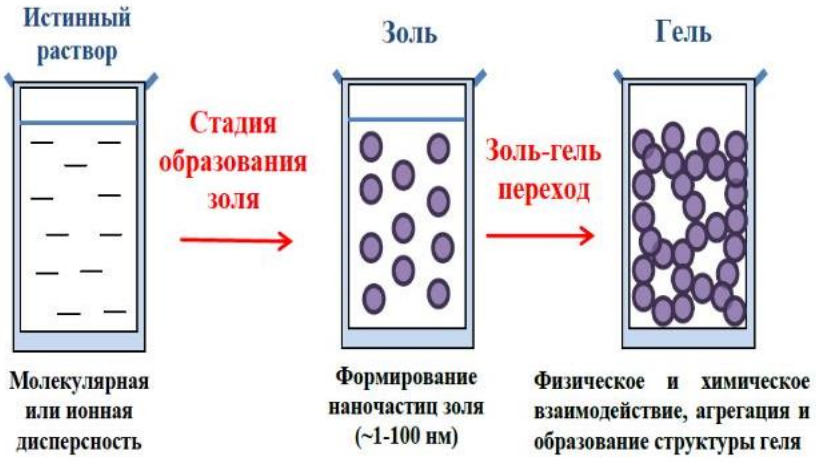


Рис. 2. Метод золь-гель

Классический путь получения таких материалов хорошо известен, это золь-гель поликонденсация резорцинола с формальдегидом в присутствии карбоната натрия, представлено на рис. 2. Полученный органический гель высушивают сверхкритическим способом, а затем карбонизуют в инертной атмосфере. Однако в последние годы все больше внимания уделяется альтернативным вариантам, сюда входит: целлюлоза, лигнина, бамбук, отходы пеньки и рисовая шелуха. Стоит подчеркнуть, что растительное сырье само по себе обладает природной огнестойкостью, и это свойство частично наследуется конечным продуктом. Поэтому показательным примером является углеродный аэрогель из отходов пеньки, который продемонстрировал выход кокса 70,03 % при 700 ℃ в окислительной среде [2]. Других материалов, способных похвастаться таким результатом, найдется немного.

Критический момент в технологии – это удаление жидкой фазы из геля. Если просто высушить его обычным способом, поверхностное натяжение разрушит тонкий каркас, поэтому никакого аэрогеля не получится [2]. Поэтому применяют сверхкритическую сушку, там уже жидкость заменяют газом выше критической точки, где поверхностное натяжение отсутствует. Можно использовать углекислый газ или этанол. Сублимационная сушка также можно применять, но сохранить нанопористую структуру столь, как при сверхкритическом методе, все же не удается.

Следующим этапом идет карбонизация. Сюда входит органический аэрогель, который нагревают в атмосфере азота или аргона до 700–1500 ℃. В ходе пиролиза улетучиваются кислород и водород, а углеродный каркас сохраняет исходную морфологию. Проделанные в ходе работы эксперименты говорят о том, что добавка водорода в газовую смесь 95 % N_2 + 5 % H_2 заметно улучшает удаление кислорода и повышает термостойкость. Температура карбонизации в этом этапе — это ключевой параметр. При 1000 ℃ формируется стабильная пористая структура с размером пор 321-612 нм, а прочность на сжатие достигает 1,0-2,3 МПа при плотности всего 0,16-0,26 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Если поднять температуру выше, начинается графитизация, электропроводность растет, но пористость частично теряется. Здесь уже нужно искать компромисс между механическими и теплоизоляционными свойствами.

Также в ходе опытов выявили, что интересные результаты дает модифицирование. Например, легирование бором через фенилбороновую кислоту приводит к образованию фазы карбида бора. Материал приобретает теплопроводность 0,0475 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\times\text{К}}$ при 25 ℃, прочность на сжатие 1,94 МПа и плотность 0,203 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Еще один пример, это введение диоксида циркония, оно позволяет достичь теплопроводности 0,040 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\times\text{К}}$, а остаточная масса после абляции бутановым пламенем в течение 3600 секунд составляет 84,33 %. Данный пример, благодаря своим показателям, вполне можно использовать для применения в теплозащите.

Теперь перейдем к тому, как именно углеродные аэрогели противостоят огню. Первый механизм – это низкая теплопроводность. При плотности 0,16–0,26 $\frac{г}{см^3}$ она составляет 0,023–0,036 $\frac{Вт}{м \times К}$, что почти совпадает с теплопроводностью неподвижного воздуха. Причина заключается благодаря эффекту Кнудсена, который говорит о том, что поры настолько малы, что молекулы газа сталкиваются со стенками чаще, чем друг с другом, и теплоперенос через газовую фазу подавляется. Важно то, что эта особенность сохраняется и при высоких температурах. Для образца с плотностью 0,389-0,415 $\frac{г}{см^3}$ теплопроводность при 1200 ℃ составила 0,901 $\frac{Вт}{м \times К}$, это значительно меньше, чем у традиционных изоляторов. А уже в композитных системах удается получить перепад температур около 1100 ℃ на толщине всего 10 мм.

Второй механизм – это коксообразование. Тут уже углеродный аэрогель контактирует с пламенем, поэтому на поверхности образуется черный вспененный слой. Он не только служит тепловым барьером, но и физически перекрывает доступ кислорода к нижележащим слоям. Для аэрогеля из отходов пеньки выход кокса при 700 ℃ в окислительной среде составил 70,03 %. Механизм тут уже не сводится к простому обугливанию, где углеродный каркас уплотняется, образуя высокографитизированную структуру с низкой теплопроводностью. Особый интерес представляет «умный» аэрогель с термоответственной интумесцентной химией. При низких температурах они инертны, но стоит нагреву превысить 300 ℃, как начинается вспенивание с образованием стабильного пористого углерода. Толщина и структура защитного слоя зависят от интенсивности теплового потока, ведь материал буквально подстраивается под условия пожара.

Третьим механизмом является самозатухание и подавление дымообразования. Аэрогели с добавлением фитиновой кислоты после конусной калориметрии дают углеродные остатки со значительной усадкой объема, что говорит о формировании плотного защитного слоя. Композиты на основе восстановленного оксида графена при разложении образуют барьер, препятствующий дальнейшему пиролизу. Для аэрогелей на основе монтмориллонита и фитиновой кислоты кислородный индекс превышает 60 %, что существенно выше порога трудногорючести, который составляет 26-28 %.

Однако помимо плюсов есть и минусы. В инертной среде углеродные аэрогели держат температуру до 2000 ℃, но в окислительной начинают окисляться уже при 450 ℃. Это серьезное ограничение, и обойти его пытаются введением керамических фаз: SiCO, SiBCN, ZrO_2, ZrC. Добавка SiCO или SiBCN снижает потерю массы после окисления при 1000 ℃ почти вдвое. Еще одна проблема – это хрупкость. Чистый углеродный аэрогель плохо переносит ударные нагрузки, поэтому его армируют углеродным волокном [3].

Если рассматривать практическое применение, то тут можно рассматривать несколько вариантов. Во-первых, это теплозащита гиперзвуковых летательных аппаратов и космических систем. У них есть способность выдерживать до 2000 ℃ в инертной среде. Также могут

обеспечивать неабляционную теплоизоляцию до 1850 ℃ в течение 1200 секунд делает углеродные аэрогели серьезной альтернативой традиционным абляционным покрытиям. Во-вторых, в атомной и химической промышленности они могут использоваться для защиты оборудования, работающего с взрывоопасными и радиоактивными средами. В-третьих, в строительстве для создания сверхлегких огнебарьеров, не утяжеляющих конструкции. В-четвертых, есть перспектива создания мультифункциональных материалов, которые одновременно работают как теплоизолятор, огнебарьер и экран электромагнитного излучения, представлено на рис. 3. Уже существуют самодиагностирующиеся аэрогели с функциями радиолокационной скрытности, структурного мониторинга и управления тепловым режимом.



Рис. 3. Аэрогель из диоксида кремния

В заключении, углеродные аэрогели – это не просто теплоизоляционный материал, а класс материалов с принципиально иным сочетанием свойств. Ключевую роль в формировании их огнезащитных характеристик играют условия карбонизации, такие как температура, состав атмосферы, введение модификаторов. Механизм огнезащиты основан на синергии низкой теплопроводности, коксообразования и высокого кислородного индекса. Достигнутые показатели в ходе проведенных опытов показали, что термостойкость материала до 2000 ℃, абляционная стойкость до 1850 ℃, остаточная масса 84,33 % после 3600 секунд абляции. Это может говорить о большой перспективе применения в системах пожарной безопасности критически важных объектов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на повышении окислительной стойкости, масштабировании производства на основе возобновляемого сырья и интеграции углеродных аэрогелей в существующие системы пассивной противопожарной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплоизоляционные составы на основе нового стеклоуглерода / А. В. Башаричев, И. С. Окунев, В. Я. Сиротюк, В. А. Голиков // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург: 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, 2022. – С. 5-7.

2. Анпилогов, Л. Д. Особенности аэрогелевых технологий // Тинчуринские чтения - 2025 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы докладов Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Казань, 23–25 апреля 2025 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. – С. 229-231.

3. Раздьяконова, Г. И. Синтез порошков аэрогельного типа на основе технического углерода / Г. И. Раздьяконова, О. А. Кохановская, В. А. Лихолобов // Перспективные материалы. – 2014. – № 8. – С. 68-74.

УДК 621.315.2:614.84

Ю. А. Дементьева, Р. А. Солдатов, Э. Г. Солдатова, В. Ю. Емелин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОХРАНЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА: НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ

Рассмотрены требования СП 6.13130.2025 к электропроводкам систем противопожарной защиты и методы испытаний по ГОСТ Р 53316-2021. Сопоставлены правила выбора времени работоспособности и условия применения неогнестойких кабелей. Разграничены характеристики кабеля и электропроводки в сборе.

Ключевые слова: электропроводка, системы противопожарной защиты, работоспособность, огнестойкий кабель, огневые испытания.

Yu. A. Dementyeva, R. A. Soldatov, E. G. Soldatova, V. Yu. Emelin

MAINTAINING THE OPERABILITY OF FIRE PROTECTION SYSTEM WIRING UNDER FIRE CONDITIONS: REGULATORY REQUIREMENTS AND VERIFICATION METHODS

© Дементьева Ю. А., Солдатов Р. А., Солдатова Э. Г., Емелин В. Ю., 2026

The requirements of SP 6.13130.2025 for fire protection system wiring and the test methods of GOST R 53316-2021 are reviewed. Required operating times and the conditions permitting non-fire-resistant cables are compared. Cable properties are distinguished from the performance of a complete wiring assembly.

Key words: electrical wiring, fire protection systems, operability, fire-resistant cable, fire testing.

Кабельные линии систем противопожарной защиты (СПЗ) должны передавать питание и сигналы в период, когда пожар уже воздействует на здание. От этого зависит выполнение команд пожарной автоматики, работа оповещателей и противодымной вентиляции. Часть 2 статьи 82 Федерального закона № 123-ФЗ связывает сохранение работоспособности таких линий со временем выполнения функций соответствующей системы [6]. Поэтому необходимую продолжительность работы определяют с учётом назначения цепи, а подтверждают для конкретного технического исполнения электропроводки.

ГОСТ Р 53316-2021 рассматривает электропроводку как совокупность проводников и относящихся к ним элементов крепления, установки и защиты. Сохранение работоспособности означает продолжение заданных функций при пожаре в течение установленного времени [2, пп. 3.1, 3.4]. Различие между отдельным кабелем и кабельной линией раскрыто также в публикации А. С. Лобунца и соавторов [3]. Индекс FR характеризует исполнение кабельного изделия, но сам по себе не подтверждает продолжительность работы смонтированной линии с её креплениями и соединениями.

Ю. Е. Актерский и А. С. Смирнов рассматривают кабели, кабеленесущие конструкции, коммутационные изделия и крепёж как элементы общего решения для пожарной автоматики объектов нефтегазового комплекса [1]. Этот пример показывает предмет проверки: оценивать следует состав линии и условия её монтажа. Переносить опубликованные показатели конкретной кабельной системы на другую комбинацию изделий без предусмотренного нормативами основания нельзя.

С 29 июня 2026 г. действует СП 6.13130.2025, утверждённый приказом МЧС России от 29 декабря 2025 г. № 1263. Он заменил СП 6.13130.2021, введённый 6 октября 2021 г. [4; 5]. В прежнем документе пункты 6.4 и 6.5 связывали работоспособность с исполнением кабеля, способом прокладки и испытаниями по ГОСТ Р 53316. Новая редакция сохраняет испытательное подтверждение, устанавливает область применения кабельных изделий в обязательном приложении Г и содержит таблицу 6.2 с временем работы отдельных систем. Изменения конкретизируют выбор решения, а не заменяют испытания.

По пункту 6.2 СП 6.13130.2025 электропроводки и линии связи СПЗ выполняют кабелями с медными токопроводящими жилами, соответствующими ГОСТ 31565 и приложению Г, кроме оговорённых исключений. Время работоспособности определяют по ГОСТ Р 53316. Для

волоконно-оптических линий предусмотрено отдельное условие: кабели с индексом FR допускается применять без такого подтверждения при подключении указанных в пункте пожарных приборов и компонентов, обеспечивающих передачу всех предусмотренных извещений и сигналов [5, п. 6.2]. Прежний пункт 6.3 разрешал неогнестойкие кабели в кольцевых волоконно-оптических линиях [4]. Новое условие пункта 6.2 предполагает именно исполнение FR.

Пункт 6.3 допускает кабели без индекса FR только для перечисленных в нём цепей и технических решений. В частности, исключение относится к безадресным линиям с безадресными извещателями. Для кольцевых линий с изоляторами короткого замыкания и радиальных ответвлений требуется соблюдение условий подпункта «б», включая исполнение ответвлений по СП 484.1311500 и применение опрашивающих приборов. Для взаиморезервируемых кольцевых линий подпункт «в» предусматривает сохранение передачи всех сигналов после единичной неисправности. Само кольцевое построение не исчерпывает этих условий [5].

Разрешение применять неогнестойкий кабель в цепях нормально открытых противопожарных клапанов относится к приводу с возвратной пружиной; модификации с реверсивным приводом, срабатывающим подачей питания при пожаре, исключены. Огнестойкий короб или иное защитное решение также не отменяет подтверждения работоспособности защищённой электропроводки по ГОСТ Р 53316. Для цепей питания пожарных приборов с резервным вводом необходимо обеспечить питание от источника с аккумулятором достаточной ёмкости на всё время выполнения функций. Исключение для этих цепей нельзя автоматически распространять на выходящие из прибора линии управления [5, п. 6.3].

Условия прокладки учитывают возможность общего повреждения нескольких линий. Например, пункт 6.7 допускает размещение линий СПЗ и других систем в разных лотковых системах на общем узле крепления при определении времени работоспособности линий СПЗ в составе этой системы. Пункт 6.12 требует исключить механическое воздействие других инженерных коммуникаций [5]. Испытательное подтверждение кабеля не охватывает автоматически повреждение его опор соседними конструкциями.

Требуемое время зависит от функции системы и предусмотренных нормативами условий её работы. Пункт 6.17 СП 6.13130.2025 отсылает к таблице 6.2; для внутреннего противопожарного водопровода и автоматического пожаротушения она, в свою очередь, отсылает к профильным сводам правил. Примеры различающихся оснований выбора времени приведены в таблице.

Таблица. **Выбор времени работоспособности электропроводок отдельных систем СПЗ**

Система или оборудование	**Минимальное время и условие его выбора**
Оповещение и управление эвакуацией	1,0 ч; допускается уменьшение, но не ниже расчётного времени эвакуации наружу или в безопасную зону.
Противопожарный клапан; дымовой люк	0,25 ч для каждого из указанных элементов; применимость исключений проверяется по п. 6.3.
Вентиляторы вытяжной и приточной противодымной вентиляции	Не менее временного значения предела огнестойкости воздуховода системы в обслуживаемом пожарном отсеке по СП 7.13130.
Лифты для транспортировки подразделений пожарной охраны	2,0 ч.
Электрооборудование СПЗ и связь безопасной зоны	Не менее временного значения предела огнестойкости ограждающих конструкций безопасной зоны.

Источник: СП 6.13130.2025, п. 6.17, табл. 6.2, примечания 1 и 4 [5]. Таблица содержит выборку требований; общая корректировка времени предусмотрена примечанием 1 с учётом решений объекта и Федерального закона № 123-ФЗ.

Таблица показывает, почему для всех линий нельзя назначить одинаковое время: наряду с фиксированными значениями применяются расчётное время эвакуации и пределы огнестойкости конструкций. Отдельно следует читать строку аварийного освещения исходной таблицы 6.2. Указанные в ней 1,0 ч относятся к встроенным аккумуляторам; для электропроводок примечание 2 связывает время с пределом огнестойкости конструкций здания, сооружения и пожарного отсека. Подпункт «е» пункта 6.3 дополнительно устанавливает условия применения неогнестойких питающих цепей светильников со встроенными автономными источниками [5].

ГОСТ Р 53316-2021 действует с 1 января 2022 г. и устанавливает методы проверки электропроводок, включая проводные линии связи и шинопроводы [2]. Стандарт различает типовые исполнения по документации изготовителя и проектные решения, сопровождаемые проектом и инструкцией по монтажу. Предусмотрены испытания открыто проложенных электропроводок и электропроводок в огнестойких коробах. В печи создают стандартный температурный режим по ГОСТ 30247.0, а к образцам подключают оборудование контроля, соответствующее виду кабеля. Продолжительность задаёт техническая или проектная документация [2, разд. 4–6].

При испытании открытой электропроводки шаг креплений принимают по документации. Соединительная коробка, муфта или блок должны находиться в центральной части установки; если соединения не применялись, результат относится только к прокладке без них. Для заявленного маркоразмерного ряда типовых кабелей проверяют наименьшее, среднее и наибольшее сечения. При испытаниях типовых лотковых систем предусматривают эквивалентную

нагрузку, имитирующую отсутствующие кабели; при испытании проектных электропроводок на лотках она не применяется [2, пп. 5.2.1.1–5.2.1.6]. Поэтому протокол характеризует определённую конструкцию и условия её нагружения.

Для огнестойкого короба учитывают число сторон, подвергаемых нагреву, его размеры, крепление и размещённые внутри кабели. Образец воспроизводят по технической либо проектной документации [2, п. 5.2.2]. По пункту 7.1 испытание считается выдержанным, если напряжение приложено весь установленный период без отключения прерывателя, токопроводящая жила не разрушилась, а для оптического кабеля приращение затухания не превысило допустимого значения. Эти критерии характеризуют выполнение функции передачи, а не сохранность внешнего вида оболочки.

Распространение положительного результата на маркоразмерный ряд допускается по пункту 7.2 при выполнении предусмотренных стандартом испытаний представительных образцов [2]. Оно не означает, что можно произвольно заменять крепёж, соединительные изделия или способ прокладки. При оценке применимости протокола сопоставляют документацию испытанного исполнения с проектным решением: состав изделий, шаг креплений и наличие соединений должны находиться в подтверждённых пределах.

Нормативные требования образуют последовательность: назначение цепи определяет требуемое время работы, проект задаёт её конструкцию, испытание подтверждает работоспособность этого исполнения. СП 6.13130.2025 конкретизирует исходные условия выбора, а ГОСТ Р 53316-2021 устанавливает порядок проверки. Достаточность решения определяется соответствием подтверждённого времени требуемому и применимостью результата к смонтированной электропроводке. Одного индекса FR в обозначении кабеля для такой оценки недостаточно [2; 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актерский Ю. Е., Смирнов А. С. Повышение эффективности снижения рисков чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2022. № 1. С. 1–10. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-snizheniya-riskov-chrezvychaynyh-situatsiy-na-opasnyh-proizvodstvennyh-obektah-neftegazovogo-kompleksa (дата обращения: 23.10.2026).

2. ГОСТ Р 53316-2021. Электропроводки. Сохранение работоспособности в условиях стандартного температурного режима пожара. Методы испытаний. Введ. 01.01.2022. URL: https://protect.gost.ru/gost/details/560074e6-3440-4a7f-a9df-757f0c6dbfb0 (дата обращения: 23.10.2026).

3. Лобунец А. С., Белянский Д. А., Терехов Р. Г., Теплов Д. В. Огнестойкая кабельная линия в системах автоматической противопожарной защиты // Вестник науки и образования. 2020. № 23-2 (101). С. 20–22. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ognestoykaya-kabelnaya-liniya-v-sistemah-avtomaticheskoy-protivopozharnoy-zaschity (дата обращения: 23.10.2026).

4. СП 6.13130.2021. Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности : утв. приказом МЧС России от 06.04.2021 № 200. Заменён с 29.06.2026. URL: https://law.tks.ru/document/682422 (дата обращения: 23.10.2026).

5. СП 6.13130.2025. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности : утв. приказом МЧС России от 29.12.2025 № 1263, с поправками, введёнными 25.06.2026 и 21.09.2026. URL: https://law.tks.ru/document/829057 (дата обращения: 23.10.2026).

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ : ред. от 04.08.2026. URL: https://law.tks.ru/document/839312 (дата обращения: 23.10.2026).

УДК 614.84:725.35

В. А. Демченко, С. В. Митрофанов
Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХРАНЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ НА СКЛАДАХ

Рассмотрены источники пожарной и взрывопожарной опасности технологических процессов приемки, хранения и отпуска продовольствия на складах. Выполнена расчетная оценка удельной пожарной нагрузки при штабельном хранении муки. Предложены меры снижения пожарной опасности.

Ключевые слова: продовольственный склад, пожарная нагрузка, категория помещения, пылевоздушная смесь, аммиачная холодильная установка.

V. A. Demchenko, S. V. Mitrofanov

ANALYSIS OF THE FIRE HAZARD OF FOOD STORAGE PROCESSES AT WAREHOUSES

The sources of fire and explosion hazards in the processes of receiving, storing and issuing food at military warehouses are considered. The specific fire load for stacked flour storage is calculated. It is shown that a stock of 3 t places a 72 m² storage area in category B2, and a stock of 10 t places it in category B1. Measures to reduce the fire hazard are proposed.

Key words: food warehouse, military facility, fire load, premises category, dust-air mixture, ammonia refrigeration unit.

© Демченко В. А., Митрофанов С. В., 2026

Продовольственные склады воинских частей, баз и комбинатов хранения предназначены для приемки, длительного хранения, освежения и выдачи запасов продовольствия, в том числе неприкосновенных. Утрата таких запасов при пожаре непосредственно снижает возможности тылового обеспечения войск, поэтому пожарная безопасность склада является не только задачей сохранности имущества, но и элементом боевой готовности. Масштаб проблемы иллюстрирует статистика: в 2010–2019 гг. в складских зданиях Российской Федерации произошло 14 464 пожара, погибли 259 человек, ущерб составил 28,9 млрд руб. [2]. Для объектов Минобороны России дополнительными факторами являются физический износ зданий и инженерных сетей, эксплуатация систем обнаружения и тушения пожаров разработки 1960–1980-х гг. и некомплект специалистов пожарной охраны [12].

Цель работы – выявить источники пожарной и взрывопожарной опасности технологических процессов продовольственного склада военного назначения и количественно оценить, при каком объеме хранения складское помещение переходит в наиболее опасные категории по пожарной опасности.

Технологический цикл склада включает приемку продукции с транспорта, размещение в штабелях или на стеллажах, хранение (в том числе в охлаждаемых камерах), перетаривание и освежение запасов, комплектование и отпуск. Каждый этап вносит собственные сочетания горючей среды и источников зажигания (табл. 1).

Таблица 1. **Возможные источники возгорания на разных этапах технологического процесса**

Этап процесса	Горючая среда	Возможные источники зажигания
Приемка и отпуск	Тара, поддоны, топливо погрузчиков	Нагретые поверхности и искры погрузчиков, зарядка аккумуляторов
Штабельное и стеллажное хранение	Мука, крупы, сахар, сухое молоко, картон, древесина	Неисправные электроустановки и светильники, поджог
Перетаривание и фасовка	Пылевоздушные смеси органических пылей	Механические и электрические искры, статическое электричество
Холодильная обработка	Аммиак в машинном отделении и трубопроводах	Электрооборудование, огневые работы

При стеллажном хранении на большую высоту пожар быстро распространяется по вертикали, а его тушение требует особых тактических решений, вплоть до разработки отдельного нормативного документа [7].

Особенность продовольственных складов – обращение тонкодисперсных пищевых продуктов. Органические пыли растительного происхождения образуют взрывоопасные аэровзвеси; для пыли дробленой пшеницы нижний концентрационный предел распространения пламени составляет около 33 г/м³

[11]. Опасность сохраняется и для сравнительно крупных частиц: максимальный размер частиц взрывоопасной фракции сухой молочной сыворотки оценен в 750 мкм, что превышает принятую в нормах границу 500 мкм [4]. Взвихрение отложений при перетаривании мешков или при первичной вспышке способно создать облако взрывоопасной концентрации, а пыль, оседающая на светильниках и электрооборудовании, сама становится фактором пожарной опасности [10]. Для мукомольных предприятий эти закономерности изучены полно [1,15], а на складах учитываются реже. Требования к таким процессам установлены федеральными нормами и правилами для объектов хранения растительного сырья [9], а в качестве дополнительной меры взрывопредупреждения обоснована постоянно действующая общеобменная вентиляция с переключением на аварийный режим [11].

Холодильники для мясной и молочной продукции часто оснащают аммиачными холодильными установками (АХУ), которые относятся к химически опасным производственным объектам [3]. Аммиак токсичен и образует с воздухом горючие смеси, поэтому машинное отделение требует расчетного категорирования по критерию избыточного давления взрыва [6]. Для повышения безопасности АХУ предложено вводить дополнительный слой защиты – систему идентификации эксплуатационных параметров, работающую до срабатывания противоаварийной защиты [5].

Категорию складских помещений с твердыми горючими материалами определяют по удельной временной пожарной нагрузке [6, 8.16]:

$$Q = \Sigma\, G_i \cdot Q^{\text{р}}_{\text{н},i}, \quad g = Q / S, \tag{1}$$

где G_i – масса i-го горючего материала на участке, кг; $Q^{\text{р}}_{\text{н},i}$ – его низшая теплота сгорания, МДж/кг; S – площадь участка, м² (не менее 10 м²). При g от 181 до 1400 МДж/м² предварительно устанавливают категорию В3, от 1401 до 2200 МДж/м² – В2, свыше 2200 МДж/м² – В1. Для категорий В2 и В3 дополнительно проверяют условие

$$Q \geq 0{,}64 \cdot g_{\text{т}} \cdot H^2, \tag{2}$$

где $g_{\text{т}}$ – верхняя граница удельной пожарной нагрузки предварительно установленной категории, МДж/м²; H – расстояние от верха пожарной нагрузки до покрытия, м. При выполнении условия (2) помещение относят соответственно к категории В1 или В2 [6].

Рассмотрен участок хранения муки пшеничной площадью 72 м² в помещении высотой 7,5 м. Мука хранится в бумажных мешках по 50 кг на деревянных поддонах: на поддоне 1000 кг продукции, 20 кг древесины и 4 кг бумаги; высота штабеля 1,5 м, H = 6,0 м. Приняты значения низшей теплоты сгорания: мука – 16,0 МДж/кг, древесина – 13,8 МДж/кг, бумага – 13,4 МДж/кг. Пожарная нагрузка одного поддона составляет 16 329,6 МДж. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Результаты расчета пожарной нагрузки**

Число поддонов	S, **м²**	Q, **МДж**	g, **МДж/м²**	**Предвари-тельная категория**	**Итоговая категория**
1	10	16 330	1633	B2	B2
3	72	48 989	680	B3	B2
5	72	81 648	1134	B3	B2
10	72	163 296	2268	B1	B1
60	72	979 776	13 608	B1	B1

Расчет показывает, что уже 3 т муки на участке 72 м² за счет условия (2) переводят помещение в категорию B2, а 10 т – в категорию B1, хотя для продовольственного склада это минимальный оперативный запас. При типовой загрузке участка (60 т) удельная пожарная нагрузка превышает нижнюю границу категории B1 более чем в шесть раз. Следовательно, при проектировании и реконструкции продовольственных складов военного назначения следует исходить из категории B1 независимо от вида сухих продуктов, а принятие более низкой категории допустимо только при документально закрепленном ограничении объема хранения.

Из таблицы 2 следует, что доля поддонов и тары в пожарной нагрузке одного поддона составляет (276 + 53,6) / 16 329,6 ≈ 2 %, поэтому замена деревянных поддонов и бумажной тары негорючими или огнезащищенными не изменяет категорию помещения. Поэтому пожаробезопасные материалы на продовольственном складе целесообразно применять не для снижения пожарной нагрузки, а для защиты строительных конструкций, ограничения распространения пожара и предотвращения взрывов пыли (табл. 3).

Таблица 3. **Пожаробезопасные материалы и технологии**

Объект защиты	**Материал или технология**	**Ожидаемый эффект**
Несущие стальные конструкции покрытия	Конструктивная огнезащита или огнезащитные покрытия, подобранные с учетом реального режима пожара	Сохранение несущей способности покрытия до прибытия пожарных подразделений
Наружные стены и перегородки	Сэндвич-панели с негорючим минераловатным утеплителем	Исключение распространения горения по утеплителю
Помещения перетаривания	Антистатические полы, заземление оборудования, гладкая отделка без пылевых отложений	Снижение вероятности образования и воспламенения пылевоздушной смеси
Зоны стеллажного хранения	Автоматическое водяное пожаротушение, в том числе с внутристеллажными оросителями	Локализация пожара на начальной стадии

Эффективность вспучивающихся покрытий зависит от температурного режима и при нестандартных режимах пожара может отличаться от показателей, полученных при стандартных испытаниях [14]. Поскольку для ряда видов пожарной нагрузки реальный режим пожара жестче стандартного [2], для складов с высокой удельной пожарной нагрузкой наряду с тонкослойными покрытиями следует рассматривать конструктивную огнезащиту. Для помещений перетаривания необходимо учитывать, что тяжесть пылевого взрыва возрастает с уменьшением размера частиц [13], поэтому гладкая отделка и регулярная вакуумная уборка тонких отложений являются эффективными мерами взрывопредупреждения.

Выводы.

1. Пожарная опасность продовольственного склада военного назначения определяется сочетанием высокой пожарной нагрузки, эпизодического образования взрывоопасных пылевоздушных смесей и, при наличии АХУ, обращения аммиака.

2. Для участков штабельного хранения сухих продуктов категория В1 достигается уже при запасе около 10 т на 72 м², поэтому такие помещения целесообразно оснащать автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализации.

3. Операции перетаривания муки, сахара и сухого молока необходимо выделять в отдельные помещения с аспирацией, регулярной уборкой пыли и электрооборудованием в пылевзрывозащищенном исполнении.

4. Холодильники с АХУ должны иметь автоматический контроль загазованности и многоуровневую противоаварийную защиту [3, 5].

5. Поскольку поддоны и тара составляют около 2 % пожарной нагрузки, пожаробезопасные материалы на продовольственных складах эффективнее всего применять для огнезащиты несущих конструкций, устройства негорючих ограждений и предотвращения пылевых отложений, а огнезащитные покрытия выбирать с учетом реального температурного режима пожара [2, 14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукин А. Е., Потапова С. О. К вопросу об опасности предприятий мукомольного производства // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1, № 9. С. 535–539.

2. Минайлов Д. А. Исследование огнестойкости стальных конструкций покрытия складского здания в условиях различного температурного воздействия // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29, № 3. С. 54–65. DOI: 10.22227/PVB.2020.29.03.54-65.

3. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов»: приказ Ростехнадзора от 07.12.2020 № 500.

4. Полетаев Н. Л. Взрывоопасность аэровзвеси сухой молочной сыворотки // Пожаровзрывобезопасность. 2023. Т. 32, № 1. С. 51–56. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.01.51-56.

5. Путилин С. С. Использование математических моделей и методов системного анализа для оптимизации управления работой аммиачной холодильной установки // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2013. № 3 (23). С. 33–42.

6. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М.: ВНИИПО МЧС России, 2009. 25 с.

7. Танклевский Л. Т., Аракчеев А. В. О проблеме тушения пожаров высокостеллажных складов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 4 (76). С. 117–132. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-117-132.

8. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон Рос. Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

9. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья»: утв. приказом Ростехнадзора от 03.09.2020 № 331.

10. Харламенков А. С. Пожарная опасность накопления пыли в электроустановках. Ч. 1 // Пожаровзрывобезопасность. 2024. Т. 33, № 4. С. 108–112. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.04.108-112.

11. Шаптала В. В. Повышение взрывопожарной безопасности производственных помещений с выделением органических пылей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4 (68). С. 92–99. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-92-99.

12. Янбекова А. И., Родионов П. В. Противопожарная защита в местах хранения артиллерийского вооружения и техники войсковых частей // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Томск: Изд-во ТПУ, 2018. С. 363–365.

13. Di Benedetto A., Russo P., Amyotte P., Marchand N. Modelling the effect of particle size on dust explosions // Chemical Engineering Science. 2010. Vol. 65, iss. 2. P. 772–779. DOI: 10.1016/j.ces.2009.09.029.

14. Lucherini A., Giuliani L., Jomaas G. Experimental study of the performance of intumescent coatings exposed to standard and non-standard fire conditions // Fire Safety Journal. 2018. Vol. 95. P. 42–50. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.10.004.

15. Клинтух Е.А., Кадочникова Е.Н. Совершенствование мер защиты и средств обеспечения пожарной безопасности мукомольных производств. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов», 20 апреля 2021г., Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России 2021. – С. 144 – 147.

16. ПЭВМ Расчет удельной пожарной нагрузки в помещении. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2026701103 от 25.08.2026 г. Авторы: Косицкий С.С., Малыгин А.А., Пичугин М.Ф., Кадочникова Е.Н.

УДК 614.841.41

Т. Ю. Еремина, Д. В. Григорьев
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

ТОКСИЧНОСТЬ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ: КРИТЕРИИ СОПОСТАВИМОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Перенос газовых выходов на акустическую панель рассмотрен с учетом состава, режима горения и неопределенности измерений. Сформулировано условие количественного согласия. На примере ATMOkustik 16/8 обоснован отказ от использования выхода HCN, полученного при испытании мебели.

Ключевые слова: акустические панели, продукты горения, токсичность, массовый выход, кинетика газовыделения.

T. Yu. Eremina, D. V. Grigoriev

TOXICITY OF ACOUSTIC PANEL FIRE EFFLUENTS: CRITERIA FOR THE COMPARABILITY OF EXPERIMENTAL DATA

The use of published gas yields for acoustic panels is examined in relation to material composition, fire conditions and measurement uncertainty. A quantitative agreement criterion is formulated. The ATMOkustik 16/8 case shows why HCN yields from furniture tests cannot be transferred directly.

Keywords: acoustic panels, fire effluents, toxicity, mass yield, gas release kinetics.

Постановка задачи

При испытаниях мягкой мебели и текстильных материалов определяют характеристики выгорания и образования токсичных продуктов [1, 2]. Применимость этих данных к акустической отделке зависит от соответствия образца панели и допустимой ошибки переноса газовых выходов. Связь токсичности со скоростями выгорания, распространения пламени и временем эвакуации рассмотрена в [3, 4].

ISO 29903-1 устанавливает основы сравнения газоаналитических данных [9]. Для панели сначала проверяют состав и режим, затем полноту данных и численное согласие. Известные различия и пробелы в сведениях приводят к разным решениям. Работа основана на опубликованных результатах; собственные испытания не проводились.

© Еремина Т. Ю., Григорьев Д. В., 2026

Показатели и область сравнения

В проточной установке при полном сборе продуктов горения и представительном пробоотборе массовый поток компонента и выход на единицу потери массы определяют по формулам

$$\dot{m}_i(t) = Q(t)\, c_i(t)$$

$$Y_i = \frac{m_i(t_1, t_2)}{\Delta m} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \dot{m}_i(t)\, \mathrm{d}t}{\Delta m}$$

где $\dot{m}_i$ - массовый поток, кг/с; Q - расход полного газового потока, м³/с; c_i - массовая концентрация, кг/м³; m_i - масса компонента за интервал $[t_1, t_2]$, кг; Δm - потеря массы образца за тот же интервал, кг; Y_i - массовый выход, кг/кг. Концентрация учитывает фон и обоснованные поправки. Расход и концентрацию приводят к одинаковым температуре, давлению и влажностной базе; каналы синхронизируют [8, 9].

Для замкнутой камеры расчет основан на балансе накопления и потерь. Выходы на единицу исходной массы и потери массы учитывают раздельно. Результаты ниже предела количественного определения сохраняют с указанием границы [8, 9].

Для сравнения отделки по площади используют удельную массовую скорость

$$q_i(t) = \frac{\dot{m}_i(t)}{A_0}$$

где A_0 - начальная проекционная площадь экспонируемой поверхности, м²; q_i - удельная массовая скорость, кг/(м²·с). Сравнение временных профилей предполагает согласованные тепловое воздействие, монтаж, начало отсчета и временное разрешение. Дальнейшее правило относится к Y_i за заданный интервал.

Условия переноса данных

Для отбора задают панель, газ, сценарий, интервал и допустимое различие выходов. Обязательные сведения приведены в таблице. Влияние различий состава, перфорации или монтажа должно быть проверено в рассматриваемых условиях.

Различие объекта или режима при неподтвержденной эквивалентности означает «А»: сведения об аналоге без количественного переноса. Отсутствие обязательных сведений означает «У»: решение отложено. Численное согласие оценивают после проверки состава, режима и полноты данных. Близкие выходы газа сами по себе не подтверждают эквивалентность образцов.

Таблица. **Обязательные сведения для переноса выхода газа**

Проверка	Сведения и условие допуска
Объект	Основа, связующее, добавки, слои, толщина, перфорация и монтаж. Совпадение либо подтвержденная эквивалентность.
Режим	Стадия горения, тепловое воздействие, доступ кислорода, масштаб и интервал. Совпадение либо валидированный переход.
Измерение	Газ, массовая база, пробоотбор, калибровка, предел определения, независимость опытов и неопределенность. Единый показатель и прослеживаемый расчет.

Для двух независимых оценок одного показателя принято следующее условие количественного согласия:

$$|Y_{\mathrm{A}} - Y_{\mathrm{B}}| + k\sqrt{{u_{\mathrm{A}}}^2 + {u_{\mathrm{B}}}^2} \le \delta_Y$$

Здесь Y_{A} и Y_{B} - сопоставляемые выходы; u_{A} и u_{B} - их стандартные неопределенности; k - обоснованный коэффициент охвата [11]; δ_Y - допустимое различие, кг/кг, заданное до обработки по точности целевого расчета. Для зависимых оценок учитывают ковариацию. Для отношения масс проверяют значимость нелинейности [11].

Выполнение неравенства означает «Д»: количественное использование в проверенных условиях. Если нижняя граница интервала абсолютного различия превышает допуск, результат относится к «А»; пересечение границы допуска - к «У». Отсутствие неопределенности, коэффициента охвата или допуска также дает «У». Это авторское правило отбора исследовательских данных; нормативная классификация проводится отдельно [5].

Пример для панели ATMOkustik

MDF-панель ATMOkustik 16/8 изготовителя Atmos Akustik исследована Gašparík и соавторами [6]. Толщина MDF - 19,2 мм; лицевая сторона облицована ясеневым шпоном, снизу приклеен нетканый материал клеем Pattex PV/H Express. Диаметр сквозных отверстий - 8 мм, шаг - 16 мм. Образцы 100 × 100 мм испытывались в конусном калориметре при 50 кВт/м² в течение 1800 с.

Для панели рассматривается выход HCN ламинированных стеллажей из ДСП по NIST TN 1453: 0,00046 кг/кг до общей вспышки и 0,0025 кг/кг после нее [13, с. xv; табл. 25, с. 77]. MDF со шпоном, перфорацией и нетканым слоем отличается от изделия из ДСП. Эквивалентность не подтверждена - статус «А». Условия комнатного пожара также нуждаются в сопоставлении с режимом испытания панели.

В [6] приведены тепловыделение, потеря массы и оптическая плотность дыма. Выход HCN для панели отсутствует, поэтому условие численного согласия проверить нельзя. Данные о стеллажах остаются качественной характеристикой аналога. Для количественного переноса необходимы

газоаналитические испытания выбранной конфигурации панели в целевом режиме.

Различия объектов исключают перенос при любом численном допуске. Результат «Д» проверяется парными испытаниями. Для пенополиуретановых материалов существенен режим горения [12]; применение ISO/TS 19700 к сшитым пенам и многослойным изделиям требует отдельной валидации [10].

Выводы

Состав и режим проверяются до численного согласия. Для ATMOkustik 16/8 перенос выхода HCN из испытаний стеллажей исключен. Вывод относится к этой паре источников; процедура проверяется на серии панелей.

Массовый выход характеризует образование газа в заданном режиме. Воздействие на людей оценивают по концентрациям во времени, составу смеси и экспозиции [7]. Литературные данные используют в проверенной области применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование параметров токсичности продуктов горения мягких элементов мебели / С. В. Пузач, Н. И. Константинова, Р. Г. Акперов, А. О. Овчинников // Пожаровзрывобезопасность. - 2024. - Т. 33, № 1. - С. 51–59. - DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.01.51-59.

2. Константинова Н. И., Зубань А. В., Пузач С. В. Исследование пожарной опасности текстильных материалов и изделий мягкой мебели для внутренней отделки пассажирских вагонов // Пожаровзрывобезопасность. - 2025. - Т. 34, № 3. - С. 22–33. - DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.03.22-33.

3. Пузач С. В., Комаревцев Н. В. Система градации строительных материалов по токсичности продуктов горения для оценки условия выполнения безопасной эвакуации людей при пожаре // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2025. - № 2. - С. 16–25. - DOI: 10.25257/FE.2025.2.16-25.

4. Пузач С. В., Комаревцев Н. В., Акперов Р. Г. Сравнительный анализ нового экспериментально-теоретического подхода и нормативных методов определения токсичности продуктов горения полимерных материалов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2024. - № 4. - С. 36–45. - DOI: 10.25257/FE.2024.4.36-45.

5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ : ред. от 04.08.2026. - Ст. 13.

6. Gašparík M., Kytka T., Bezděková M. Influence of Surface Treatment of Wood-Based Acoustic Panels on Their Fire Performance // Fire. - 2026. - Vol. 9, № 2. - Art. 67. - DOI: 10.3390/fire9020067.

7. ISO 13571:2012. Life-threatening components of fire - Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires. - Geneva : ISO, 2012.

8. ISO 19702:2024. Sampling and analysis of toxic gases and vapours in fire effluents using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. - Geneva : ISO, 2024.

9. ISO 29903-1:2020. Comparison of toxic gas data from different tests. Part 1: Guidance and requirements. - Geneva : ISO, 2020.

10. ISO/TS 19700:2016. Controlled equivalence ratio method for the determination of hazardous components of fire effluents - Steady-state tube furnace. - Geneva : ISO, 2016.

11. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. - JCGM, 2008. - С учетом JCGM 100:2008/Amd.1:2026. Nonlinearity in measurement models. - DOI изменения: 10.59161/PPDI3267.

12. McKenna S. T., Hull T. R. The fire toxicity of polyurethane foams // Fire Science Reviews. - 2016. - Vol. 5. - Art. 3. - DOI: 10.1186/s40038-016-0012-3.

13. Smoke Component Yields from Room-scale Fire Tests / R. G. Gann, J. D. Averill, E. L. Johnsson, M. R. Nyden, R. D. Peacock. - Gaithersburg : NIST, 2003. - (NIST Technical Note 1453). - DOI: 10.6028/NIST.TN.1453.

УДК 614.84

С. И. Ерцев
Санкт-Петербургский ордена Почёта университет
Государственной противопожарной службы МЧС России
имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева

ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА: ПОНЯТИЕ, СУЩНОСТЬ, ЗНАЧЕНИЕ

Рассмотрены понятие, сущность и значение пожарно-технической экспертизы в системе расследования пожаров. Проанализированы правовые основы её производства, основные задачи и методы исследования, а также доказательственное и профилактическое значение заключения эксперта. Обозначены перспективные направления совершенствования экспертной деятельности.

Ключевые слова: пожарно-техническая экспертиза, расследование пожаров, техническая причина пожара, очаг пожара, судебная экспертиза, эксперт.

S. I. Ertsev

FIRE-TECHNICAL EXPERTISE: CONCEPT, ESSENCE, SIGNIFICANCE

The concept, essence and significance of fire-technical expertise in the system of fire investigation are considered. The legal framework of its production, the main tasks and research methods, as well as the evidentiary and preventive significance of the expert's conclusion are analyzed. Promising directions for improving expert activity are outlined.

Key words: fire-technical expertise, fire investigation, technical cause of fire, fire origin, forensic expertise, expert.

© Ерцев С. И., 2026

Установление причин и обстоятельств возникновения и развития пожаров является одной из наиболее сложных задач дознавателей органов государственного пожарного надзора и следователей. Значительная часть пожаров расследуется в условиях неочевидности: вещественные доказательства в значительной мере уничтожены огнём и применением средств пожаротушения, а свидетели могут отсутствовать. В этих условиях ключевую роль играет пожарно-техническая экспертиза, позволяющая получить достоверные знания об очаге пожара и его технической причине на основе специальных познаний в области горения, пожарной опасности веществ и материалов и закономерностей развития горения.

Понятие и правовые основы пожарно-технической экспертизы. Пожарно-техническая экспертиза (ПТЭ) представляет собой процессуальное исследование, осуществляемое лицом, обладающим специальными познаниями в области пожара и его развития, по установлению обстоятельств, значимых для дела, связанного с пожаром. Предметом ПТЭ являются обстоятельства, устанавливаемые с использованием специальных познаний в области теории горения и пожарной опасности веществ и материалов, физико-химических процессов, закономерностей возникновения и развития горения.

Правовую основу производства ПТЭ составляют Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации (ст. 57, 58, 195–207), Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» [73], а также ведомственные нормативные акты МЧС России, определяющие организацию работы и исследования по выяснению причин пожаров. Пожарно-техническая экспертиза проводится в рамках судебной экспертизы по делам о пожарах (в том числе в порядке ст. 144–145 УПК РФ [1] при проверке сообщения о преступлении), а также используется в административном и гражданском судопроизводстве и в негосударственной экспертной практике при спорах о причинах пожаров и страховых выплатах.

Сущность пожарно-технической экспертизы. Сущность ПТЭ состоит в мысленной и материальной реконструкции процесса возникновения и развития горения на основе анализа вещественных доказательств, изъятых с места пожара, и специальной информации. Центральная задача эксперта – установление места расположения очага пожара и технической причины пожара. При этом эксперт не решает правовые вопросы (кто поджёг, есть ли вина), а констатирует техническую сторону: наличие и характер очаговых признаков, направленность путей распространения горения, механизм тепловыделения. [5]

В основу экспертного анализа положены закономерности формирования очаговых признаков (переугливание конструкций, глубина выгорания древесины, деформации металлоконструкций, направленность оплавлений), разработанные в трудах Б. В. Мегорского и развитые современной школой судебной пожарно-технической экспертизы [4]. Эксперт формирует и проверяет версии о технической причине пожара: неисправность

электрооборудования, нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации приборов и оборудования, неосторожное обращение с огнём, самовозгорание веществ и материалов, поджог. [5]

В пожарно-технической экспертизе применяется комплекс полевых (внепроцессуальных) и лабораторных методов: визуальное и инструментальное обследование места пожара; измерение глубины переугливания и определение очаговых признаков; микроскопические исследования; методы криминалистики (обнаружение, фиксация и изъятие микрочастиц и микроследов); термический анализ; химические и физико-химические методы исследования (газожидкостная хроматография, спектральный анализ) при исследовании остатков ЛВЖ и ГЖ, продуктов термического разложения материалов; пенетрационный анализ для оценки степени термических повреждений конструкций.

Современной тенденцией является применение расчётных методов: математического и компьютерного моделирования развития пожара для проверки версии о его очаге и причине.

Значение пожарно-технической экспертизы. Доказательственное значение ПТЭ состоит в том, что заключение эксперта является самостоятельным видом доказательств и позволяет объективно установить очаг, причину пожара и другие обстоятельства, необходимые для решения вопроса о возбуждении уголовного дела, его квалификации и доказывании вины.

Профилактическое значение заключается в выявлении причин и условий, способствовавших возникновению пожаров, что позволяет разрабатывать целенаправленные меры пожарной безопасности, вносить предложения по совершенствованию нормативных требований. Существенное значение ПТЭ имеет и для страховщиков, и для судов при распределении гражданско-правовой ответственности за ущерб от пожара.

Перспективы совершенствования. Развитие ПТЭ связано с применением автоматизированных информационных систем, стандартизацией экспертных методик, использованием цифровых методов трёхмерной фиксации обстановки места пожара, нейросетевых моделей распознавания очаговых признаков и расчётных комплексов моделирования пожаров, что повышает достоверность и обоснованность выводов эксперта.

Пожарно-техническая экспертиза является важнейшим инструментом установления объективной истины при расследовании пожаров. Её сущность состоит в специальном исследовании закономерностей возникновения и развития горения, а значение – в получении доказательств, обеспечении справедливого правосудия и разработке эффективных мер профилактики пожаров. [9] Дальнейшее совершенствование ПТЭ должно идти по пути стандартизации методик, цифровизации экспертного производства и подготовки квалифицированных экспертных кадров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 № 174-ФЗ (с изм. и доп.) // Собрание законодательства РФ. – 2001. – № 52 (ч. I). – Ст. 4921.

2. Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» (с изм. и доп.) // Собрание законодательства РФ. – 2001. – № 23. – Ст. 2291.

3. Приказ МЧС России от 21.12.2020 № 640 «Об утверждении методических рекомендаций о порядке государственного пожарного надзора».

4. Мегорский, Б. В. Методика определения места возникновения пожара / Б. В. Мегорский. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. – 164 с.

5. Чешко, И. Д. Экспертиза очага пожара: учеб. пособие / И. Д. Чешко, Ю. Д. Моторыгин, Д. С. Лапин [и др.]. – СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2010. – 302 с.

6. Голяев, А. В. Судебная пожарно-техническая экспертиза. Методология / А. В. Голяев, Ю. Д. Моторыгин, И. Д. Чешко. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2018. – 233 с.

7. Иванов, Е. Н. Расследование поджогов / Е. Н. Иванов. – М.: РИО ВНИИПО МВД СССР, 1989. – 96 с.

8. Карасев, Е.В. Бариев А.Р. Пожарно-техническая экспертиза: электронное учебное пособие / Карасев, Е.В. Бариев А.Р. - – Иваново, ООНИ ИПСА ГПС МЧС России. 2015. – 236 с.– URL: https://ipsa.ru (дата обращения: 15.10.2026).

9. Пожарно-техническая экспертиза: учебно-методическое пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2025. – 180 с.

УДК 614.842.611

В. Л. Ефименко, Р. Е. Дёминов, В. А. Ладнюк, З. А. Палагута
ФГКОУ ВО «Донецкий институт ГПС МЧС России»

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Дан обзор на классы горения металлов, описана опасность горения металлов. Приведены основные огнетушащие порошки и их составы, а также возможность применения их при тушении металлов. Описаны экономические и тактические особенности применения огнетушащих порошков.

Ключевые слова: горение металлов, сплавы, порошковые составы, огнетушащее вещество, классы горения металлов.

© Ефименко В. Л., Дёминов Р. Е., Ладнюк В. А., Палагута З. А., 2026

V. L. Efimenko, R. E. Deminov, V. A. Ladnyuk, Z. A. Palaguta

FEATURES OF USING FIRE-EXTINGUISHING AGENTS FOR METAL EXTINGUISHING

An overview of the classes of metal combustion is provided, and the danger posed by metal combustion is described. The main fire-extinguishing powders and their compositions are presented, along with the possibility of using them to extinguish metal fires. The economic and tactical features of using fire-extinguishing powders are described.

Key words: combustion of metals, alloys, powdered compositions, fire extinguishing agent, classes of metal combustion.

Пожар класса Д – это возгорание горючих металлов и их сплавов. Их относят к особой категории возгораний, возникающих при горении металлов и металлических сплавов. Такие пожары отличаются крайне высокой температурой горения, специфическими химическими реакциями и повышенной опасностью при тушении.

Горение металлов, их сплавов, металлосодержащих веществ, в т.ч. металлоорганических веществ согласно ГОСТ 27331-87 подразделяются на 3 класса:

Класс D1 – Горение легких металлов, за исключением щелочных (например: алюминия, магния и их сплавов);

Класс D2 – Горение щелочных и других подобных металлов (например: натрия, калия);

Класс D3 – Горение металлосодержащих соединений (например: металлоорганических соединений, гидридов металлов) [1, с. 3].

В принципе все металлы, за исключением благородных (VIII группа), должны хорошо гореть на воздухе при нагревании. Однако в действительности это не так. Способность металлов к горению на воздухе определяется свойствами образующихся продуктов – оксидов. Многие оксиды металлов тугоплавки, температура их плавления выше 1000 °С, а некоторые плавятся даже при 2000–3000 °С и выше. Такие оксиды покрывают поверхность горящего металла, изолируя его от воздуха.

Воспламенение металлов наблюдается, при относительно низкой температуре. Однако процессы их горения сильно экзотермичны, и поэтому многие из них, покрываясь оксидной пленкой, быстро разогреваются, плавятся, а многие начинают даже испаряться (температуры могут достичь 3000 °С и выше), т.е. металлы горят с поверхности расплава и в виде паров.

Парообразование часто приводит к резкому разрушению оксидных пленок с разбрызгиванием капель расплава металла и его оксида и интенсифицирует горение. Это отличительная черта от органических материалов.

В зависимости от негорючей основы смеси выделяют три основные группы порошков на основе:

– бикарбонатов щелочных металлов;

– фосфорно-аммонийных солей;

– хлоридов щелочных металлов.

Наиболее распространёнными отечественными огнетушащими порошковыми составами (ОПС) являются:

ПСБ-3 – механическая смесь бикарбоната натрия с химически осажденным мелом (углекислым кальцием), тальком и аэросилом АМ-1-300 (кремнийорганическая добавка). Предназначен для тушения ЛВЖ, ГЖ, растворителей, сжиженных газовых фонтанов, электроустановок под напряжением 1000 В. Можно применять для пожаротушения в сочетании с огнетушащей пеной.

ПС-1 – смесь карбоната натрия с графитом и стеаратов тяжелых металлов: 95–96 % соды, 1–1,5 % графита, улучшающего текучесть; 0,5–3 % стеарата металла (магния, цинка, кальция). Предназначен для тушения горящих щелочных металлов и их сплавов.

СИ-2 – мелкозернистый силикагель марки МСК (50 %) насыщенный хладон 114В2 (50 %). Предназначенный для тушения многих горючих веществ, в том числе пирофорных, кремнийорганических соединений, а также гидридов металлов.

ПХК – 90 % хлорид калия. Предназначенный для тушения пожаров класса Д, относится к порошкам специального назначения. [3 с. 72]

В практике для тушения металлов для тушения применяются огнетушащие порошковые составы специального назначения (ОПСН). При создании рецептуры таких составов учитывают несколько факторов. Основное вещество, определяющее этот состав (от 80 до 95 % объема), не должно содержать в молекуле атом кислорода и не вступать с металлом в химическую реакцию; ОПСН должны иметь определенный фракционный состав; ОПСН не должны слёживаться в процессе хранения, что достигается включением в их состав антислеживающих гидрофобизирующих добавок и обладать рядом других эксплуатационных свойств в соответствии с общепринятыми техническими требованиями. Применяются порошковые составы специального назначения на основе хлоридов щелочных металлов. [2 с. 2]

Экономическая особенность применения порошков для тушения металлов в подразделениях МЧС определяется спецификой этого огнетушащего вещества: стоимостью, значительным удельным расходом и особыми условиями хранения, что приводит к отличию в использовании порошков общего назначения. Расход порошков общего назначения составляет 2–5 кг/м^2, а для тушения металлов – 30–50 кг/м^2. В отдельных случаях, как например для тушения стружки титана, расход достигает 45 - 48 кг/м^2. К примеру, порошок ПХК, стоит около 11850 рублей за 30 кг, а порошки общего назначения стоят на порядок дешевле. Подразделения вынуждены нести дополнительные расходы для организации специализированных складов, контроль микроклимата и

своевременное обновление запасов порошка, что не требуется при хранении других веществ.

Тактические особенности применения порошков сложный аспект тушения металлов, поскольку не существует универсального порошка, так порошки на основе хлорида натрия эффективны для магния, натрия, калия, но не подходят для лития. Существует особенность и в нанесении. Так при нанесении порошка необходимо аккуратно, без создания аэровзвеси создавать равномерное покрытие. Это необходимо для предотвращения поднятия в воздух горящих частиц металла. Поэтому и применяются специальные насадки-распылители.

Целесообразность применения порошков для тушения металлов не определяется прямой экономией. Их использование — это вынужденная необходимость, обусловленная невозможностью применения других средств (вода, пена, газ) без риска взрыва или усугубления пожара. Затраты на закупку, логистику и хранение этих порошков являются «платой за безопасность», поскольку альтернативой может стать катастрофический ущерб от неконтролируемого горения металлов на промышленных объектах, который многократно превышает стоимость самого дорогого огнетушащего состава. Необходимо развивать направление по поиску универсальных средств тушения, поскольку горение металлов – это пожар особого рода. Аспектами которого являются колоссальный материальный ущерб, угрозы взрывов, отравления, распространения на большие территории. Дальнейшее развитие такого пожара может привести к техногенной катастрофе, поэтому важно использование специальных средств и оснащение этими средствами как подразделений пожарной охраны, так и предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная техника. Классификация пожаров ГОСТ 27331-87 (СТ СЭВ 5637-86) / В.М. Переведенцев. – Москва : офиц. издание, 1988. – 4 с.

2. Особенности горения и тушения металлов и гидридов металлов с применением огнетушащих порошковых составов Габриэлян С.Г., Чибисов А.Л*., Смирнова Т.М. Федеральное Государственное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны» (ФГУ ВНИИПО) МЧС России, мкр. ВНИИПО, д.12, г.Балашиха, Московская область, 143903, Россия 2009 г.

3. Пожаровзрывобезопасность. Огнетушащие вещества: учебное пособие / Н.Я. Илюшков. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. – 123 с.

УДК 614.842

Е. С. Жилкин, М. М. Данилов, А. Н. Денисов
ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ УЧАСТНИКОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА КАК ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассматривается идентификация лиц, выполняющих задачи при тушении пожара и связанных с ним аварийно-спасательных работах. Разграничиваются нахождение в зоне пожара и функциональное участие в работах. Предлагаются функциональный профиль, классификация участников и порядок фиксации задач для совершенствования управления и безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, тушение пожара, участники тушения пожара, функциональная идентификация, руководитель тушения пожара, привлеченные силы, безопасность.

G. S. Zhilkin, M. M. Danilov, A. N. Denisov

FUNCTIONAL IDENTIFICATION OF FIRE SUPPRESSION PARTICIPANTS AS A BASIS FOR IMPROVING INCIDENT MANAGEMENT AND SAFETY

The article considers the identification of persons performing tasks during fire suppression and related emergency rescue operations. It distinguishes presence in the fire zone from functional involvement and proposes a functional profile, a classification of participants, and a task-recording procedure to support incident management and safety.

Keywords: fire safety, fire suppression, fire suppression participants, functional identification, incident commander, attracted forces, safety.

Введение

Тушение пожара часто требует одновременной работы подразделений пожарной охраны, аварийных служб, специалистов объекта и привлеченных организаций. При этом для управления важно знать не только, какая организация прибыла, но и какую задачу выполняет конкретное лицо, где оно работает, каким опасностям подвергается и с кем поддерживает связь.

Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ закрепляет полномочия руководителя тушения пожара (РТП) по организации действий, привлечению сил и средств, определению границ зоны пожара и организации связи [5]. Однако нахождение человека в зоне пожара само по себе не определяет его функциональную роль. Цель исследования - предложить практический подход

© Жилкин Е. С., Данилов М. М., Денисов А. Н., 2026

к идентификации участников тушения пожара для организации взаимодействия и обеспечения безопасности.

Материалы и методы

Нормативную основу составили Федеральный закон № 69-ФЗ, Боевой устав подразделений пожарной охраны, утвержденный приказом МЧС России от 16.09.2024 № 777, и приказ МЧС России от 13.01.2025 № 19 о пожарно-спасательных гарнизонах и привлечении сил и средств [2, 3, 5]. Дополнительно учтены нормативные акты об аварийно-спасательных службах, добровольной пожарной охране и техническом регулировании [1, 4, 6], а также ранее опубликованная работа авторов и исследования травматизма личного состава [7–10].

Применен метод функциональной декомпозиции: «лицо → задача → место работы → опасные факторы → управление». Такой подход позволяет описывать участника не только по ведомственной принадлежности или должности, но и по выполняемой в конкретный момент функции.

Разграничение присутствия и участия в тушении

Следует различать три признака: нахождение человека в зоне пожара; выполнение им определенной работы; непосредственная связь этой работы с тушением пожара или обеспечением связанных с ним аварийно-спасательных работ. Например, собственник объекта или очевидец может находиться в зоне пожара, не выполняя оперативной задачи. Напротив, специалист энергоснабжающей организации, привлеченный для отключения электроустановки, выполняет функцию, обеспечивающую безопасную работу пожарных подразделений.

Следовательно, функциональное участие целесообразно фиксировать при наличии конкретной задачи, связанной с тушением или обеспечением этих работ. Это методический подход к организации информации, а не самостоятельное определение нового правового статуса.

Функциональный профиль и классификация

Предлагается описывать участника с помощью профиля, включающего: S - организационную принадлежность; F - выполняемую функцию; Z - местоположение; H - опасные факторы; T - время выполнения задачи; R - ресурсы, компетенции и полномочия; C - канал управления и связи. Профиль должен обновляться при изменении задачи, места работы или опасностей.

Для практического применения предлагается выделять четыре функциональные группы (табл. 1). Классификация определяется выполняемой задачей, а не только организацией, к которой относится человек.

Таблица 1. **Функциональная классификация лиц, вовлеченных в тушение пожара**

Функциональная группа	Содержание функции	Примеры и основные опасности
I. Непосредственное тушение	Разведка, спасание, локализация, подача огнетушащих веществ	Подразделения пожарной охраны; тепло, дым, токсичные продукты горения, обрушение
II. Техническое и инженерное обеспечение	Отключение систем, обеспечение водой, техническая помощь	Энергетики, газовая служба, водоканал; ток, газ, давление, движение техники
III. Аварийно-спасательное и медицинское обеспечение	Поиск, спасание, деблокирование, первая помощь	АСФ и медицинские бригады; обрушение, дым, повторное воздействие опасных факторов
IV. Взаимодействие и обеспечение доступа	Ограждение, регулирование доступа, освобождение подъездов, сопровождение	Полиция, охрана объекта и иные службы; транспорт, паника, вторичные опасности

Практическое применение

При привлечении новой службы следует зафиксировать организацию и конкретную задачу, определить место ее выполнения, ответственного за взаимодействие, основные опасные факторы и необходимые меры безопасности. При изменении задачи или перемещении участника профиль обновляется; после завершения работы фиксируются окончание задачи и выход из опасной зоны.

Например, запись «энергетики - 2 человека» не отражает содержания работы. Более информативна запись: «тыл, сектор № 2 - отключение вводного устройства - ответственный: начальник тыла - связь по радиоканалу - начало 14:18, завершение 14:31». Аналогично фиксируются обеспечение водой, прекращение подачи газа, предоставление технологических сведений и регулирование доступа.

Функциональная идентификация позволяет РТП получать сведения о фактическом распределении задач, контролировать их выполнение и соотносить меры безопасности с характером работы. При этом специалист, отключающий электроустановку, и пожарный, работающий в дымовой зоне, требуют разных мер защиты. Основная логическая связь подхода: «функция → опасность → мера безопасности».

Структура функционального профиля

Таблица 2. **Структура функционального профиля**

Элемент	Что фиксируется	Пример
S - организация	Организационная принадлежность	Электросетевая организация
F - функция	Конкретная задача	Отключение вводного устройства
Z - место	Участок выполнения работы	Электрощитовая, сектор № 2
H - опасности	Основные опасные факторы	Электрический ток, дым
T - время	Начало и завершение задачи	14:18–14:31

Элемент	Что фиксируется	Пример
R - ресурсы	Компетенции, допуск, средства защиты	Допуск, средства индивидуальной защиты
C - управление	Ответственный и канал связи	Начальник тыла, радиосвязь

На первом этапе профиль может вестись на бумаге, затем - в электронном журнале или оперативной информационной системе. Цифровизация не является обязательным условием подхода: первостепенно единообразие фиксируемых сведений и наличие обратной связи о принятии, выполнении и завершении задачи.

Обсуждение

Предлагаемый подход развивает ранее рассмотренную авторами проблему идентификации участников тушения и учета угроз их здоровью [8]. Для дальнейшего анализа происшествий важно связывать данные не только с подразделением или организацией, но и с конкретной функцией, временем, местом и воздействовавшими опасными факторами. Переносить показатели травматизма пожарных на привлеченных водителей или специалистов иных организаций без сопоставимых данных нельзя. Эффект подхода в части снижения травматизма и повышения эффективности тушения требует отдельной проверки на фактическом материале [7, 9, 10].

Заключение

Функциональная идентификация позволяет перейти от учета присутствующих на пожаре лиц к описанию фактически выполняемых задач. Предложены функциональный профиль из семи элементов, классификация четырех групп и порядок обновления сведений при изменении задачи или места работы. Модель может использоваться для постановки задач, организации взаимодействия и дифференциации мер безопасности, не заменяя полномочий РТП и действующих нормативных механизмов. Следующий этап исследования - апробация карточки функциональной идентификации и накопление сопоставимых данных для последующей количественной оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей : Федеральный закон от 22.08.1995 № 151-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7746/ (дата обращения: 22.09.2026).

2. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ : приказ МЧС России от 16.09.2024 № 777 : зарегистрирован в Минюсте России 12.11.2024 № 80117. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_490326/ (дата обращения: 22.09.2026).

3. Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах и Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ : приказ МЧС России от 13.01.2025 № 19 : зарегистрирован в Минюсте России 06.03.2025 № 81467. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_500389/ (дата обращения: 22.09.2026).

4. О добровольной пожарной охране : Федеральный закон от 06.05.2011 № 100-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113763/ (дата обращения: 22.09.2026).

5. О пожарной безопасности : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 04.08.2026). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 22.09.2026).

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 22.09.2026).

7. Евдокимов В. И., Путин В. С., Ветошкин А. А., Артюхин В. В. Обстоятельства производственного травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2010–2020 гг.) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 5–19. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-5-19.

8. Жилкин Е. С., Данилов М. М., Денисов А. Н., Еловиков Э. В. Идентификация участников тушения пожара и анализ угроз их здоровью // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : материалы X Международной научно-практической конференции. В 2 ч. Ч. 1. М. : Академия ГПС МЧС России, 2026. С. 78–81. ISBN 978-5-9229-0300-4.

9. Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Маштаков В. А. [и др.]. Оценка допустимого риска травмирования личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 1. С. 40–49. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-40-49.

10. Кондашов А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю. Специфика производственного травматизма личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России по причине «личная неосторожность» // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2023. № 2. С. 89–98. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-2-89-98.

УДК 667.6

М. Р. Заватрова, В. П. Зарубин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЗАЩИТНЫХ ПРОПИТОК ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

В статье представлен систематический анализ существующих средств и методов огнебиозащитной обработки деревянных конструкций. Детально изучены специфические проблемы, возникающие при защите древесины уже возведенных и долгое время эксплуатируемых зданий. Сформулированы научно обоснованные требования и предложена физико-химическая концепция перспективного состава пропитки, способной обеспечить глубокое проникновение и длительную защиту без необходимости демонтажа конструкций.

Ключевые слова: обзор, огнезащита древесины, эмали, пропитка для защиты древесины, пожарная безопасность, пожаротушение, температурная стойкость.

M. R. Zavatrova, V. P. Zarubin

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF PROTECTIVE IMPREGNATIONS FOR WOOD

The article presents a systematic analysis of existing means and methods of fire and bioprotection treatment of wooden structures. Specific problems arising when protecting wood in buildings that have already been erected and have been in use for a long time have been studied in detail. Scientifically grounded requirements have been formulated, and a physicochemical concept of a promising impregnation composition has been proposed — one capable of ensuring deep penetration and long-term protection without the need to dismantle the structures.

Keywords: overview, fire protection of wood, enamels, impregnation for wood protection, fire safety, fire extinguishing, temperature resistance.

Деревянное домостроение остается одним из наиболее популярных и экологичных направлений в строительстве. Однако древесина относится к горючим биоразлагаемым материалам. Поэтому важным этапом при строительстве является обработка строительного материала составами, снижающими старение древесины и обеспечивающими огнезащиту. Особую сложность представляет обеспечение пожарной и биологической безопасности уже построенных и долгое время эксплуатируемых зданий. По данным МЧС России, более 70 % пожаров в частном секторе происходят в деревянных домах старше 15–20 лет. При этом большинство стандартных огнезащитных обработок теряют свою эффективность уже через 2–5 лет либо не подходят для нанесения на ветхую, ранее обработанную древесину.

© Заватрова М. Р., Зарубин В. П., 2026

Таким образом разработка универсальной эффективной пропитки для новых строений и строений, находящихся в эксплуатации, является важной и актуальной задачей.

Технология пропитки новых деревянных материалов, используемых для строительства, включает в себя пропитку огнебиозащитными составами на основе солей фосфора, бора и аммония с последующей термической обработкой под давлением в автоклаве. Такая технология применяется для свежих, высушенных до определенной влажности изделий из дерева (доска, брус), без каких-либо декоративных покрытий до процесса строительства [1].

Применение такой методики для возведенного и эксплуатируемого сооружения невозможно. Для таких строений необходимо, первоначально, проводить комплексный осмотр на предмет состояния, поражения плесенью и грибками, наличие повреждений, нанесенных насекомыми и только после этого делать выбор в пользу того или иного пропитывающего состава. Так, для защиты от гниения применяют составы (антисептики), уничтожающие плесень и создающие барьер для ее повторного образования. Для защиты от насекомых, разрушающих древесину, рекомендуют применять инсектицидную пропитку для борьбы с вредителями. Для защиты от огня необходимо применение огнезащитных составов [2 – 3]. Поочередное применение указанных выше составов продлит срок службы деревянного строения и защитит от преждевременного разрушения или пожара. Однако применение трех различных составов для обработки достаточно трудоемкий и финансово затратный процесс. Поэтому рынок предлагает составы, содержащие в себе сразу несколько необходимых компонентов. Применяя такие комбинированные составы сокращается время на проведение работ по нанесению материала на защищаемую поверхность при сохранении необходимой степени защиты [4].

Водорастворимые солевые и несолевые антисептики.

Состав: Бораты (динатрий, октаборат, тетрагидрат), фториды, четвертичные аммониевые соединения (ЧАС), триазолы.

Преимущества: Высокая диффузионная способность во влажной древесине, пожаробезопасность при нанесении, отсутствие летучих органических соединений (VOC).

Недостатки: Солевые составы склонны к вымыванию (гигроскопичность солей) и образованию белесого налета (высолов).

Масляные и восковые пропитки (натуральные и модифицированные)

Состав: Льняное, тунговое масло, карнаубский и пчелиный воск, терпентиновые растворители, живичный скипидар.

Преимущества: Полная паропроницаемость, глубокое гидрофобизирование волокон, эластичность, отсутствие шелушения и растрескивания со временем.

Недостатки: Повышенная пожароопасность древесины до полимеризации масел, низкая фунгицидная активность без специальных добавок, длительный срок сушки (до 48–72 ч).

Кремнийорганические и силикатные составы.

Состав: Алкилсиликонаты калия, силаны, силоксановые эмульсии, жидкое стекло со стабилизаторами.

Преимущества: Минерализация приповерхностного слоя древесины, образование водоотталкивающего барьера на молекулярном уровне без закупорки пор, высокая термическая стойкость.

Недостатки: Высокие требования к влажности древесины при обработке (не более 12–15 %), хрупкость при локальных деформациях массива.

Комплексные огнебиозащитные составы.

Состав: Фосфаты аммония, карбамид, полифосфаты, биоцидные синергисты.

Преимущества: Перевод древесины в I или II группу огнезащитной эффективности по ГОСТ Р 53292-2009, уничтожение плесени и деревоточцев.

Недостатки: Высокая коррозионная активность к металлическому крепежу (гвоздям, скобам, накладкам), гигроскопичность при относительной влажности воздуха выше 75 %.

Применение указанных выше составов позволит решить вопрос ко защите деревянного строения от какой-то конкретной опасности или решить вопрос защиты в комплексе.

Заявленный срок службы у разных составов отличается, и ориентироваться стоит на характеристики конкретного продукта, а не на общее значение.

До 7 лет — типичный заявленный срок для составов, которые работают в условиях повышенной влажности или на улице.

10–15 лет — срок, на который рассчитаны составы для помещений со стабильным микроклиматом, без прямого контакта с осадками.

Реальный срок службы зависит от условий эксплуатации: во влажной среде и на солнце защитный слой разрушается быстрее, чем в сухом отапливаемом помещении.

Таким образом к выбору состава для обработки деревянных строений необходимо подходить ответственно с учетом множества факторов. Лучшим способом защиты деревянной конструкции является комплексная защита на этапе строительства. В случае с построенными и уже эксплуатируемыми домами и строениями вопрос защиты стоит достаточно остро и для его решения необходимо учесть ряд особенностей. Так, например, первоначальным может быть вопрос о прочности какого-либо деревянного элемента конструкции. В случае сильного поражения конструктивного элемента грибком или насекомыми применение защитных составов уже не целесообразно. Требуется проведение замены элемента. Наличие декоративных покрытий несущих стен и перекрытий зданий и сооружений значительно ограничивает область применения защитных составов. В этом случае рекомендуется, максимально, освободить защищаемые поверхности для проведения качественной пропитки. Высокая сухость и растрескивание вносят свои коррективы в технологию нанесения защитных составов. Выше сказанное означает, что для обработки

эксплуатируемых деревянных построек нужен индивидуальный подход в каждой конкретной ситуации. Анализ существующих пропиток и специализированных составов позволяет сделать заключение, что к таки строениям, в большинстве случаев, подойдет состав на основе наноэмульсионных интумесцентных кремнийорганических систем. Такая пропитка объединяет глубокую капиллярную инфильтрацию (15–30 мм), вспучивающийся огнезащитный эффект, биологическую защиту и водонепроницаемость при сохранении паропроницаемости. Соблюдение правильной технологии нанесения такого состава защитит деревянные конструкции от негативного влияния окружающей среды и снизит пожарную опасность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров А.Л., Легкова И.А. Новый подход к огнезащите текстильных материалов, древесины и ее производных. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. С. 281-286.

2. Скрипко И.А., Никифоров А.Л., Ульева С.Н., Легкова И.А., Колобов М.Ю. Оценка влияния породы древесины на эффективность огнезащитной обработки промышленными антипиренами. // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2026. №2 (86). С. 129-135.

3. Никифоров А.Л., Кравцов А.С., Легкова И.А., Ульева С.Н., Колобов М.Ю. Оценка эффективности снижения показателей пожарной опасности древесины и ее производных, обработанных огнезащитными составами. // Современные наукоемкие технологии. 2026

4. Жуков, В. Е. Выбор способа подготовки поверхности металлических конструкций для нанесения огнезащитных материалов / В. Е. Жуков, В. П. Зарубин // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 года. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2023. – С. 121-126.

УДК 623:614.84

К. В. Зайцева
Военная академия радиационной, химической и биологической защиты
им. Маршала Советского Союза С. К. Тимошенко

КОМПЛЕКСНЫЙ ВЫБОР АНТИПИРЕНОВ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ ОБМУНДИРОВАНИЯ И СНАРЯЖЕНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Статья посвящена сравнительному анализу промышленных антипиренов и изготовленных из подручных средств. Представлены результаты испытаний на воспламеняемость образцов обмундирования и их же после воздействия ГСМ по ГОСТ Р 50810-95, а также на токсикологию согласно ГОСТ 32436-2013.

Ключевые слова: антипирены, огнестойкость, воспламеняемость, обмундирование военнослужащих, токсикология.

K. V. Zaiceva
Military Academy of NBCD named after S.K. Timoshenko

A COMPREHENSIVE SELECTION OF FLAME RETARDANTS FOR FIRE PROTECTION OF MILITARY UNIFORMS AND EQUIPMENT

The article is devoted to a comparative analysis of industrial flame retardants and those made from improvised means. The results of flammability tests of uniform samples and of the same samples after exposure to fuels and lubricants in accordance with GOST R 50810-95 are presented, as well as toxicology tests in accordance with GOST 32436-2013.

Keywords: flame retardants, fire resistance, flammability, military uniforms, toxicology

Огнестойкость текстильных материалов характеризует их способность сопротивляться воздействию пламени и термическому разрушению, определяя степень безопасности изделий, изготовленных из этих материалов. Для военнослужащих, выполняющих задачи в зоне проведения специальной военной операции, важно, чтобы обмундирование не вспыхивало при контакте с открытым пламенем и не поддерживало горение после удаления источника огня. Опыт боевых действий показывает, что при попадании кумулятивного снаряда в технику военнослужащие внутри подвергаются огневому воздействию, не успевая покинуть технику и сбросить полыхающую одежду. К тому же, ввиду активного применения противником беспилотных летательных аппаратов по передовым и тыловым подразделениям, часто возникают возгорания вооружения и военной техники, помещений и окружающих предметов. А в огнеопасный сезон вооружённые формирования активно применяют беспилотные летательные аппараты для массового поджога

© Зайцева К. В., 2026

позиций подразделений. В связи с вышеизложенным, необходимость повышения огнестойкости обмундирования военнослужащих от воздействия огня в различных условиях боевых действий определяет актуальность данного направления исследования.

На основе проведённого анализа патентной литературы [1–3] установлено, что основными способами придания огнестойкости текстильным материалам являются обработка тканей растворами антипиренов на стадии финишной отделки полотна и нанесение огнестойких покрытий на поверхность материала.

Для проведения испытаний обмундирования на огнестойкость были взяты следующие образцы ткани: костюм летний х/б (65 % хлопок, 35 % полиэстер), комплект демисезонный ВКПО (98 % полиамид, 2 % эластан).

Для эксперимента были выбраны промышленные пропитки для дерева: Neomid, Гиацинт FlameGuard, Барьер. Промышленные составы применялись в готовом виде согласно инструкциям производителей.

Кроме того, существуют огнезащитные составы из подручных средств, которые можно изготовить в полевых условиях во время подготовки к выполнению боевой или специальной задачи, в том числе в зоне проведения СВО. Подобные огнезащитные пропитки позволяют добиться не меньшей эффективности в области повышения огнестойкости обмундирования и снаряжения военнослужащих. Состав 1 — карбонат натрия, борная кислота, вода (соотношение 1:3). Состав 2 — борная кислота, тетраборат натрия, вода (255 г буры, 120 мл борной кислоты, 3,8 л воды). Состав 3 — «жидкое стекло» (разведение водой 1/5). Состав 4 — хлорид аммония, фосфат аммония, вода (200 г хлорида аммония, 1 л воды, 100 г фосфата аммония). Состав 5 — диаммонийфосфат 3 %, сульфат аммония 5 %, тетраборат натрия 2 %, вода 90 %.

Испытания на воспламеняемость проводились по ГОСТ Р 50810-95 [4]. Образцы размером 170×220 мм обрабатывались составами методом орошения при массовой доле 10–50 %, сушились 6–12 часов, после чего подвергались воздействию пламени газовой горелки в течение 4 секунд. Фиксировались время остаточного горения, наличие пробежки пламени, загорание или тление хлопчатобумажной ваты, длина обугленного участка.

Результаты испытаний хлопчатобумажных образцов представлены в табл. 1, а результаты испытаний синтетических образцов — в табл. 2. По результатам экспериментов, выполненных по методике ГОСТ Р 50810–95, все пропитки могут использоваться для обработки обмундирования, выполненного из хлопчатобумажных материалов, но для дальнейших исследований были взяты все промышленные образцы и огнезащитные составы № 4, № 2 и № 1 показали наилучшие результаты по времени воспламенения.

Все составы, кроме состава Neomid, могут использоваться для обработки комплекта демисезонного ВКПО, т.к.данный состав образовывал агломерации на поверхности ткани из капель нанесенного состава.

Далее по той же методики были проведены испытания образцов обмундирования после воздействия на них ГСМ, а именно бензина и дизельного топлива. Для большей наглядности полученные результаты представлены в виде диаграмм (рис. 1, 2).

Таблица 1. **Испытаний хлопчатобумажных образцов на воспламеняемость**

Состав	Массовая доля, %	Время воспламенения, с	Характер горения
Без обработки	0	3	Устойчивое горение
Состав 1	50	25	Слабое тление
Состав 2	50	22	Слабое тление
Состав 3	50	15	Тление
Состав 4	50	35	Слабое тление
Состав 5	50	18	Тление
Neomid	50	45	Тление, самозатухание
Гиацинт FlameGuard	50	35	Тление, самозатухание
Барьер	50	40	Тление, самозатухание

Таблица 2. **Испытаний синтетических образцов на воспламеняемость**

Состав	Массовая доля, %	Время воспламенения, с	Характер горения
Без обработки	0	2	Устойчивое горение
Состав 1	50	13	Тление
Состав 2	50	12	Тление, самозатухание
Состав 4	50	15	Тление, самозатухание
Состав 3	50	10	Тление
Состав 5	50	12	Тление
Neomid	50	-	Не подходит
Гиацинт FlameGuard	50	11	Тление
Барьер	50	9	Тление

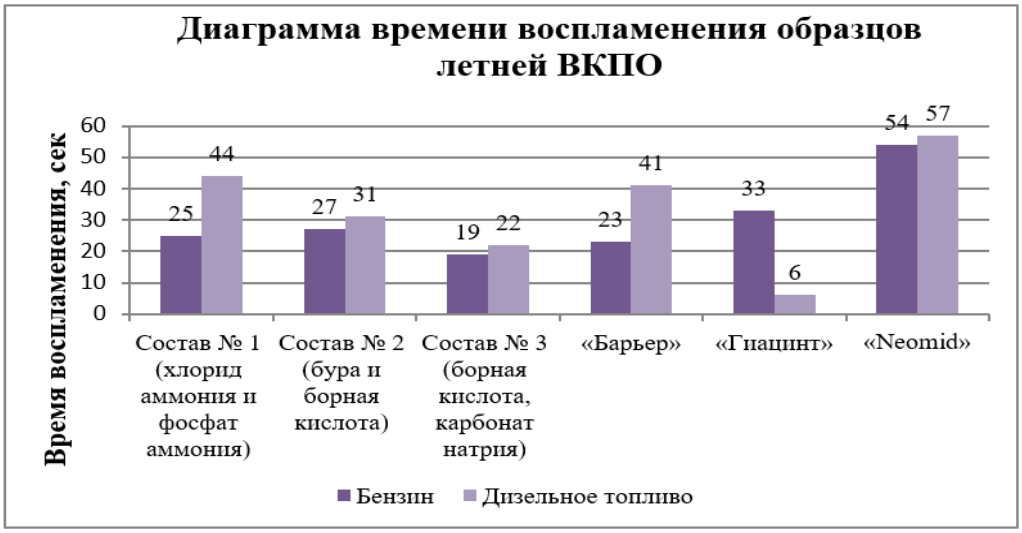


Рис. 1. Диаграмма времени воспламенения образцов летней ВКПО

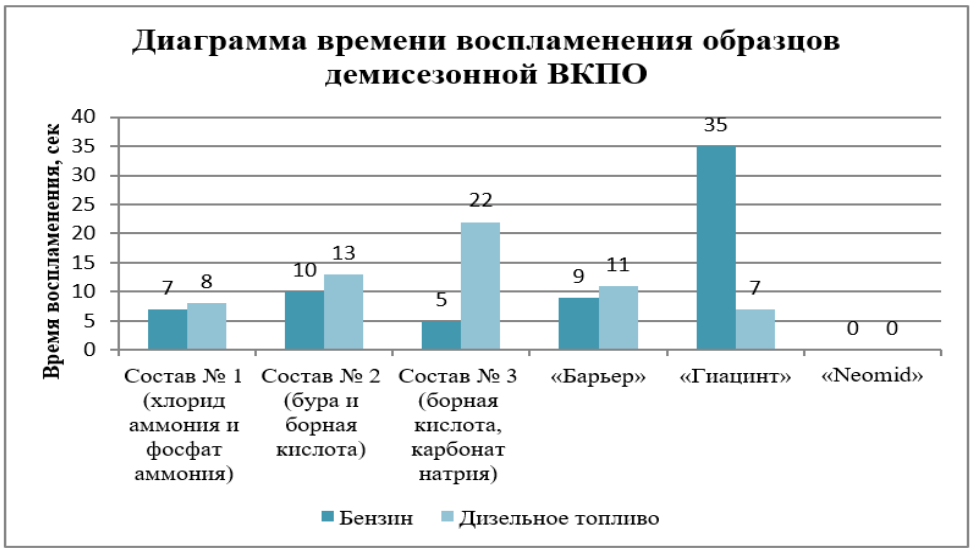


Рис. 2. Диаграмма времени воспламенения образцов демисезонной ВКПО

Оценка раздражающего действия проводилась в соответствии с методическими положениями ГОСТ 32436-2013 [5]. В качестве биологических объектов использовались лабораторные белые мыши массой 20–25 г. Значения индекса раздражения интерпретировались следующим образом: при значениях от 0 до 0,5 раздражающее действие отсутствует; при значениях от 0,6 до 2,0 отмечается слабое раздражающее действие; при значениях более 2,0 раздражающее действие считается выраженным [5].

Результаты первичного осмотра мышей через 15 минут после нанесения показали появление слабой эритемы при использовании составов 3 и 5, в то время как при воздействии остальных рецептур визуально выраженные кожные реакции отсутствовали. Через 1 час у животных не регистрировалось отёков и покраснения кожи, за исключением мышей, на которых были нанесены составы 3 и 5. Через 24 часа после нанесения у всех экспериментальных животных отмечалось незначительное покраснение кожи, носившее кратковременный характер и не сопровождавшееся выраженным отёком или повреждением кожных покровов. По истечении 72 часов кожные реакции полностью регрессировали у животных, подвергшихся воздействию большинства исследуемых составов. Исключение составили рецептуры 3 и 5, для которых сохранялись слабовыраженные признаки эритемы без признаков прогрессирования. Полученные данные свидетельствуют о том, что огнезащитные рецептуры 3 и 5 обладают слабым раздражающим действием, что позволяет отнести их к условно допустимым для применения при обработке обмундирования, при этом остальные исследованные составы характеризуются низким уровнем токсикологического воздействия и могут считаться безопасными при соблюдении регламентов применения. Токсикологическая оценка проводилась для однократного контакта, тогда как в реальных условиях эксплуатации обмундирования контакт может быть многократным и продолжительным, что требует дополнительных исследований.

Проведённые испытания показали, что для огнезащиты обмундирования военнослужащих могут применяться как промышленные антипирены, так и составы, изготовленные из подручных средств. По результатам испытаний на воспламеняемость, после воздействия ГСМ, а также токсикологической оценки все исследованные пропитки могут использоваться для обработки обмундирования из хлопчатобумажных материалов, однако для синтетических материалов часть составов оказалась непригодной (состав Neomid для не подходит, так как образует агломерации на поверхности ткани).

По итогам проведенных исспытаний были разработаны следующие рекомендации по применению:

1. для хлопчатобумажного обмундирования ВКПО применять огнебиозащитный состав Neomid с массовой долей нанесения 50 %; при отсутствии промышленных средств использовать состав из борной кислота и буры с массовой долей нанесения 50 %;
2. для синтетических элементов ВКПО (комплект демисезонный) применять составы 3 или 5 с массовой долей нанесения 50 %, а при их отсутствии использовать состав 2 или состав 4;
3. составы 3 и 5 применять с осторожностью, контролируя кожные реакции, так как они обладают слабым раздражающим действием и отнесены к условно допустимым;
4. обработку обмундирования повторять после стирки, контакта с ГСМ и загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НПБ 257-2002. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкая мебель. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. [Текст]. – Введ. 2003-01-01. – М.: Приказ ГУГПС МЧС России № 57, 2002. – 23 с.

2. Сайт вики-проекта и интернет-сообщества «wikiHow». Как сделать ткань огнестойкой. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Источник: https://ru.wikihow.com (дата обращения 22.09.2026).

3. Смирнов Н.В. Руководство [Текст]: Способы и средства огнезащиты текстильных материалов / Н.В. Смирнов, Н.И. Константинова. – М.: ВНИИПО, 2004. – 48 с.

4. ГОСТ Р 50810–95. Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на огнестойкость и классификация [Текст]. – Введ. 1995-08-29. – М.: Постановление Госстандарта России, 1995. – 9 с.

5. ГОСТ 32436–2013. Материалы и изделия текстильные. Метод определения острого раздражающего действия на кожу [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

УДК 614.849

И. Ф. Зенкова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны»

К ВОПРОСУ О РЕГУЛИРОВАНИИ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

Подготовлен аналитический обзор отдельных положений нормативных правовых актов Российской Федерации и нормативных документов по пожарной безопасности, направленных на обеспечение качества работ по техническому обслуживанию и ремонту систем пожаротушения, установленных на транспортных средствах.

Ключевые слова: пожарная безопасность, системы пожаротушения, техническое обслуживание и ремонт, мобильная горная техника, добровольная сертификация.

I. F. Zenkova

ON REGULATION OF MAINTENANCE AND REPAIR OF FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS INSTALLED ON VEHICLES

An analytical review of certain provisions of regulatory legal acts of the Russian Federation and regulatory documents on fire safety aimed at ensuring the quality of maintenance and repair of fire extinguishing systems installed on vehicles has been prepared.

Key words: fire safety, fire extinguishing systems, maintenance and repair, mobile mining equipment, voluntary certification.

В настоящее время пунктом 15 части 1 статьи 12 Федерального закона о «О лицензировании отдельных видов деятельности» [1] установлено, что деятельность по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений относятся к лицензируемым видам деятельности в области пожарной безопасности.

Исчерпывающий перечень работ и услуг, составляющих данный вид деятельности, приведен в положении о лицензировании, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации (далее - Положение) [2].

При этом, в целях развития требований Федерального закона о «О лицензировании отдельных видов деятельности» [1], Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – Технический регламент) [3], Положения [2], а также требований Правил

© Зенкова И. Ф., 2026

противопожарного режима в Российской Федерации [4], соответствующими приказами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии утверждены и введены в действие национальные стандарты, устанавливающие требования к проектированию, монтажу, техническому обслуживанию, ремонту, эксплуатации, а также методам испытаний на работоспособность системам (их элементам) и средствам противопожарной защиты.

Указанные национальные стандарты включены в перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Технического регламента [5], (пункты 83, 96 – 103.1 и 109)

Исходя из изложенного следует, что требования вышеуказанных нормативных правовых актов Российской Федерации и нормативных документов по пожарной безопасности распространяются на системы (элементы систем) и средства противопожарной защиты, монтаж, техническое обслуживание и ремонт которых осуществляется в зданиях, сооружениях.

При этом, ряд современных производств используют либо производят дорожные транспортные средства, в комплектации которых предусмотрено наличие систем пожаротушения.

Возьмем в качестве примера обеспечение пожарной безопасности мобильной горной техники.

Требования пожарной безопасности на самоходные мобильные машины, предназначенные для перевозки людей, погрузки и доставки материалов, а также для работы с навесным оборудованием в подземных горных выработках, установлены национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 70298-2022 (ИСО 19296:2018) «Оборудование горно-шахтное. Самоходные машины для подземных горных работ. Требования безопасности» (далее – ГОСТ Р 70298-2022) [6].

Положениями раздела 4.13 ГОСТ Р 70298-2022 установлено, что на всех машинах должно быть предусмотрено место для системы пожаротушения. При этом, в случае, «если температура всех поверхностей ниже 150 °С, то установка системы пожаротушения может не потребоваться в соответствии с местными требованиями».

Кроме того, для определения потребности в системе пожаротушения должна быть проведена оценка пожарного риска. При необходимости система пожаротушения «должна охватывать выявленные зоны повышенного риска и обеспечивать возможность запуска системы из кабины».

Далее, разделом 6.1.1 ГОСТ Р 70298-2022 определено, что «комплект поставки машины должен, в том числе, включать информацию, идентифицирующая риски, связанные с конкретными опасностями пожара, и конкретная информация по снижению опасностей».

Таким образом, системы пожаротушения, устанавливаемые на мобильную горную технику, представляю собой сложное техническое устройство и имеют особую специфику функционирования.

Соответственно, для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту указанных систем пожаротушения, включая проверку их работоспособности, необходимо привлекать специализированные организации, имеющие в своем составе квалифицированный (компетентный) персонал, а также соответствующие поверенные средства измерения и испытательное оборудование.

Следует отметить, что отношения, возникающие, в том числе, при применении и исполнении обязательных требований к продукции, а также связанным с требованиями к продукции процессам (включая эксплуатацию), регулирует Федеральный закон «О техническом регулировании» [7]. В главе 4 закона приведены положения, касающиеся подтверждения соответствия, одной из целей которого является «содействия приобретателям, в том числе потребителям, в компетентном выборе продукции, работ, услуг».

При этом, подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить как обязательный, так и добровольный характер. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

организация, имеющая намерение оказывать вышеперечисленные услуги, вправе, в целях обеспечения их качества, вправе пройти добровольное подтверждение соответствия в форме добровольной сертификации в соответствии с положениями статьи 21 Федерального закона «О техническом регулировании» [7].

предлагаемый подход целесообразно использовать в отношении любых транспортных средств, при эксплуатации которых предусмотрено наличие системы пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О лицензировании отдельных видов деятельности: Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 2011. № 19. Ст. 2716.

2. Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений: постановление Правительства Рос. Федерации от 28.07.2020 № 1128 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2020. № 32. Ст. 5276.

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 2008. № 30 (ч. 1). Ст. 3579.

4. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 16.09.2020 № 1479 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2020. № 39. Ст. 6056.

5. Приказ Росстандарта от 28 ноября 2025 года № 2594 «Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». URL: https://base.garant.ru/413173355/.

6. Приказ Росстандарта от 25 августа 2022 года № 808-ст «Об утверждении ГОСТ Р 70298-2022 (ИСО 19296:2018). Национальный стандарт Российской Федерации. Оборудование горно-шахтное. Самоходные машины для подземных горных работ. Требования безопасности». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200192851?ysclid=mv5dzx4w9e490825788/.

7. О техническом регулировании: Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 2002. № 52 (ч.1). Ст. 5140.

УДК 004.896

И. П. Иванов, Д. П. Посевин, И. Е. Беляев, Н. Е. Амбросий
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ВОЗГОРАНИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Представлены результаты сравнительного анализа нейросетевых архитектур D-FINEl, YOLOXn, YOLO9c, RT-DETRv2r18 для детектирования лесных пожаров на изображениях. Исследована эффективность моделей с использованием метрик mAP и Recall. Результаты подтверждают лидерство D-FINEl по качеству распознавания и высокую пригодность легких моделей YOLOX для интеграции в системы мониторинга лесных пожаров с ограниченными вычислительными ресурсами.

Ключевые слова: Компьютерное зрение, детектирование возгораний, нейронные сети, машинное обучение, D-FINE, YOLO, RT-DETR, оценка метрик, полнота, аморфные объекты.

I. P. Ivanov, D. P. Posevin, I. E. Belyaev, N. E. Ambrosii

COMPARATIVE ANALYSIS OF NEURAL NETWORK ARCHITECTURES FOR FIRE DETECTION IN IMAGES

This paper presents the results of a comparative analysis of neural network architectures, including D-FINEl, YOLOXn, YOLO9c, and RT-DETRv2r18, for wildfire detection in images. The performance of the models was evaluated using mAP and Recall metrics. The results confirm the leadership of D-FINEl in terms of recognition quality and

© Иванов И. П., Посевин Д. П., Беляев И. Е., Амбросий Н. Е., 2026

detection completeness, as well as the high suitability of lightweight YOLOX models for deployment in resource-constrained forest fire monitoring systems.

Keywords: Computer vision, fire detection, neural networks, machine learning, D-FINE, YOLO, RT-DETR, metric evaluation, recall, amorphous objects.

Обнаружение лесных пожаров на ранних стадиях их распространения представляет собой одну из наиболее значимых задач мониторинга окружающей среды, поскольку своевременная реакция позволяет минимизировать экологический и материальный ущерб. В последние годы применение различных видов авиационных систем, стационарных вышек и систем компьютерного зрения стало основным технологическим направлением в решении данной проблемы [1]. Однако при реализации программно-аппаратных средств автоматического обнаружения возгорания на изображениях возникают некоторые сложности, обусловленные физической природой объекта: факел пламени не обладает фиксированной геометрической формой, непрерывно изменяет контуры и экранируется плотными дымовыми завесами.

Целью данной работы является исследование и сравнение эффективности современных нейросетевых архитектур, таких как D-FINEl [2], YOLO9c [3], YOLOXn и RT-DETRv2r18, для решения задачи автоматизации обнаружения пожаров на изображениях.

Отбор архитектур выполнен по результатам предварительного сравнения моделей обнаружения на наборе COCO 2017 согласно критериев приведенных в таблице.

Таблица. **Оптимальные модели по критериям применения**

п/н	Критерий	Модель	mAP	FPS
1.	Максимальная точность	D-FINEl	0.56	17.8
2.	Сбалансированные средние сети	YOLO9c	0.52	32.0
3.	Компактные модели	RT-DETRv2r18	0.47	41.6
4.	Максимальное быстродействие	YOLOXn	0.26	66.6

Для адаптации выбранных моделей к условиям рассматриваемой прикладной области проводилось их дополнительное обучение на специализированном наборе цифровых снимков, содержащих изображения лесных пожаров с последующим сопоставлением на контрольной выборке. Для оценки архитектур D-FINEl, RT-DETRv2r18, YOLO9c и YOLOXn использовались стандартные метрики задачи обнаружения объектов, однако специфика детектирования пламени требует адаптации интерпретации результатов. Поскольку пламя не имеет фиксированных границ, строгая метрика mAP@0.50:0.95 занижает оценки из-за несовпадения прямоугольной разметки и контуров огня. Поэтому базовыми критериями выбраны mAP@0.5 и Recall@0.5 с анализом кривых Precision-Recall и Recall-Confidence.

По итогам валидации возгораний на тестовой выборке модель D-FINEl достигла наибольшего показателя mAP при пороге 0.5, равного 0.452. Сверточные сети YOLO9c со значением 0.354 и YOLOXn со значением 0.337 сформировали промежуточный кластер, тогда как трансформерная архитектура RT-DETRv2r18 показала наименьшую интегральную точность 0.295. Детальное соотношение точности и полноты для исследуемых моделей представлено на рис. 1.

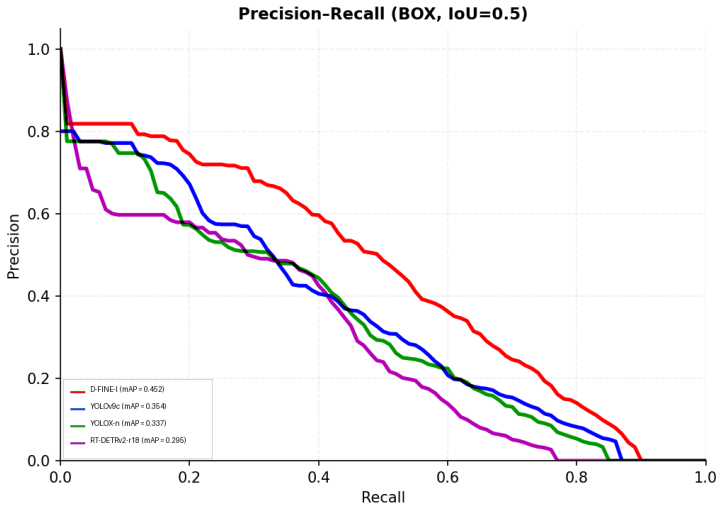


Рис. 1. Сводные кривые Precision-Recall для исследуемых моделей при пороге IoU 0.5

Кривая D-FINEl удерживает Precision выше 0.80 при Recall до 0.12, тогда как RT-DETRv2r18 падает ниже 0.60 уже при Recall 0.15–0.20, а кривые YOLO9c и YOLOXn практически совпадают на интервале 0.20–0.60.

Значение mAP при пороге 0.5 на уровне 0.452 для лидирующей модели обусловлено описанным ранее штрафом за избыточную детализацию при расчете IoU. В то время как разметка объединяет массив горения в единую габаритную область, нейронная сеть точно локализует отдельные языки пламени, из-за чего корректные мелкомасштабные предсказания не преодолевают порог пересечения с крупным эталоном и занижают формальную точность.

Таким образом, абсолютные значения метрики mAP не свидетельствуют о недостаточной эффективности моделей на практике, а лишь отражают их относительный баланс. Для всесторонней оценки целесообразно сопоставить интегральную точность с показателями полноты обнаружения при различных порогах пересечения, представленными на рис. 2.

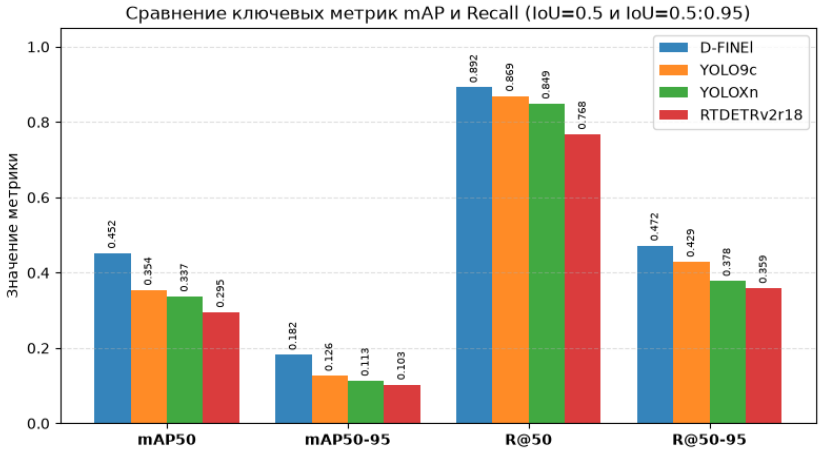


Рис. 2. Сводные метрики mAP и Recall при различных порогах пересечения

Сопоставление метрик на рис. 2 наглядно иллюстрирует специфику задачи: в то время как интегральная точность mAP50–95 у всех исследованных архитектур не превышает диапазона 0.10–0.18 из-за геометрической аморфности пламени, метрики полноты демонстрируют принципиально иную картину. В системах раннего обнаружения пожаров «цена» пропуска очага возгорания существенно превышает издержки ложного срабатывания, поэтому определяющим критерием практической пригодности выступает показатель полноты при базовом пороге R@50. Экспериментальные данные демонстрируют следующие результаты:

- модель D-FINEl достигает полноты 0.892, обеспечивая надежное обнаружение реальных очагов пожара;
- легковесные модели YOLO9c со значением 0.869 и YOLOXn со значением 0.849 уступают старшей архитектуре лишь на 2–4%, что делает сверточные сети пригодными для размещения на мобильных платформах с ограниченными ресурсами;
- трансформерная архитектура RT-DETRv2r18 показывает наименьший результат полноты — 0.768, пропуская около четверти возгораний.

Однако высокий уровень полноты R@50 фиксируется при пороге отсечения близком к нулевому значению. Для оценки того, насколько стабильно обнаружение очагов возгорания сохраняется при повышении требований к уверенности детектора, проанализированы кривые зависимости полноты от порога уверенности, представленные на рис. 3.

D-FINEl сохраняет Recall выше 0.60 при порогах уверенности до 0.40, YOLO9c и YOLOXn требуют рабочего порога 0.20–0.35, а RT-DETRv2r18 имеет наименьшую крутизну спада при жёстких порогах больше 0.65.

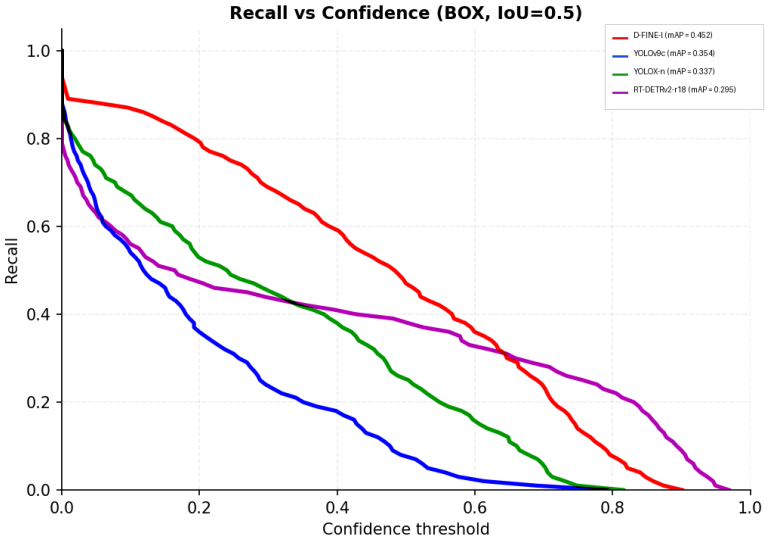


Рис. 3. Кривые зависимости полноты от порога уверенности для исследуемых моделей

Проведенное исследование показало, что из-за геометрической аморфности пламени стандартные оценки mAP занижаются штрафом за избыточную детализацию, поэтому определяющим критерием надежности систем раннего оповещения выступает показатель полноты R@50. Для высокоточного мониторинга без жестких ограничений вычислительной мощности оптимальна архитектура D-FINEl, сохраняющая чувствительность при порогах уверенности до 0.40. В условиях дефицита аппаратных ресурсов наиболее предпочтительна сверхлегкая сеть YOLOXn, обеспечивающая высокую полноту 0.849 при многократно меньших вычислительных затратах, тогда как использование утяжеленной модели YOLO9c не дает ощутимого прироста качества. Применение трансформера RT-DETRv2r18 ограничено из-за пропуска до четверти возгораний при стандартных порогах детектирования, несмотря на высокую уверенность его предсказаний на жестких фильтрах.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер темы FSFN-2024-0073.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочетков, Д. И. О возможности использования нейросетевых моделей для автоматизации обнаружения лесных пожаров / Д. И. Кочетков, Н. Д. Нащекин // Цифровые технологии: настоящее и будущее: Сборник статей по материалам III Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тольятти, 13 ноября 2024 года. – Тольятти: Частное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинская академия управления», 2024. – С. 88-92.

2. Peng, Y. D-FINE: Redefine Regression Task in DETRs as Fine-grained Distribution Refinement / Y. Peng, H. Li, P. Wu, Y. Zhang, X. Sun, F. Wu // arXiv preprint arXiv:2410.13842. – 2024. – DOI 10.48550/arXiv.2410.13842.

3. Wang, C.-Y. YOLOv9: Learning What You Want to Learn Using Programmable Gradient Information / C.-Y. Wang, I-H. Yeh, H.-Y. M. Liao // Computer Vision – ECCV 2024: 18th European Conference, Milan, Italy, September 29 – October 4, 2024, Proceedings. – Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. – P. 1-21. – DOI 10.1007/978-3-031-72751-1_1.

УДК 699.81

Д. Ю. Иванова, А. В. Косарева, А. И. Закинчак
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

В статье рассматриваются основные подходы к повышению эффективности обнаружения пожара на объектах различного назначения. Проанализированы возможности и ограничения дымовых, тепловых и мультикритериальных извещателей. Предложены практические принципы выбора и эксплуатации систем обнаружения с учётом особенностей защищаемой среды.

Ключевые слова: пожарная сигнализация, пожарный извещатель, раннее обнаружение пожара, мультикритериальный извещатель, ложное срабатывание.

D. Y. Ivanova, A. V. Kosareva, A. I. Zakinchak

IMPROVING FIRE DETECTION TECHNOLOGIES THROUGH THE INTEGRATED USE OF FIRE DETECTORS

The article considers key approaches to improving fire detection at facilities of various types. The capabilities and limitations of smoke, heat and multi-criteria detectors are examined. Practical principles for selecting and maintaining detection systems are proposed with regard to the characteristics of the protected environment.

Keywords: fire alarm system, fire detector, early fire detection, multi-criteria detector, false alarm.

Своевременное обнаружение пожара является одним из основных условий ограничения его развития и организации безопасной эвакуации людей. На начальной стадии возгорание может сопровождаться появлением дыма, ростом температуры, выделением газообразных продуктов горения или

© Иванова Д. Ю., Косарева А. В., Закинчак А. И. 2026

излучением пламени. Однако конкретные признаки зависят от вида горючего материала, условий воздухообмена и технологического процесса. Поэтому выбор средств обнаружения нельзя сводить к установке одного универсального типа извещателя.

В соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ системы пожарной сигнализации должны обеспечивать обнаружение пожара и формирование сигналов для дальнейшей работы технических средств противопожарной защиты [1]. Требования к техническим средствам пожарной автоматики, в том числе к пожарным извещателям и методам их испытаний, установлены ГОСТ Р 53325-2012 [2] и ГОСТ 34698-2020 [3]. Эти документы задают нормативную основу, но эффективность конкретного решения зависит также от правильного проектирования, размещения и обслуживания оборудования.

Цель исследования - разработать критерии выбора и комплексного применения пожарных извещателей, обеспечивающие снижение вероятности ложных срабатываний при сохранении требуемой своевременности обнаружения пожара в условиях воздействия эксплуатационных помех.

Дымовые извещатели реагируют на аэрозольные частицы, возникающие при горении или тлении. Их применение целесообразно в помещениях, где ожидается образование дыма до значительного повышения температуры. При этом запылённость, водяной пар, технологические аэрозоли и особенности движения воздуха могут влиять на работу чувствительного элемента. Следовательно, при проектировании необходимо учитывать реальную среду, а не только площадь помещения.

Тепловые извещатели обнаруживают достижение заданной температуры либо определённую скорость её роста. Они могут быть полезны в помещениях, где дымовые извещатели склонны к ложным срабатываниям из-за обычных технологических процессов. Вместе с тем тепловой признак может проявляться позднее дымообразования, поэтому такой тип не следует автоматически считать равноценной заменой дымовому обнаружению во всех условиях.

Извещатели пламени фиксируют характерное оптическое излучение открытого пламени. Их применение рассматривают для объектов, где возможно быстрое развитие пламенного горения и имеется прямая видимость контролируемой зоны. На результат влияют геометрия помещения, препятствия, внешние источники излучения и характеристики горючих веществ. Ни один из перечисленных принципов не лишён ограничений; выбор определяется сценарием возможного пожара.

Перспективным направлением является использование мультикритериальных извещателей, которые анализируют более одного признака пожара. Например, устройство может сопоставлять данные оптического дымового канала и температурного сенсора. Совместная оценка сигналов потенциально позволяет отличать опасное развитие ситуации от отдельных факторов окружающей среды. При этом алгоритм должен быть испытан для условий предполагаемого применения: само наличие нескольких датчиков ещё не гарантирует более высокой достоверности.

При выборе оборудования следует оценивать не только чувствительность, но и устойчивость к помехам, время обнаружения, возможность диагностики неисправностей, совместимость с приёмно-контрольным прибором и доступность технического обслуживания. Важно учитывать последствия как пропуска пожара, так и ложного сигнала: повторяющиеся ложные тревоги способны снижать доверие персонала к системе и приводить к неправильным действиям. Поэтому задача проектировщика заключается в обеспечении обоснованного баланса между ранним обнаружением и помехоустойчивостью.

Для помещений со сложными условиями может применяться сочетание различных типов извещателей, если оно предусмотрено проектом и нормативными требованиями. Например, в одном здании могут различаться условия в офисных помещениях, складских зонах и производственных участках. Решение должно опираться на анализ пожарной нагрузки, высоты потолков, воздушных потоков, режимов работы оборудования и вероятных начальных признаков возгорания.

Первое направление — обследование объекта до выбора извещателей. Необходимо определить вероятные источники загорания, горючие материалы, возможные помехи и особенности вентиляции. На основании этих данных выбирают принцип обнаружения и схему размещения устройств. Универсальные решения без учёта условий эксплуатации могут приводить к запоздалому обнаружению или избыточному количеству ложных тревог.

Второе направление — обеспечение корректного монтажа. Расположение извещателей должно соответствовать проекту и действующим нормативным требованиям; при этом необходимо избегать зон, в которых потоки воздуха или конструктивные препятствия ухудшают поступление продуктов горения к чувствительному элементу. Изменение планировки, установка перегородок или модернизация вентиляции требуют оценки того, сохраняется ли эффективность существующей системы.

Третье направление — регулярное техническое обслуживание. Оно включает контроль работоспособности, проверку передачи сигнала на приёмно-контрольное оборудование, анализ сообщений о неисправностях и очистку устройств в соответствии с эксплуатационной документацией. При модернизации следует проверять совместимость новых компонентов с уже установленной системой. Общие требования к техническим средствам пожарной автоматики и методам их испытаний закреплены в ГОСТ Р 53325-2012 [2] и ГОСТ 34698-2020 [3].

Четвёртое направление — использование информации о работе системы. Журнал событий позволяет выявлять зоны, в которых регулярно возникают ложные срабатывания, и устанавливать возможные причины: загрязнение, воздействие пара, ошибки монтажа или особенности технологического процесса. Такой анализ не должен подменять установленный порядок обслуживания, но помогает принимать более обоснованные решения при корректировке проекта.

Алгоритм начинается с обследования объекта и определения вероятных сценариев пожара. Затем устанавливаются ранние признаки возгорания и факторы, способные вызвать ложное срабатывание или затруднить обнаружение. По результатам сопоставления выбирают тип извещателя или их сочетание и проверяют решение по времени обнаружения, помехоустойчивости, обслуживанию и совместимости. После ввода системы в эксплуатацию анализируют события и причины ложных тревог; при изменении условий объект обследуют повторно.

Алгоритм выбора технического решения по обнаружению пожара



Рис. 1. Алгоритм выбора технического решения по обнаружению пожара

В качестве последующих действий для сравнительной экспертной оценки вариантов при предпроектном обследовании предлагаем ввести интегральный показатель пригодности:

$$K_i = w_1 D_i + w_2 P_i + w_3 R_i + w_4 M_i - w_5 F_i,$$

где K_i — оценка пригодности i-го варианта обнаружения; D_i — своевременность обнаружения; P_i — вероятность выявления пожара на начальной стадии; R_i — устойчивость к внешним помехам; M_i — ремонтопригодность и удобство обслуживания; F_i — риск ложных срабатываний; $w_1 \ldots w_5$ — весовые коэффициенты, определяемые экспертно для конкретного объекта.

Таблица 1. **Выбор типа обнаружения с учётом условий защищаемой зоны**

Условия защищаемой зоны	**Вероятный ранний признак пожара**	**Основные помехи**	**Возможное решение**
Офисные и административные помещения	Дым при тлении кабелей, мебели, полимеров	Бытовая пыль, локальные воздушные потоки	Точечные дымовые извещатели
Высокие складские помещения	Дым, поднимающийся и расслаивающийся под покрытием	Большая высота, вентиляция, трудность обслуживания	Линейные или аспирационные дымовые извещатели при нормативном обосновании
Производственные участки с паром и аэрозолями	Рост температуры, открытое пламя	Пар, технологические аэрозоли, запылённость	Тепловые, пламени или мультикритериальные извещатели — по сценарию пожара
Участки с ЛВЖ, ГЖ и горючими газами	Быстрое пламенное горение	Засветка, тепловое излучение оборудования, экранирование	Извещатели пламени; контроль загазованности в рамках проектных решений
Кабельные сооружения и серверные	Тление изоляции, раннее дымообразование	Направленные воздушные потоки, малые объёмы, загрязнение	Аспирационные либо точечные дымовые извещатели с учётом условий эксплуатации

Данная таблица носит рекомендательный характер, и не заменяет проектирование в соответствии с обязательными нормативными требованиями.

Для систематизации решений целесообразно дополнительно сопоставлять предполагаемый вид пожара, мешающие факторы и технические средства, способные обеспечить обнаружение в данных условиях (табл. 2).

Таблица 2. **Матрица «вид пожара — помеховый фактор — техническое решение»**

Вид / сценарий пожара	Помеховый фактор	Возможное техническое решение
Тление кабелей, мебели, полимеров	Пыль, аэрозоли, локальные воздушные потоки	Точечные дымовые; при повышенных требованиях к раннему обнаружению — аспирационные, если это обосновано проектом
Быстрое пламенное горение ЛВЖ/ГЖ	Экранирование зоны, постороннее ИК/УФ-излучение, засветка	Извещатели пламени подходящего спектрального диапазона с проверкой поля обзора и влияния источников излучения
Развитие пожара с быстрым ростом температуры	Обычные технологические нагревы, горячий воздух	Тепловые извещатели соответствующего класса либо мультикритериальные устройства; необходим анализ штатных температурных режимов
Горение в зоне образования пара и технологических аэрозолей	Пар, аэрозоли, запылённость	Тепловые или извещатели пламени — по ожидаемому сценарию; дымовые применять только после оценки устойчивости к помехам
Тление в серверной или кабельном сооружении	Направленные воздушные потоки, малый объём, загрязнение	Аспирационные или точечные дымовые извещатели с учётом вентиляции, доступности обслуживания и требований проекта
Пожар в высоком складском помещении	Высота, расслоение дыма, интенсивная вентиляция	Линейные дымовые или аспирационные системы; размещение и параметры подтвердить расчётом и требованиями СП 484

Совершенствование обнаружения пожара предполагает не столько замену всех извещателей одним новым типом, сколько выбор технического решения в соответствии с условиями конкретного объекта. Дымовые, тепловые и оптические извещатели имеют разные области эффективного применения и ограничения. Мультикритериальные устройства и сочетание нескольких принципов обнаружения могут повысить устойчивость системы, если их применение подтверждено характеристиками оборудования и условиями эксплуатации.

Практический результат обеспечивается комплексом мер: анализом пожарных рисков, корректным проектированием и размещением извещателей, соблюдением требований к совместимости, своевременным обслуживанием и оценкой причин ложных тревог. Такой подход способствует более надёжному обнаружению пожара и своевременной передаче сигнала для запуска предусмотренных мер противопожарной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с действующими изменениями).

2. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний.

3. ГОСТ 34698-2020. Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 2023-07-01.

4. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1).

5. СП 486.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1).

6. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» (с действующими изменениями).

7. ГОСТ Р 59638-2021. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность.

8. Жерехов, Н. Д. Здания и пожарная защита: принципы выбора систем для собственников / Н. Д. Жерехов, А. И. Закинчак // Современные проблемы обеспечения безопасности : сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28–29 апреля 2026 года. — Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2026. — С. 45–53.

УДК 66.023.23

Ю. Р. Ильичёва, З. А. Климова, Д. Н. Рассадников
Академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ АВАРИЙ НА РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОННАХ ПОЖАРООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В статье рассмотрены характерные аварии на ректификационных и связанных с ними технологических установках. На основе сопоставления причин и сценариев развития аварий выделены повторяющиеся опасные факторы и предложены меры по снижению пожарной и промышленной опасности.

Ключевые слова: ректификация, пожарная опасность, авария, разгерметизация, переполнение.

J. R. Ilicheva, Z. A. Klimova, D. N. Rassadnikov

ANALYSIS OF ACCIDENTS INVOLVING DISTILLATION COLUMNS AT FIRE-HAZARDOUS INDUSTRIAL FACILITIES

The article considers characteristic accidents involving distillation columns and associated process equipment. Comparison of accident causes and development scenarios is used to identify recurring hazardous factors and propose measures for reducing fire and process safety risks.

Keywords: distillation, fire hazard, accident, loss of containment, overfilling.

Ректификация представляет собой процесс разделения жидких смесей за счёт многократного контакта встречных потоков пара и жидкости. По высоте колонны изменяются состав фаз и температура, поэтому устойчивость процесса зависит от соблюдения материального и теплового баланса. Ректификационные установки широко применяются в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности [1]. Их пожарная опасность определяется свойствами и количеством обращающихся веществ, рабочими температурой и давлением, а также возможностью выхода горючей среды при нарушении герметичности. При нормальном режиме в углеводородной колонне, как правило, отсутствует необходимая для горения концентрация кислорода, однако при пуске, остановке, разгерметизации и подготовке оборудования к ремонту условия существенно изменяются [2].

Обобщение 900 случаев нарушений работы ректификационных колонн, выполненное H.Z. Kister, показывает, что существенную роль играют забивание и загрязнение внутренних устройств, нарушения в нижней части колонн, повреждение тарелок и насадок, а также нештатные режимы работы [3]. Для оценки того, как эти факторы проявляются в реальных авариях, рассмотрены несколько документированных происшествий. Анализ выполнялся по единой

© Ильичёва Ю. Р., Климова З. А., Рассадников Д. Н., 2026

схеме: исходное нарушение, развитие аварии, последствия и меры, способные предотвратить аналогичный сценарий.

23 марта 2005 г. на нефтеперерабатывающем заводе BP в Техас-Сити при пуске изомеризационной установки произошло переполнение рафинатной ректификационной колонны. Углеводородная жидкость поступила в систему сброса и была выброшена в атмосферу, после чего образовавшееся паровоздушное облако воспламенилось. Погибли 15 человек, более 180 получили травмы. Расследование U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) показало, что развитию аварии способствовали недостатки контроля уровня, технического обслуживания, организации пуска и системы аварийного сброса [4]. Данный случай показывает необходимость независимой защиты от переполнения, надёжного контроля уровня и автоматического прекращения подачи сырья при достижении опасных значений.

22 июля 2010 г. на предприятии Horsehead в Монаке произошли взрыв и пожар на установке переработки цинка. Частичная закупорка отстойника в нижней части колонны привела к накоплению жидкого цинка и его перегреву. Последующее разрушение оборудования сопровождалось быстрой декомпрессией и выбросом перегретого металла; два работника погибли. По материалам CSB, существенное значение имели конструктивные особенности узла и недостаточная оценка его состояния после изменений [5]. Этот пример подтверждает опасность нарушения отвода продукта и показывает необходимость проверки работоспособности оборудования после реконструкции, контроля признаков закупорки и анализа безопасности вносимых изменений.

Более новые происшествия показывают, что указанные проблемы сохраняют актуальность. 23 января 2023 г. на предприятии Honeywell в Гейсмаре при перезапуске установки произошёл катастрофический разрыв кипятильника ректификационной колонны. CSB установил, что корпус теплообменника был истончён коррозией до состояния, при котором не мог выдерживать нормальное рабочее давление; при этом технологические параметры в момент разрушения находились в проектных пределах. Необходимость замены корпуса была выявлена ранее, однако замена до аварии выполнена не была [6]. Событие показывает, что выявление дефекта не обеспечивает безопасность без своевременного ремонта или вывода оборудования из эксплуатации.

5 сентября 2023 г. на предприятии BASF TotalEnergies в Порт-Артуре пожар возник внутри экстрактивной ректификационной колонны во время её подготовки к ремонту. После остановки установки внутри аппарата присутствовали пирофорные отложения сульфида железа. При поступлении воздуха в открытую колонну их окисление привело к нагреву и возгоранию насадки; в результате пожара колонна потеряла несущую способность и обрушилась. Материальный ущерб составил около 194 млн долл. [7]. Этот случай подчёркивает опасность не только рабочего режима, но и остановки оборудования: перед вскрытием необходимы оценка наличия пирофорных

отложений, безопасная инертизация и контроль температуры внутренних устройств.

Сопоставление рассмотренных аварий показывает отсутствие одной универсальной причины. Повторяются несколько групп факторов: переполнение или нарушение отвода продукта; коррозионная деградация оборудования; недостаточный контроль технического состояния; опасные режимы пуска, остановки и ремонта; несвоевременное устранение выявленных дефектов. Эти результаты согласуются с выводами H.Z. Kister о значимости нарушений в нижней части колонн, забивания и повреждения оборудования [3]. При этом современные аварии показывают необходимость рассматривать колонну совместно с трубопроводами, кипятильниками и другими элементами технологической схемы.

Для снижения пожарной и промышленной опасности необходимо сочетание технических и организационных мер: независимый контроль критических уровней, давления и температуры; применение систем противоаварийной защиты и безопасного аварийного сброса; диагностика коррозионного состояния и контроль остаточной толщины оборудования; своевременный ремонт; анализ безопасности изменений конструкции и режима работы; специальные процедуры пуска, остановки и подготовки колонн к ремонту. Таким образом, наиболее эффективным является не отдельное мероприятие, а система независимых защитных барьеров, препятствующих переходу первоначального отклонения технологического процесса в крупную аварию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швырков С.А., Горячев А.С., Панасевич Л.Т. [и др.]. Пожарная безопасность технологических процессов: учебник / под ред. С.А. Швыркова. 2-е изд. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. 426 с.

2. Производственная безопасность. Часть 3. Пожарная безопасность: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 120 с.

3. Kister H.Z. What Caused Tower Malfunctions in the Last 50 Years? // Chemical Engineering Research and Design. 2003. Vol. 81. P. 5–26. DOI 10.1205/026387603321158159.

4. U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Refinery Explosion and Fire. BP, Texas City, Texas, March 23, 2005. Investigation Report No. 2005-04-I-TX.

5. U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Horsehead Holding Corp. Fatal Explosion and Fire. Monaca, Pennsylvania, July 22, 2010.

6. U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Three Catastrophic Hydrogen Fluoride Incidents at Honeywell Geismar. Final Investigation Report. 2025.

7. U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board. Incident Reports. Vol. 1: BASF TOTALEnergies, Port Arthur, Texas, September 5, 2023. 2025.

УДК 614.841.345:621.644

М. И. Имамутдинов, Э. Д. Муфтахова
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

ТРЕБОВАНИЯ К ВРЕМЕННЫМ СООРУЖЕНИЯМ И ПЛОЩАДКАМ ПРИ РЕМОНТЕ НЕФТЕПРОВОДА: ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЕЗ КАПИТАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

Рассмотрены особенности обеспечения пожарной безопасности временных объектов ремонтных площадок магистральных нефтепроводов — бытовых городков, сварочных постов, складов материалов и горюче-смазочных материалов. Показано, что значительная часть нормативных требований выполнима в полевых условиях за счёт мобильных и быстровозводимых решений; предложена система контроля, основанная на совмещении нарядов-допусков, чек-листов и цифровых средств фиксации.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, временные сооружения, пожарная безопасность, сварочный пост, бытовки, горюче-смазочные материалы, наряд-допуск, ремонтная площадка, мобильные средства пожаротушения.

M. I. Imamutdinov, E. D. Muftakhova

REQUIREMENTS FOR TEMPORARY STRUCTURES AND SITES DURING REPAIR OF AN OIL PIPELINE: ENSURING FIRE SAFETY WITHOUT CAPITAL SOLUTIONS

The features of ensuring fire safety at temporary facilities at repair sites for main oil pipelines — such as utility camps, welding stations, and warehouses for materials and fuels and lubricants — are considered. It has been shown that a significant portion of the regulatory requirements can be met in the field using mobile and quick-to-erect solutions; a control system has been proposed based on combining work permits, checklists, and digital recording tools.

Keywords: main oil pipeline, temporary structures, fire safety, welding station, cabins, fuels and lubricants, work permit, repair site, mobile fire-fighting equipment.

Капитальный и текущий ремонты линейной части магистральных нефтепроводов (МН) выполняются, как правило, на значительном удалении от производственных баз эксплуатирующих организаций. АО «Транснефть — Урал», эксплуатирующее одну из крупнейших региональных систем МН (Урало-Сибирские и Северо-Западные магистрали), ежегодно проводит ремонтные кампании на участках трассы протяжённостью сотни километров. В ремонтный период вдоль трассы разворачиваются временные объекты: вахтовые бытовые городки, передвижные сварочные посты, базы механизмов, склады материалов и горюче-смазочных материалов (ГСМ). Каждый из этих объектов является самостоятельным источником пожарной опасности и

© Имамутдинов М. И., Муфтахова Э. Д., 2026

одновременно размещается в непосредственной близости к потенциальному источнику крупных энергетических потерь — магистральному нефтепроводу.

Специфика проблемы состоит в принципиальном противоречии: требования пожарной безопасности традиционно «заточены» под капитальные здания и стационарные технологические установки, тогда как ремонтная площадка существует ограниченное время (от нескольких суток до одного-двух сезонов), не имеет внешнего противопожарного водоснабжения, постоянных путей подъезда пожарной техники и, зачастую, стабильной электросети. Возникает практический вопрос: какие требования нормативных документов реально выполнимы в полевых условиях без капитальных решений — и как организовать контроль их выполнения?

Требования к временным объектам ремонтных площадок рассредоточены по трём уровням.

Федеральный уровень. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устанавливает классификацию объектов защиты и общие требования к противопожарным расстояниям, путям эвакуации и средствам пожаротушения. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утв. постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479, с изменениями) прямо регулируют места разведения костров, курения, хранения ГСМ, проведения огневых работ, эксплуатации электронагревательных приборов и первичные средства пожаротушения [2, 3]. Для временных городков существенны требования к эвакуационным проходам, свойствам отделочных материалов и автономным дымовым извещателям.

Отраслевой уровень. Правила пожарной безопасности на объектах магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» (РД 13.220.00-КТН-575-06, заменивший ВППБ 01-05-99) распространяются в том числе на сторонние подрядные организации, выполняющие работы на трассе, и нормируют размещение полевых объектов относительно оси трубопровода, оснащённость средствами пожаротушения и порядок проведения огневых работ [4, 5]. Регламент организации производства ремонтных и строительных работ (ОР 15.00-45.21.30-КТН-003-1-01) и требования к подрядным организациям (РД 03.120.10-КТН-038-07) закрепляют ответственность подрядчика за обустройство стройплощадки, включая её противопожарное оснащение [6, 7]. Технологические требования к производству работ (в т. ч. сварочно-монтажных) при капитальном ремонте определены, среди прочих, правилами капитального ремонта магистральных нефтепроводов [8].

Уровень проектной документации. Конкретный состав и планировка временных объектов ремонтного участка устанавливаются проектом организации строительства (капитального ремонта), который, согласно отраслевой практике, включает раздел (подраздел) противопожарных мероприятий. Именно проект становится «передаточным звеном», переводящим федеральные и отраслевые требования в проверяемые решения конкретной площадки.

Анализ причин пожаров на ремонтных участках позволяет выделить характерные сценарии по типам объектов.

Бытовые (вахтовые) городки. Основные факторы: блок-контейнеры заводского и самодельного изготовления с горючей отделкой; электронагревательные приборы, в том числе кустарные («самодельные обогреватели» — устойчиво повторяющаяся причина пожаров в вахтовых вагончиках); курение в неустановленных местах; размещение бытовок с фактическим проживанием в охранной зоне нефтепровода. Опасность усугубляется тем, что возгорание в замкнутом объёме блок-контейнера в ночные часы, когда персонал спит, практически гарантированно приводит к травмированию людей.

Сварочные посты и места огневых работ. Сварка и резка при ремонте трубопровода выполняются непосредственно над траншеей, при этом изолирующие материалы (полимерные ленты, битумные мастики) и остатки нефти в шве создают локальную горючую нагрузку. Разлёт искр и брызг металла, обратный удар пламени при резке, повреждение шлангов газосварочного оборудования — типовые причины воспламенения. Значительную долю инцидентов составляют пожары сухой травы и лесной подстилки от искр, что особенно актуально для трасс «Транснефть — Урал», проходящих по лесным и сельскохозяйственным территориям Урала и Западной Сибири в пожароопасные периоды.

Склады материалов. Горючая нагрузка формируется изоляционными материалами, тарой, деревянными настилами и опалубкой. Опасность — кучевое хранение без разрывов, отсутствие проездов, совмещение хранения с местами курения и заправки техники.

Площадки ГСМ. Ёмкости с дизтопливом и маслами для заправки механизмов размещаются на грунте без обвалования; типичные нарушения — заправка работающей техники, разливы при переливе, отсутствие заземления при выдаче топлива, хранение промасленной ветоши. Хотя дизельное топливо относится к горючим жидкостям, его пары в жаркий период и распылённое состояние существенно повышают воспламеняемость.

Сопоставление нормативных требований с практикой организации ремонтных работ показывает, что подавляющая часть требований выполнима без капитальных вложений, но требует дисциплины исполнения и правильного выбора мобильных решений. Ниже приведены требования пожарной безопасности и реалистичные полевые решения для ремонтной площадки.

1. Противопожарные разрывы между объектами. Вместо стационарной застройки с нормируемыми расстояниями — планировка городка и складов по ПОС с разрывами 10–15 м; учитывается роза ветров и рельеф.

2. Ограждение зоны ГСМ и удержание разлива. Вместо бетонного обвалования и работающей ливневой канализации — заглублённые ёмкости или передвижные контейнеры-бочки; земляное обвалование (поддон) или надземная надрамная установка с поддоном; сорбент для локализации разливов.

3. Противопожарное водоснабжение. Вместо пожарного резервуара с насосной станцией и гидрантами — возимые цистерны, мотопомпы, приставные пожарные лестницы для забора из естественных водоёмов; нормирование запаса воды для огневых работ.

4. Пожарная сигнализация в бытовках. Вместо автоматической сигнализации с выводом на пульт — автономные дымовые извещатели в каждом блок-контейнере (стоимость минимальна, эффективность доказана практикой).

5. Эвакуационные выходы. Вместо капитальных эвакуационных путей — не менее двух выходов из каждого контейнера/модуля, незапертые двери, расчистка путей эвакуации; запрет решёток.

6. Электробезопасность. Вместо стационарных сетей с аппаратами защиты — передвижные дизель-генераторы вне городка, УЗО, термостойкая проводка, запрет нештатных обогревателе.

7. Первичные средства пожаротушения. Вместо стационарных постов с ПКП — комплект из огнетушителей (ОУ для электроустановок, ОВЭ/ОП для ГСМ), кошмы, песка, инвентаря по нормам РД-КТН на каждом объекте.

8. Контроль огневых работ. Вместо постоянно оборудованных постов — наряд-допуск, очистка радиуса 10–15 м от горючих материалов, наблюдатель с огнетушителем, осмотр места в течение 1–2 ч после окончания.

Исходя из вышесказанного, ключевой механизм — не строительство, а планировочно-организационные решения: правильная компоновка площадки, исключающая совмещение источников зажигания с горючей нагрузкой, замена капитальных систем мобильными аналогами и жёсткий локальный регламент поведения персонала.

Для бытовых городков критичное значение имеют три меры, полностью выполнимые в поле: (1) применение блок-контейнеров заводского изготовления с негорючей или трудногорючей отделкой и подтверждёнными показателями пожарной опасности — это прямое требование технического регулирования к отделочным материалам путей эвакуации; (2) автономные дымовые извещатели; (3) полный запрет открытого огня и нештатных нагревательных приборов с организацией столовой в отдельном модуле. Опыт эксплуатации вахтовых городков показывает, что именно неисполнение третьей меры даёт большинство смертельных исходов.

Для сварочных постов центральное полевое решение — «оперативный карман безопасности»: уборка горючих материалов в радиусе разлёта искр (не менее 10–15 м, при работе на высоте и при ветре — более), локальные экраны, увлажнение грунта в пожароопасный период, назначение наблюдающего и обязательный осмотр по окончании работ. Эти меры полностью предусмотрены ППР-1479 и РД-КТН-575-06 и не требуют каких-либо строительно-капитальных решений. В отличие от стационарных сварочных постов, полевой пост не имеет постоянного статуса: каждая смена огневых работ оформляется нарядом-допуском, что фактически превращает его во «временное место проведения огневых работ».

Таким образом, слабое звено — формальный контроль требований; для площадок «Транснефти» оптимальна трёхуровневая модель: входной контроль (приёмка проекта, сертификаты, аттестация подрядчика) с чек-листом допуска; ежедневный операционный контроль через объединённый чек-лист и цифровую фотофиксацию; периодические совместные обходы с тренировками, включая VR-симуляторы и выездные инструктажи. В пожароопасный сезон в лесных зонах обязательны дополнительные меры: запрет огневых работ при III–IV классах пожарной опасности (кроме случаев с экраном и дежурной мотопомпой) и обустройство минерализованных полос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 30 (ч. 1). – Ст. 1579.

2. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» (с изм.) // Собрание законодательства РФ. – 2020. – № 39. – Ст. 6239.

3. Правила пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» : ВППБ 01-05-99. – М. : АК «Транснефть», 1999. – 96 с.

4. Правила пожарной безопасности на объектах магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть» и дочерних акционерных обществ : РД 13.220.00-КТН-575-06. – М. : АК «Транснефть», 2006.

5. Регламент организации производства ремонтных и строительных работ на объектах магистральных нефтепроводов : ОР 15.00-45.21.30-КТН-003-1-01. – М. : АК «Транснефть», 2001.

6. Требования к подрядным организациям в системе ОАО «АК «Транснефть» : РД 03.120.10-КТН-038-07. – М. : АК «Транснефть», 2007.

7. Правила капитального ремонта магистральных нефтепроводов : РД 39-00147105-015-98. – Уфа : ИПТЭР, 1998.

УДК 614:8

И. А. Кайбичев
Уральский институт ГПС МЧС России

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ ПО ПРИЧИНЕ НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрена возможность применения индикатора Стохастик для прогноза роста или спада количества пожаров по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования.

Ключевые слова: количество пожаров, индикатор Стохастик, электротехническое оборудование, Российская Федерация.

I. A. Kaibichev

ANALYSIS AND FORECAST OF THE FIRE SITUATION CAUSED BY VIOLATION OF THE RULES FOR THE INSTALLATION AND OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

The possibility of using the Stochastic indicator to predict the increase or decrease in the number of fires due to violations of the rules for the installation and operation of electrical equipment is considered.

Key words: number of fires, Stochastic indicator, electrical equipment, Russian Federation.

Обстановку с пожарами по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования на территории Российской Федерации (рис. 1) можно охарактеризовать средним значением 47697 единиц, медианой 44076 единиц, стандартным отклонением 8059 единиц.

Рассмотрим возможность анализа и прогнозирования обстановки с помощью индикатора Стохастик.

Индикатор Stochastic анализирует цены аукциона закрытия торгов финансового инструмента (акции, облигации, паи) X за последние n временных периодов [1-6], определяет минимальную Ln и максимальную Hn цену. Индикатор рассчитывает параметры двух линий – быстрый (%K) и медленный (%D) стохастик

$$\%K = \frac{X - L_n}{H_n - L_n} * 100\% \quad (1)$$

Медленный стохастик представляет скользящую среднюю за m периодов

$$\%D = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} \%K_i \quad (2)$$

© Кайбичев И. А., 2026

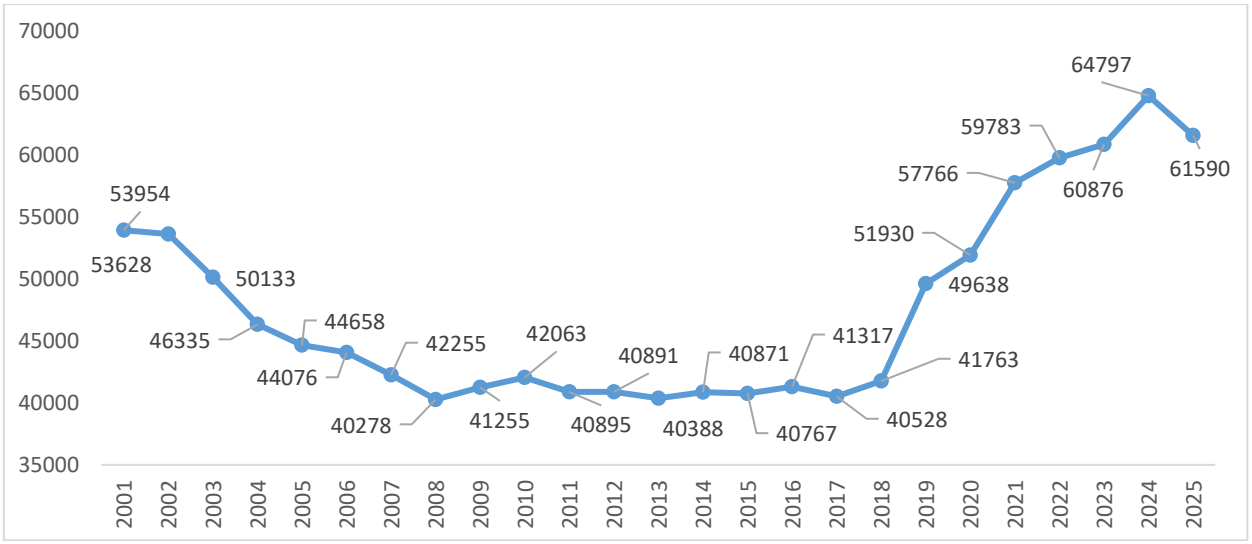


Рис. 1. Количество пожаров (ед.) по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования

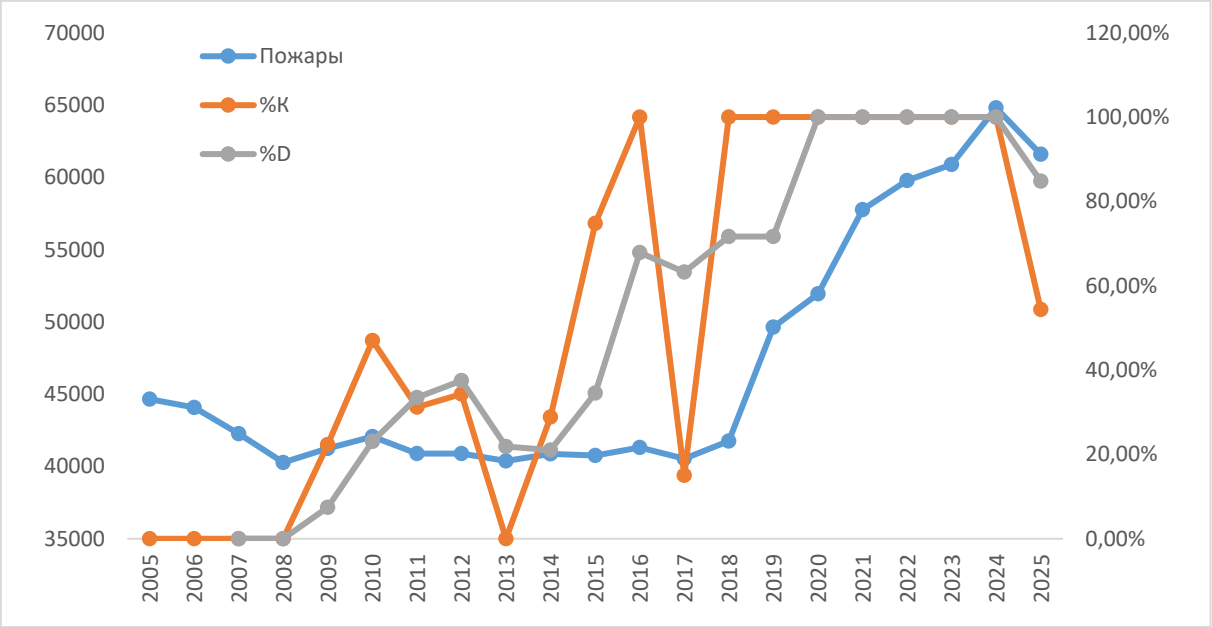


Рис. 2. Количество пожаров и индикатор Stochastic

Традиционные рекомендации использования индикатора Stochastic на фондовом рынке [1-6]:

1. рост в следующем периоде при %K в диапазоне от 0 до 20 %,
2. спад в следующем периоде при %K в интервале от 80 до 100 %,
3. рост в следующем периоде если линия %K расположена выше линии %D,
4. спад в следующем периоде если линия %K расположена ниже линии %D,

5. пересечение отметки 80 % при росте %K интерпретируется, как сигнал о вероятной остановке роста или даже начале снижения цен,

6. пересечение отметки 20 % при снижении %K интерпретируется, как сигнал о вероятной остановке падения или даже начале роста цен.

Выполним расчет индикатора (при n=5, m=3) на основе данных по количеству пожаров в Российской Федерации (рис. 2).

Проверим первое правило. Значения %K в диапазоне от 0 до 20 % наблюдаем в 2005-2008, 2013, 2014, 2017 годах. Согласно правилу, на следующие 2006-2009, 2014, 2015, 2018 годах должен происходить рост. Фактически в 2006-2008, 2015 годах наблюдали спад, рост имел место в 2009, 2014, 2018 годах. Первое правило сработало в 3 случаях из 7. Достоверность прогноза с помощью первого правила 42,87 %.

Проверим второе правило. Значения %K в диапазоне от 80 до 100 % наблюдаем в 2016, 2018 – 2024 годах. Согласно правилу, на следующие 2017, 2019 – 2025 года должен происходить спад. Фактически спад наблюдаем в 2017, 2025 годах, рост имел место в 2019 - 2024 годах. Второе правило сработало в 2 случаях из 8. Достоверность прогноза с помощью второго правила 25 %.

Проверим третье правило. Линия %K расположена выше линии %D в 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 годах. Согласно правилу, на следующие 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017, 2019, 2020 года должен происходить рост. По факту рост наблюдаем в 2010, 2016, 2019, 2020 годах. Третье правило сработало в 4 случаях из 9. Достоверность прогноза с помощью третьего правила 44,44 %.

Проверим четвертое правило. Линия %K расположена ниже линии %D в 2013, 2017, 2025 годах. Согласно правилу, на следующие 2014, 2018, 2026 года должен происходить спад. По факту в 2014, 2018 годах наблюдаем рост. Достоверность прогноза с помощью четвертого правила 0 %.

Ситуаций, когда можно проверить пятое правило, не наблюдаем.

Проверим шестое правило. В 2016 году %K=100 %, а в 2017 году %K=15,07 %. Поэтому на следующий 2018 год можно ожидать вероятной остановке роста или даже начале снижения. В реальности в 2017 году наблюдаем спад, который сменился на рост в 2018 году. Достоверность прогноза с помощью шестго правила 0 %.

В итоге можно сделать вывод, что правила применения индикатора Stochastic которые удачно применяют на фондовом рынке дают низкую достоверность прогноза для количества пожаров.

Возникает вопрос о возможной корректировке правил применения индикатора Stochastic.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Рост											
2	Год	2009	2010	2014	2016	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
3	предшествовали значения											
4	%К	0	22,11	0	74,75	15,07	100	100	100	100	100	100
5	Спад											
6	Год	2006	2007	2008	2011	2012	2015	2017	2025			
7	предшествовали значения											
8	%К	0	0	0	47	31,21	28,84	100	100			

Рис. 3. Ситуации роста или спада и предшествовавшие им значения %К

Для корректировки выделим ситуации роста или спада количества пожаров и рассмотрим предшествовавшие им значения %К (рис. 3).

После корректировки первое и второе правила принимают вид:

1. спад в следующем периоде при %К в диапазоне от 0 до 40 %,
2. рост в следующем периоде при %К в интервале от 60 до 100 %,

Ситуации значений %К в диапазоне от 0 до 40 % зарегистрированы в 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2017 годах (Рис. 4). Из 9 ситуаций спад на следующий год наблюдали в 5 случаях (2006, 2007, 2008, 2012, 2018 года). Достоверность прогноза с использованием скорректированного первого правила составила 55,56 %.

Ситуации значений %К в диапазоне от 60 до 100 % зарегистрированы в 2015, 2016, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 годах (рис. 4) Из 8 ситуаций рост на следующий год наблюдали в 7 случаях (2016, 2019, 2020. 2021, 2022, 2023, 2024 года). Достоверность прогноза с использованием скорректированного второго правила составила 87,50 %.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Первое правило после корректировки									
2	Год	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2018
3	предшествовали значения									
4	%К	0	0	0	0	22,31	31,21	34,3	0	15,07
5	Прогноз	Спад	Спад	Спад	Спад	Спад	Спад	Спад	Спад	Спад
6	Факт	Спад	Спад	Спад	Рост	Рост	Спад	Спад	Рост	Рост
7	Второе правило после корректировки									
8	Год	2016	2017	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
9	предшествовали значения									
10	%К	74,75	100	100	100	100	100	100	100	
11	Прогноз	Рост	Рост	Рост	Рост	Рост	Рост	Рост	Рост	
12	Факт	Рост	Спад	Рост	Рост	Рост	Рост	Рост	Рост	

Рис. 4. Проверка первого и второго правил после корректировки

Первое и второе скорректированные правила совместно дают достоверность прогноза 70,59 %.

В итоге показана возможность применения индикатора Stochastic для прогноза роста или спада количества пожаров по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шумков Е.А., Ботин В.А. Статистический анализ технических индикаторов // Научный журнал КубГАУ, 2010, № 64(10). - с. 78-86. EDN: NCXZBP.

2. Салютина Т.Ю., Колотов Ю.О., Платунина Г.П., Васильева И.А. Применение осцилляторных методов прогнозирования во взаимосвязи с этапами цифрового развития // Электронный научный журнал «Век качества», 2021, № 4. – с. 84-105. https://www.agequal.ru/pdf/2021/ AGE_QUALITY_4_2021.pdf EDN: ETQFMG.

3. Еремин В.В. Выбор технического индикатора для российского фондового рынка // Аллея науки, 2020, № 11(50). – с. 97-105.EDN: DLUBQH.

4. Андреев А.В., Машков Е.А., Савина О.А. Выявление характера и сравнение популярных индикаторов технического анализа фондового рынка // Информационные системы и технологии, 2022, № 6(134). – с. 39 – 45. EDN: WOJMKG.

5. Новиков А.М. К вопросу прогнозирования цен на российском фондовом рынке // Актуальные вопросы современной экономики, 2023, № 3. – с. 97 - 99. EDN: KJYJES.

6. Смирнов С.В., Олейник Е.Б., Коваленко С.С. Прогнозирование поворотных точек российского экономического цикла с помощью опережающих индикаторов // Вопросы экономики, 2023, № 10. – с. 75 – 97.DOI: 10.32609/0042-8736-2023-10-75-97. EDN: ODPSCZ.

УДК 614:8

И. А. Кайбичев
Уральский институт ГПС МЧС России

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ОБСТАНОВКИ С РАЗМЕРОМ ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ НА ПОЖАРАХ ПО ПРИЧИНЕ НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрена возможность применения индикатора RSI для прогноза роста или спада количества погибших на пожарах по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования.

Ключевые слова: количество погибших на пожарах, пожарная безопасность, индикатор RSI, электротехническое оборудование, Российская Федерация.

© Кайбичев И. А., 2026

I. A. Kaibichev

ANALYSIS AND FORECAST OF THE SITUATION REGARDING THE NUMBER OF DEATHS CAUSED BY FIRES DUE TO VIOLATIONS OF THE RULES FOR THE DESIGN AND OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

The possibility of using the RSI indicator to predict the growth or decline in the number of fatalities in fires caused by violations of the rules for the design and operation of electrical equipment has been considered.

Keywords: number of fatalities in fires, fire safety, RSI indicator, electrical equipment, Russian Federation.

Обстановку с гибелью людей на пожарах по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования на территории Российской Федерации (рис. 1) можно охарактеризовать средним значением 2254 человек, медианой 2104 человек, стандартным отклонением 438 человек.

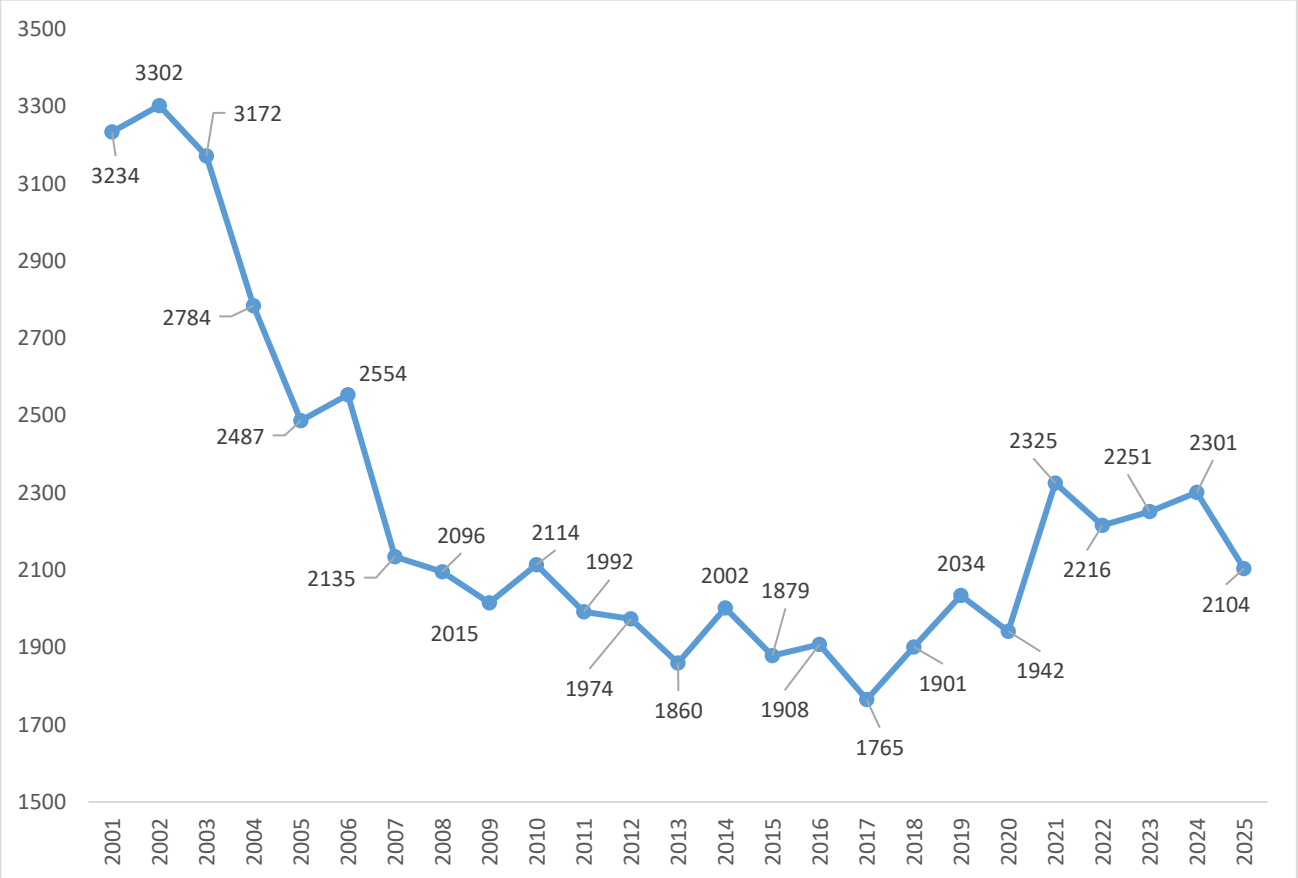


Рис. 1. Количество погибших на пожарах (чел.) по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования

В 2001-2006, 2021, 2024 годах количество погибших превышало среднее значение, в 2007-2020, 2022, 2023, 2025 годах было ниже среднего.

Рассмотрим возможность анализа и прогнозирования обстановки с помощью индикатора RSI.

Индикатор RSI (Relative Strength Index, индекс относительной силы) основан на расчете средних прироста и падения за выбранный период наблюдения (n временных периодов). В качестве среднего прироста R берут сумму всех положительных изменений цены за период, деленную на размер периода n. Для среднего падения S берут модуль суммы всех отрицательных значений, деленный на n.

Относительную силу рассчитывают по формуле

$$RS = \frac{R}{S} \quad (1)$$

Значение индикатора RSI определяют по формуле

$$RSI = 100 - \frac{100}{1+RS} \quad (2)$$

На фондовом рынке используют значение n = 5, 6. …, 14.

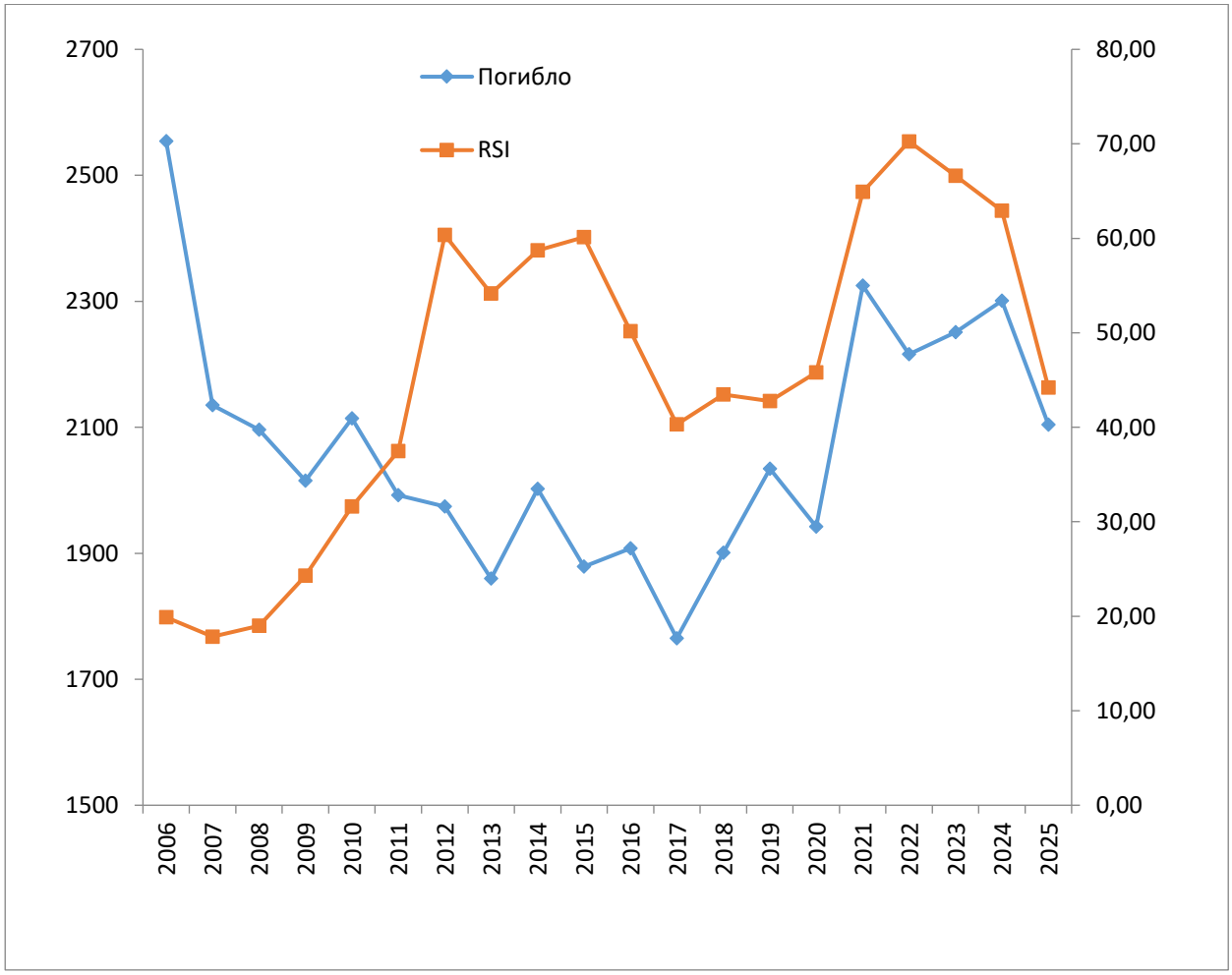


Рис. 2. Количество погибших (чел.) и индикатор RSI при n =5

Выберем n = 5. Минимальное значение индекса RSI равное 17,84 наблюдали в 2007 году (рис. 2). Максимальное значение составило 70,26.

На фондовом рынке значение RSI от 0 до 30 соответствует состоянию низких цен (возможен рост), от 70 до 100 – состоянию высоких цен (возможен спад). В диапазоне значений 30 – 70 RSI не дает информации. Пересечение значения 50 дает подтверждение тренда. Если пробой происходит снизу вверх – наблюдаем тенденцию роста, сверху вниз – спада.

Значения RSI от 0 до 30 наблюдали в 2006-2009 годах. Заметим, что в 2006 году количество погибших составило 2554 человек, что больше среднего значения 2254 человек. Достоверность оценки области низких значений на основе индикатора RSI составила 75 %.

Значения RSI от 70 до 100 наблюдали в 2022 году. Заметим, что в 2022 году количество погибших составило 2216 человек, что меньше среднего значения 2254 человек. Достоверность оценки области высоких значений на основе индикатора RSI составила 0 %.

Спад наблюдаем в 2007-2009, 2011-2013, 2015, 2017, 2020, 2022, 2025 годах (рис. 3). Спаду предшествовали значения RSI в диапазоне от 17,84 до 64,91. По сравнению с предшествующим годом значения падали на 0,9–16,41%.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Год	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2015	2017	2020	2022	2025
2	предшествовали значения											
3	RSI	19,9	17,84	18,99	31,6	37,46	60,37	60,11	50,15	42,75	64,91	62,9
4	Спад на	16,41%	1,83%	3,86%	5,77%	0,90%	5,78%	6,14%	7,49%	4,52%	4,69%	8,56%

Рис. 3. Ситуации падения количества погибших

Коэффициент линейной корреляции Пирсона между изменением значения и величиной RSI составил -0,03. Это говорит об отсутствии зависимости изменения падения от значения RSI.

Рост наблюдаем в 2010, 2014, 2016, 2018, 2019, 2021, 2023, 2024 годах (рис. 4). Росту предшествовали значения RSI в диапазоне от 23,28 до 70,26. По сравнению с предшествующим годом значения росли на 1,54 – 19,72 %.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Год	2010	2014	2016	2018	2019	2021	2023	2024
2	предшествовали значения								
3	RSI	23,28	54,17	60,11	40,30	43,48	45,81	70,26	66,63
4	Рост на	4,91%	7,63%	1,54%	7,71%	7,00%	19,72%	1,58%	2,22%

Рис. 4. Ситуации роста количества погибших

Коэффициент линейной корреляции Пирсона между изменением значения и величиной RSI составил -0,38. Это говорит об отсутствии зависимости изменения роста от значения RSI.

Проверим гипотезы:

1. При значении RSI от 0 до 50 в следующем временном периоде можно ожидать спад.

2. При значении RSI от 50 до 100 в следующем временном периоде можно ожидать спад.

Значения RSI от 0 до 50 наблюдаем в 2006–2011, 2017–2020, 2025 голах. Согласно первой гипотезе, в 2007–2012, 2018–2021, 2026 годах можно ожидать спад. В реальности спад имел место в 2007–2009, 2011, 2012, 2020 годах (6 ситуаций их 10). Достоверность прогноза по первой гипотезе составила 60 %.

Значения RSI от 50 до 100 наблюдаем в 2012–2016, 2021–2024 годах. Согласно второй гипотезе, в 2013–2017, 2022–2025 годах можно ожидать рост. В реальности рост имел место в 2014, 2016, 2023, 2024 годах (4 ситуации из 9). Достоверность прогноза по второй гипотезе составила 44,44 %.

Совместно первая и вторая гипотеза дают достоверность прогноза 52,63 %.

В целом индекс относительной силы может быть полезен при прогнозе обстановки с количеством погибших при пожарах по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования на территории Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wilder J.W. New Concepts in Technical Trading Systems. – NY: Trend Research, 1978. - 141 p.

2. Агапов К.А. Приближение индикатора ADX классическими и модифицированными SINC-аппроксимациями и исследование погрешностей // Евразийское научное объединение, 2021, № 10-1 (80). – с. 1-3. EDN: YEVTLN

УДК 614:8

И. А. Кайбичев
Уральский институт ГПС МЧС России

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ОБСТАНОВКИ С РАЗМЕРОМ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ ПО ПРИЧИНЕ НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрена возможность применения индикатора ADX для прогноза роста или спада размера материального ущерба от пожаров по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования. В результате исследования рекомендовано использовать для прогноза индекс направления DX.

Ключевые слова: размер материального ущерба, пожарная безопасность, индикатор ADX, электротехническое оборудование, Российская Федерация.

I. A. Kaibichev

ANALYSIS AND FORECAST OF THE SITUATION REGARDING THE AMOUNT OF MATERIAL DAMAGE CAUSED BY FIRES DUE TO VIOLATIONS OF THE RULES FOR THE DESIGN AND OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

The possibility of using the ADX indicator to predict the growth or decline in the amount of material damage caused by fires due to violations of the rules for the design and operation of electrical equipment has been considered. As a result of the study, it is recommended to use the DX trend index for forecasting.

Key words: the amount of material damage, fire safety, ADX indicator, electrical equipment, Russian Federation.

Обстановку с размером материального ущерба от пожаров по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования на территории Российской Федерации (рис. 1) можно охарактеризовать средним значением 5904785 тыс. руб., медианой 5435092 тыс. руб., стандартным отклонением 4127001 тыс. руб.

Рассмотрим возможность анализа и прогнозирования обстановки с помощью индикатора ADX.

Индикатор ADX (Average Directional Index) ориентирован на определение силы тренда [1]. На первом этапе рассчитывают параметры положительной +DM и отрицательной –DM направленности

© Кайбичев И. А., 2026

$$+\mathrm{DM} = \mathrm{High_i} - \mathrm{High_{i-1}} \quad (1)$$

$$-\mathrm{DM} = \mathrm{Low_{i-1}} - \mathrm{Low_i} \quad (2)$$

где $\mathrm{High_i}$ - максимум и $\mathrm{Low_i}$ – минимум цены акции или облигации в рассматриваемый временной период i.

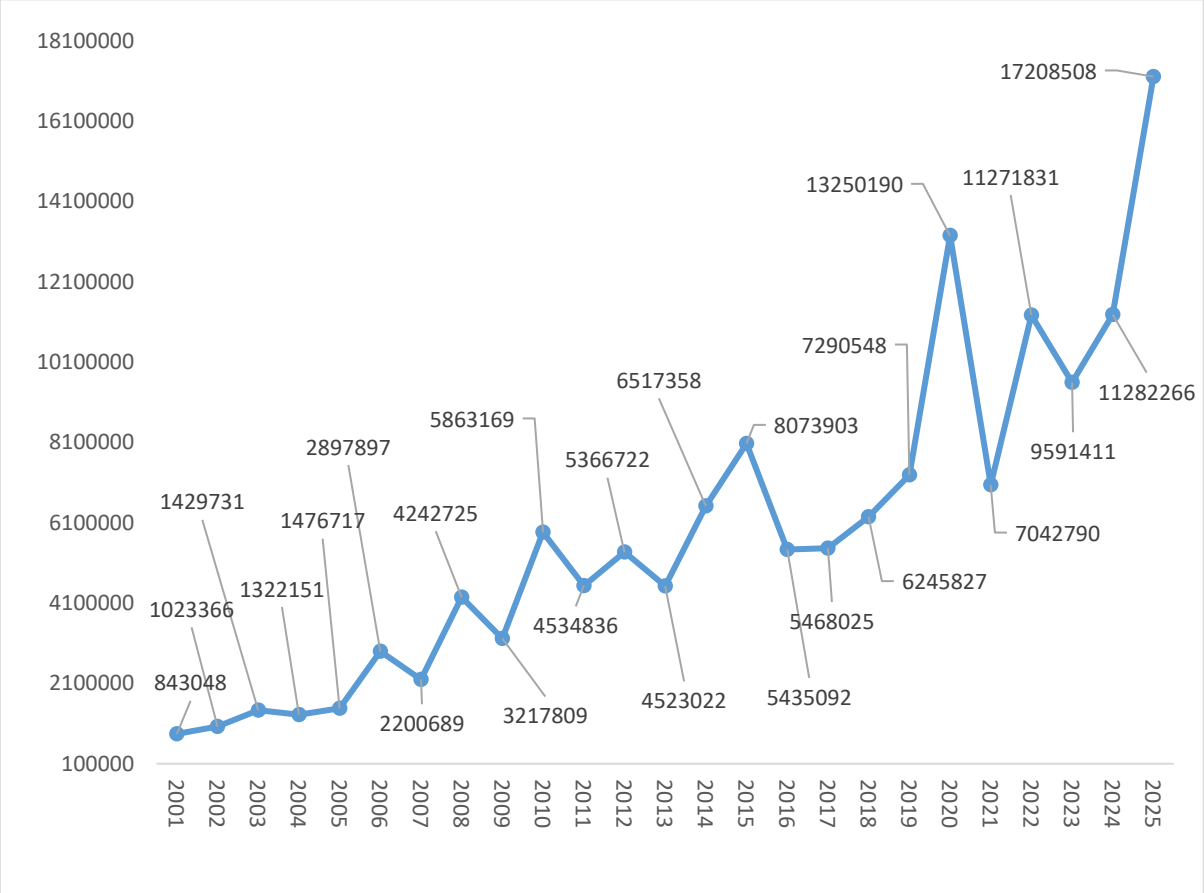


Рис. 1. Размер материального ущерба от пожаров (тыс. руб.) по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования

При рассмотрении ситуации с размером материального ущерба от пожаров наблюдаем в статистических сборниках ВНИИПО наличие значений за год, минимум и максимум отсутствуют.

Поэтому формулы (1-2) изменим

$$+\mathrm{DM} = \begin{cases} \mathrm{X_i} - \mathrm{X_{i-1}}, \mathrm{X_i} > \mathrm{X_{i-1}} \\ 0. \quad\quad\quad , \mathrm{X_i} \le \mathrm{X_{i-1}} \end{cases} \quad (3)$$

$$-\mathrm{DM} = \begin{cases} \mathrm{X_{i-1}} - \mathrm{X_i}, \mathrm{X_{i-1}} > \mathrm{X_i} \\ 0 \quad\quad\quad , \mathrm{X_{i-1}} \le \mathrm{X_i} \end{cases} \quad (4)$$

На втором этапе вычисляется истинный диапазон TR (True Range)

$$\mathrm{TR_i} = \mathrm{Max}(\mathrm{High_i}, \mathrm{Close_{i-1}}) - \mathrm{Min}(\mathrm{Low_i}, \mathrm{Cluse_{i-1}}) \quad (5)$$

где $\mathrm{Cluse_i}$ - цена закрытия в рассматриваемый временной период i.

Эту формулу можно изменить на следующую

$$TR_i = Max(X_i, X_{i-1}) - Min(X_i, X_{i-1}) \quad (7)$$

Третий этап – расчет индекса направленного движения

$$+DMI = EMA(+DM/TR, n) \quad (8)$$

$$-DMI = EMA(-DM/TR, n) \quad (9)$$

Здесь EMA - экспоненциальное скользящее среднее с периодом n.
На четвертом этапе вычисляют индекс направления

$$DX = \frac{(+DMI)-(-DMI)}{(+DMI)+(-DMI)} \quad (10)$$

Пятый этап- расчет среднего индекса направленности движения

$$ADX = EMA(DX, m) \quad (11)$$

Здесь EMA- экспоненциальное скользящее среднее с периодом m.

При расчетах использовали n=m=7 (минимальное из стандартных значений на фондовом рынке).

На фондовом рынке индикатор ADX принимает положительные значения. Введенные нами изменения в формулы расчета приводят в ряде случаев к отрицательным значениям. Поэтому рассматривать известные рекомендации по использованию этого индикатора, которые применяются на фондовом рынке не целесообразно.

Анализ графика индикатора ADX (рис. 2) показывает наличие заметных колебаний.

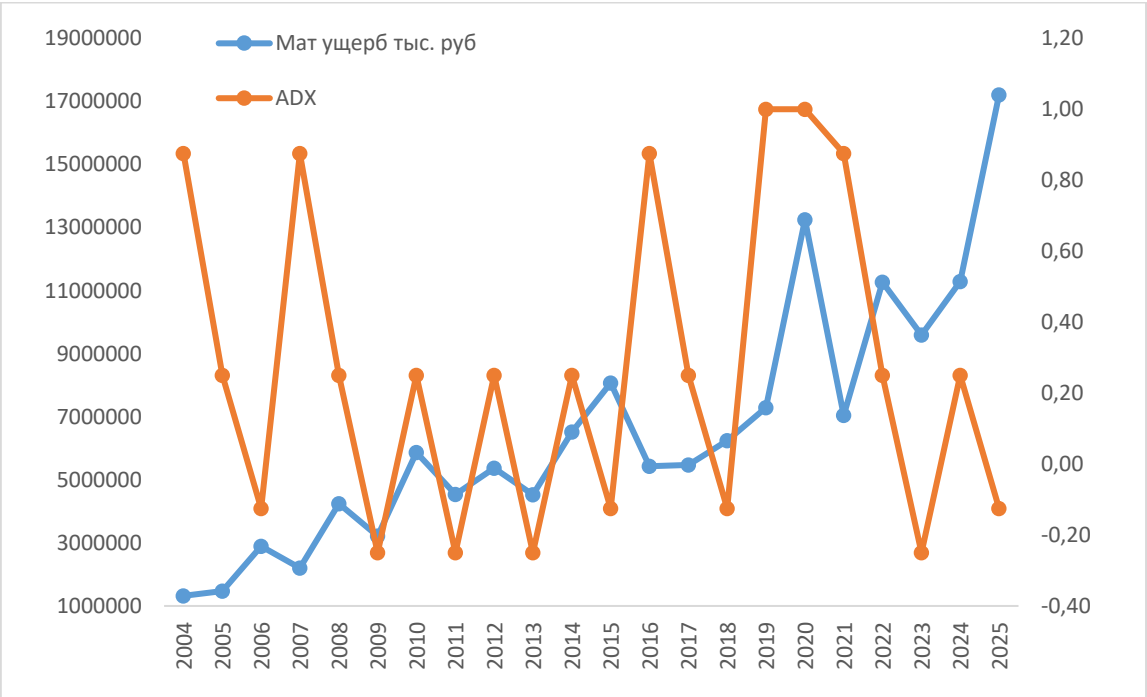


Рис. 2. Размер материального ущерба (тыс. руб) и индикатор ADX

Наблюдаем 14 ситуаций роста размера материального ущерба (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Рост														
2	Год	2005	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2022	2024	2025
3	предшествовали значения														
4	ADX	0,88	0,25	0,88	-0,25	-0,25	-0,25	0,25	0,88	0,25	-0,13	1,00	0,88	-0,25	0,25

Рис. 3. Ситуации роста размера материального ущерба

Перед ситуациями роста размера материального ущерба зарегистрированы значения индикатора ADX в диапазоне от -0,25 до 1.

Наблюдаем 7 ситуаций спада размера материального ущерба (рис. 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Спад							
2	Год	2007	2009	2011	2013	2016	2021	2023
3	предшествовали значения							
4	ADX	-0,13	0,25	0,25	0,25	-0,13	1,00	0,25

Рис. 4. Ситуации спада размера материального ущерба

Перед ситуациями спада размера материального ущерба зарегистрированы значения индикатора ADX в диапазоне от -0,13 до 1.

Области значений индикатора ADX перед ростом или спадом перекрываются. Это не дает возможности выбрать критерий роста или спада. Поэтому индикатор ADX оказался не удобен для прогнозирования роста или спада в следующем периоде.

Рассмотрим возможность использования индекса направления DX для прогнозирования. Индекс направленности DX в нашей ситуации принимал значения -0,5, 0,5, 1 (рис. 5).

Значение -0,5 зарегистрировано в 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2017, 2022, 2024 годах (8 случаев). Рост наблюдаем в 2006, 2015, 2018, 2025 годах. Спад наблюдаем в 2009, 2011, 2013, 2023 годах. Вероятность роста или спада в этом случае одинакова.

Значение 0,5 зарегистрировано в 2004, 2007, 2009, 2011, 2013, 2016, 2021, 2023 годах (8 случаев). Рост наблюдаем в 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2017, 2022, 2024 годах. Вероятность роста 1.

Значение 1 зарегистрировано в 2003, 2006, 2015, 2018, 2019, 2020, 2025 годах (7 ситуаций). Спад наблюдаем в 2004, 2007, 2016, 2021 годах. Рост наблюдаем в 2019, 2020,2021 годах. С вероятностью 0,57 происходил спад, с вероятностью 0,43 – спад.

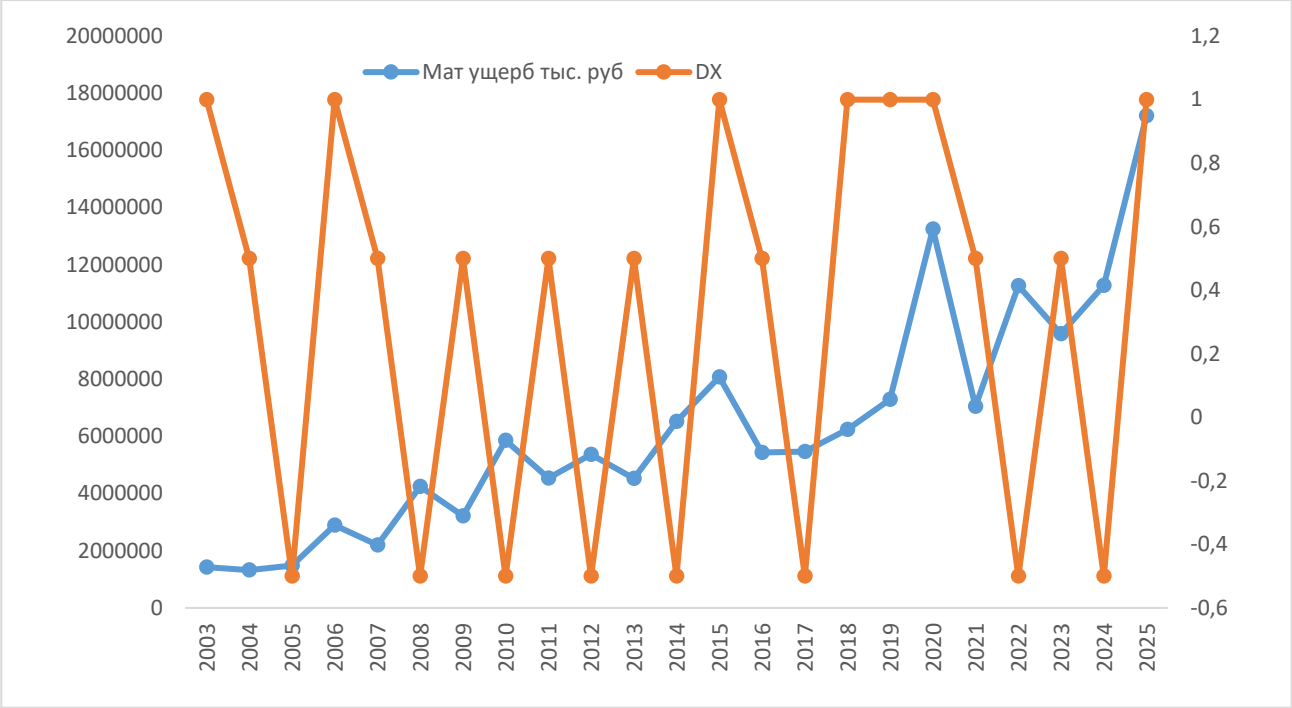


Рис. 5. Размер материального ущерба (тыс. руб) и индикатор направления DX

Предлагаем для прогнозирования роста или спада в следующем временном периоде использовать индикатор направления DX. Можно выдвинуть правила:

1. Значение индикатора направления DX=0,5 дает прогноз роста рассматриваемого показателя в следующем временном периоде.

2. Значение индикатора направления DX = 0,5 дает прогноз спада.

Проверка показала достоверность прогноза 100 % по первому правилу, по второму достоверность составила 57,14 %.

В целом достоверность прогноза спада в следующем временном периоде при значениях DX оказалась равной 80,00 %.

В целом прогнозирование обстановки с размером материального ущерба от пожаров по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования на территории Российской Федерации с помощью индикатора направления DX может оказаться полезным при планировании деятельности МЧС России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wilder J.W. New Concepts in Technical Trading Systems. – NY: Trend Research, 1978/ - 141 p.

2. Агапов К.А. Приближение индикатора ADX классическими и модифицированными SINC-аппроксимациями и исследование погрешностей // Евразийское научное объединение, 2021, № 10-1 (80). – с. 1-3. EDN: YEVTLN

УДК 614.844.2

Е. А. Карама
Уральский институт ГПС МЧС России

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЛИЧЕСТВА И РАССТАНОВКЕ ПОЖАРНЫХ ГИДРАНТОВ

В статье рассматриваются вопросы определения необходимого количества пожарных гидрантов и их рационального размещения на территории населённых пунктов и промышленных объектов. Анализируются причины, по которым традиционные подходы к проектированию систем противопожарного водоснабжения не всегда эффективны. Обосновывается необходимость применения графоаналитического подхода, позволяющего комплексно учитывать нормативный радиус действия пожарного гидранта, конфигурацию дорожной сети и особенности застройки.

Ключевые слова: пожарный гидрант, противопожарное водоснабжение, расстановка гидрантов, радиус действия, графоаналитический подход, пожарная безопасность, проектирование.

E. A. Karama

A GRAPH-ANALYTICAL APPROACH TO DETERMINING THE NUMBER AND PLACEMENT OF FIRE HYDRANTS

The article addresses the issues of determining the required number of fire hydrants and their rational placement on the territory of settlements and industrial facilities. The reasons why traditional approaches to the design of fire-fighting water supply systems are not always effective are analyzed. The necessity of applying a graph-analytical approach is substantiated, as it allows comprehensively taking into account the standard radius of action of a fire hydrant, the configuration of the road network and the specific features of building development.

Keywords: fire hydrant, fire-fighting water supply, hydrant placement, radius of action, graph-analytical approach, fire safety, design.

Система противопожарного водоснабжения играет важную роль в обеспечении пожарной безопасности объектов защиты. Надежная подача воды на цели пожаротушения во многом определяется работоспособным состоянием системы наружного противопожарного водоснабжения, важнейшим элементом которой являются пожарные гидранты.

Целью работы является повышение уровня пожарной безопасности объектов защиты посредством обеспечения надежной подачи воды на цели пожаротушения.

© Карама Е. А., 2026

Пункт 8.9 СП 8.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности» [2] содержит информацию о том, что «Расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать подачу воды с расчетным расходом на пожаротушение к любой точке обслуживаемого данной сетью здания на уровне нулевой отметки не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на наружное пожаротушение 15 л/с и более или от одного гидранта — при расходе воды менее 15 л/с с учетом прокладки рукавных линий длиной не более 200 м по дорогам с твердым покрытием».

Из анализа содержания данного пункта следует, что нормативный документ устанавливает качественное требование к расстановке гидрантов, но не определяет методику расчёта их количества.

Рассчитывая радиус действия пожарных гидрантов, определяемый как расстояние от водоисточника до наиболее удалённой точки обслуживаемого объекта защиты, производится размещение гидрантов по окружностям заданного радиуса, нанесённым на генеральный план. Однако, несоответствие между «идеальной» геометрией нормативного радиуса и реальной топологией дорог и сетей порождает проблему снижения надежности работы системы противопожарного водоснабжения.

Сущность графоаналитического метода заключается в представлении территории объекта и сети дорог с твёрдым покрытием в виде графа, состоящего из вершин и рёбер. Вершины соответствуют возможным местам установки гидрантов, углам зданий, характерным точкам на водопроводной сети и контрольным точкам обслуживаемого здания на уровне нулевой отметки. Рёбра — участки дорог с твёрдым покрытием, которые равны длинам соответствующих участков прокладки рукавных линий.

Для каждой вершины, как возможного места установки пожарного гидранта, строится зона обслуживания — множество контрольных точек здания, до которых длина кратчайшего пути по графу не превышает 200 м. Далее формируется матрица покрытия, каждый элемент которой показывает, может ли данная контрольная точка быть обслужена гидрантом в соответствующей вершине.

В отличие от метода с определением радиуса действия пожарного гидранта, где результат напрямую зависит от масштаба и точности генерального плана, графоаналитический метод опирается на проверяемую модель дорожной сети, что обеспечивает достоверность и реалистичность расчёта.

Расстановка гидрантов, полученная решением задачи покрытия, подлежит проверке по гидравлическим условиям обеспечения подачи расчетного расхода воды на цели пожаротушения.

Устанавливаются следующие ограничения:

– диаметр водопроводной сети в точке подключения должен обеспечивать подачу расчётного расхода (установка гидрантов на сетях диаметром менее 100 мм не допускается [3, 4]);

– свободный напор у гидранта при максимальном водопотреблении должен обеспечивать работу пожарных автонасосов (не менее 10 м вод. ст. по СП 31.13330.2021 [3]);

– при одновременном отборе воды от двух гидрантов, покрывающих одну контрольную точку, суммарный расход не должен приводить к падению напора ниже допустимого, что проверяется гидравлическим расчётом кольцевой или тупиковой сети [5].

Если какое-либо из ограничений нарушается, соответствующая вершина исключается из числа кандидатов и задача покрытия решается повторно [6]. Таким образом, проверочный гидравлический расчёт и расчетная модель образуют последовательный алгоритм проверки, гарантирующий не только формальное покрытие контрольных точек, но и фактическую подачу расчётного расхода воды под требуемым напором.

Предложенный метод помимо непосредственного выполнения требований п. 8.9 СП 8.13130.2020, обеспечивает учёт гидравлических характеристик сети и может быть интегрирован в геоинформационные системы для использования при разработке специальных технических условий и документов предварительного планирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ: (ред. от 04.08.2026) // Собрание законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. 1). — Ст. 3579.

2. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности: утв. приказом МЧС России от 30.03.2020 № 225: введён в действие с 01.10.2020: с изм. № 1, утв. приказом МЧС России от 25.12.2023 № 1329 с 01.03.2024. — Москва: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2020. — 24 с.

3. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: утв. приказом Минстроя России от 28.12.2021 № 916/пр: введён в действие с 29.01.2022. — Москва: Минстрой России, 2021. — 126 с.

4. ГОСТ Р 53961-2010. Техника пожарная. Гидранты пожарные подземные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Москва: Стандартинформ, 2010. — 16 с.

5. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение: учебник для вузов / Н. Н. Абрамов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Стройиздат, 1982. — 440 с.

6. Брушлинский, Н. Н. Пожарные риски. Динамика. Управление. Прогнозирование / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов, П. Вагнер. — Москва: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 370 с.

УДК 657.052.78

И. В. Клаптюк, Ю. Н. Бельшина
Исследовательский центр экспертизы пожаров ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ: МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Дается обоснование необходимости комплексного применения инструментальных методов для оценки качества огнезащитной обработки. Показано, что использование экспресс-методов анализа в сочетании с лабораторными (термический анализ, инфракрасная спектроскопия) позволяет проводить объективную и достоверную оценку фактического состояния огнезащиты на объекте, а также проследить динамику ее изменения в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: огнезащита, пожарная безопасность экспертиза пожаров, инфракрасная спектроскопия, термической анализ, огнезащитная эффективность.

I. V. Klaptyuk, Yu. N. Belshina

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF FIRE-RESISTANT TREATMENT OF BUILDING STRUCTURES: CONTROL METHODS

The rationale for the need for a comprehensive application of instrumental methods to assess the quality of flame retardant treatment is given. It is shown that the use of rapid analysis methods in combination with laboratory ones (thermal analysis, infrared spectroscopy) allows for an objective and reliable assessment of the actual state of fire protection at the facility, as well as to trace the dynamics of its changes during operation.

Keywords: fire protection, fire safety, fire investigation, infrared spectroscopy, thermal analysis, fire-retardant effectiveness

В последнее время вопросы оценки качества огнезащиты приобретают все большую актуальность. Связано это с тем, что с рынка ушли многие импортные производители, происходит замена сырья, используемого при производстве огнезащитных материалов на аналоги. Кроме того, серьезной проблемой остается присутствие на рынке контрафактной продукции. Даже успешно прошедший сертификацию материал не может гарантировать требуемого качества огнезащиты. В этих условиях особый интерес вызывает разработка и применение эффективных методов контроля качества огнезащитной обработки, способных дать объективную оценку как на этапе приемки работ, так и в процессе эксплуатации.

© Клаптюк И. В., Бельшина Ю. Н., 2026

К основным видам огнезащиты относятся: конструктивная огнезащита (напыляемые толстослойные огнезащитные составы и штукатурки и пр.) и огнезащитные интумесцентные (вспучивающиеся) покрытия и пропиточные составы. С конструктивной огнезащитой, как показывает практика, вопросы оценки качества возникают реже. В основном это касается огнезащитных вспучивающихся покрытий и пропиточных составов.

Методы испытаний средств огнезащиты, предусмотренные для объектов сертификации в СДС ПБ МЧС России, регламентированы государственными стандартами [1-5] и сводами правил [6, 7]. Согласно части 1 статьи 136 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», проверка состояния огнезащитной обработки (пропитки) при отсутствии в инструкции сроков периодичности проводится не реже 1 раза в год. Это требование устанавливает минимальную периодичность контроля, однако не определяет методы его проведения, что создает предпосылки для формального подхода к оценке качества.

Идентификационные испытания, которые могут выполняться в рамках входного контроля на соответствие применяемому для огнезащиты материалу, заявленному в технической документации, согласно нормативным документам носят рекомендательный характер. В основном запросы на них поступают при строительстве (ремонте) крупных объектов.

В рамках контрольных мероприятий надзорные органы МЧС России привлекают специалистов испытательных пожарных лабораторий. При этом непосредственно на объекте достоверно оценить качество огнезащитной обработки не представляется возможным. Для деревянных строительных конструкций разработан малогабаритный переносной прибор ПМП-1 прописанный в стандартной методике [2]. Для огнезащитных вспучивающихся покрытий непосредственно на месте можно измерить только их толщину, с помощью различного типа толщиномеров, что дает лишь косвенную информацию о состоянии огнезащиты. Использование данных средств измерения не дает ответа на ключевые вопросы: соответствует ли фактически примененный материал заявленному, сохранил ли он свои огнезащитные свойства в процессе эксплуатации, не является ли он контрафактом. Ответить на них можно только при проведении дополнительных лабораторных исследований.

Отдельно нужно отметить, что задача анализа качества огнезащитной обработки может решаться в рамках производства пожарно-технических экспертиз, назначаемых органами следствия и дознания, в том числе, по крупным, сложным и резонансным пожарам. Как показывает практика, наиболее часто при исследовании перед экспертами ставятся вопросы, касающиеся идентификации огнезащитных покрытий и составов (то есть отождествления с эталонными образцами), причем данные вопросы могут касаться в том числе продуктов, используемых в качестве сырья для их производства, в также вопросы, связанные с наличием огнезащитной обработки и соответствием ее качества заявленному.

Для решения идентификационных задач основными методами являются термический анализ и инфракрасная спектроскопия. Первый метод достаточно хорошо известен [3], поэтому на объектах строительства заказчики последнее время часто обязуют подрядчиков проводить идентификационные испытания именно по данной методике. В соответствии с ней обработка результатов исследования огнезащитных покрытий методом термического анализа с помощью расчета статистических критериев (критерий Фишера (F), t-критерий) позволяет с достаточной степенью достоверности, сделать вывод об идентичности сравниваемых образцов огнезащиты.

Идентификацию можно проводить, используя и другие методы анализа, например, спектральные. В частности, метод инфракрасной спектроскопии, который является наиболее информативным и экспрессным для определения химической природы материала и наличия в его составе огнезащитных компонентов. Идентификация данным методом осуществляется по методу «отпечатка пальцев» [8-10] и давно с успехом применяется за рубежом. Зарубежные производители прилагают инфракрасный спектр материала к паспорту продукции, что позволяет проводить сравнительный анализ даже без использования эталонных образцов, поскольку ИК-спектр вещества зависит только от его молекулярного состава и не зависит от того на каком спектрометре получен. В то время как, результаты, полученные методом термического анализа, зависят не только от свойств изучаемого образца, но и от условий проведения исследования. Термоаналитические кривые полученные на различных приборах могут значительно отличаться, что накладывает свои ограничения – идентификацию данным методом можно проводить только при наличие эталонного образца.

Очевидно, что наиболее эффективным является комплексное применение полевых и лабораторных инструментальных методов анализа, включающее следующие обязательные этапы:

1) визуальный контроль (измерение толщины для огнезащитных покрытий);

2) применение экспресс-методов контроля (ПМП-1 для деревянных конструкций; измерение коэффициента вспучивания для интумесцентных ОП для металлоконструкций);

3) лабораторные исследования (инфракрасная спектроскопия, термический анализ).

Применяемые для оценки качества огнезащитной обработки методы будут отличаться в зависимости от материала сторительной конструкции. Исследование огнезащитных пропиток деревянных строительных конструкций необходимо проводить методом инфракрасной спектроскопии в совокупности с оценкой качества огнезащитной обработки для деревянных конструкций с помощью малогабаритного переносного прибора ПМП-1, возможно также применение метода термического анализа, существенно проигрывающего с ИК-спектроскопией по времени и трудоемкости получения результата. Исследование огнезащитных вспучивающихся покрытий для

металлоконструкций также предпочтительнее проводить методом ИК-спектроскопии в сочетании с испытаниями на определение коэффициента вспучивания [1].

В качестве практического примера можно привести исследование огнезащитного вспучивающегося покрытия (ОВП), отобранного с объекта на предмет установления его огнезащитных свойств. Согласно запросу, необходимо было провести исследование методом ИК-спектроскопии (для установления природы ОВП и наличия огнезащитных добавок) и измерение коэффициента вспучивания для оценки огнезащитных свойств. Как показал эксперимент, представленные образцы не являются ОВП. Это выражалось отсутствие на ИК-спектрах полос поглощения, относящихся к огнезащитным компонентам (рис. 1), испытания на коэффициент вспучивания также дали отрицательный результат ($К_{всп}$< 2) (рис. 2).

Вопросы качества огнезащиты возникают у заказчиков не только в связи с подозрением на контрафакт, но и из-за низкого качества огнезащитных покрытий, которое выражается в том, что в ходе эксплуатации через год, два она теряет свои свойства (отслаивается и пр.).

В Исследовательском центре экспертизы пожаров совместно с Испытательным центром НИИПИ и СЭУ ФПС ИПЛ по СПб были проведены исследования огнезащитных покрытий для металлоконструкций на устойчивость к старению [11].

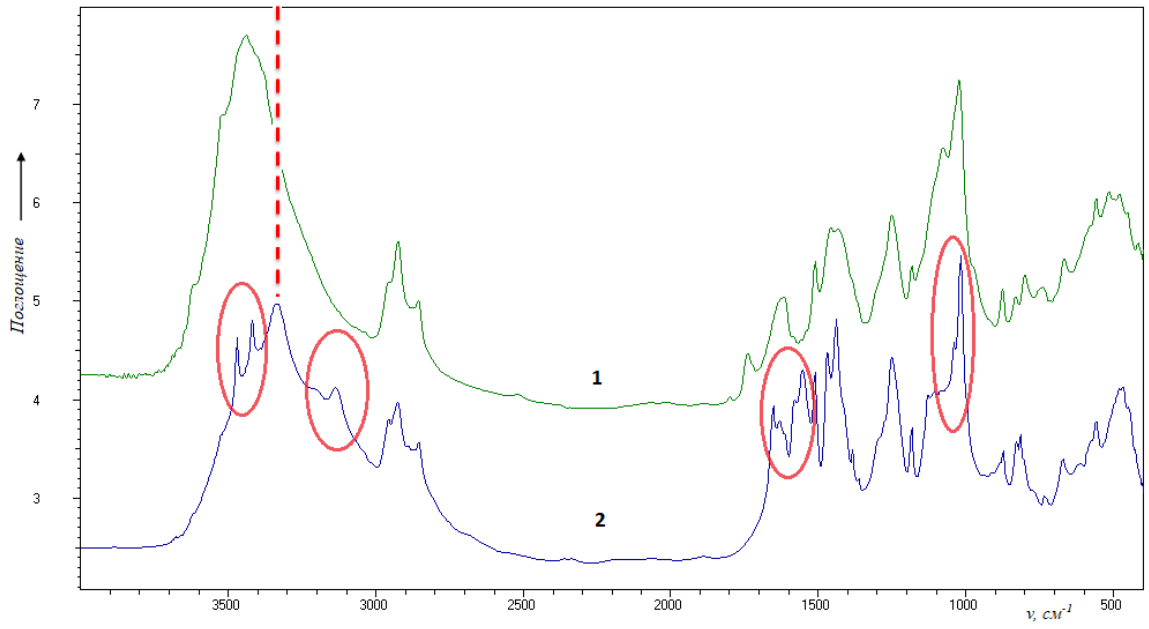
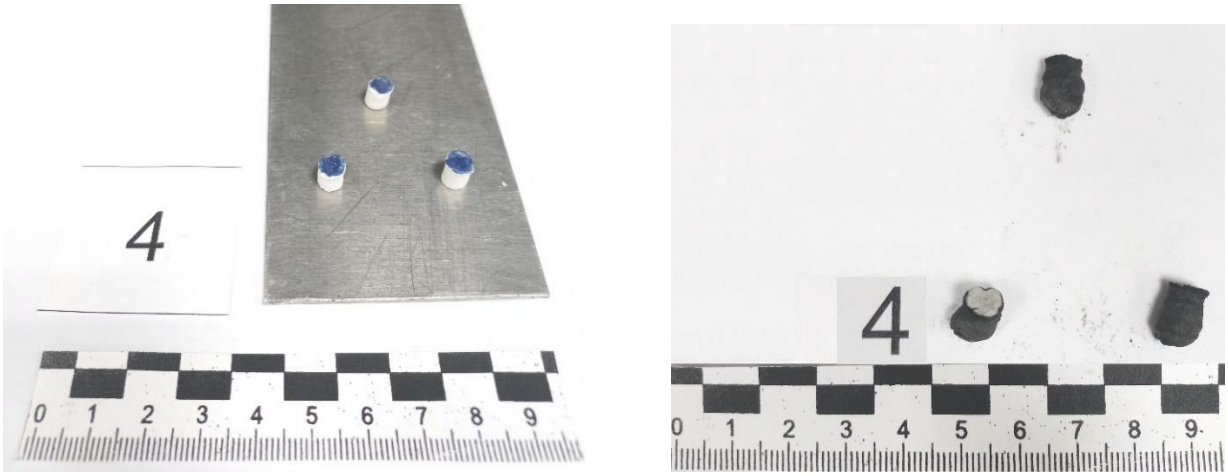


Рис. 1. ИК-спектры образца покрытия на эпоксидной основе, представленного на исследование в сравнении с ОВП на эпоксидной основе: 1 – исследуемый образец; 2 – ОВП на эпоксидной основе (из базы данных Исследовательского центра экспертизы пожаров СПб университета ГПС МЧС России)



(а) (б)

Рис. 2. Образец ОВП до испытания по ГОСТ 59637-2021(а) и после (б).

В ходе данных испытаний были выявлены ряд маркеров при исследовании методами термического анализа и инфракрасной спектроскопии, которые позволяют делать выводы об изменении термических и спектральных характеристик для некоторых ОВП уже после 1-2 лет эксплуатации. На рис. 3 представлены ИК-спектры водорастворимого ОВП на винилацетатной основе. В результате исследования ОВП методом инфракрасной спектроскопии было установлено, что на начальном этапе в ходе старения значительных изменений в структуре покрытия не происходит. Однако уже через 2 года искусственного состаривания было зафиксировано уменьшение интенсивности, вплоть до полного исчезновения, полос поглощения, относящихся к валентным (3470, 3420, 3128 $см^{-1}$) и деформационным (1625 $см^{-1}$) колебаниям N-H связей, а также к смешанным колебаниям N-H и C-N связей (1550 $см^{-1}$) и колебаниям группы $C-NH_2$ триазинового кольца в меламине (812 $см^{-1}$). Данный факт говорит, вероятнее всего, о протекании под воздействием влаги воздуха процесса гидролиза в результате которого происходит замещение аминогрупп на гидроксильные и, как следствие, разрушение меламина (огнезащитного компонента, который выступает в качестве газообразователя). Кроме того, при детальном рассмотрении также можно отметить увеличение интенсивности полосы 1085 $см^{-1}$, относящейся к смешанным колебаниям C-O (валентным) и O-H (деформационным) связей в группировке C-O-H, что может быть связано с окислительными процессами в результате старения пленкообразователя.

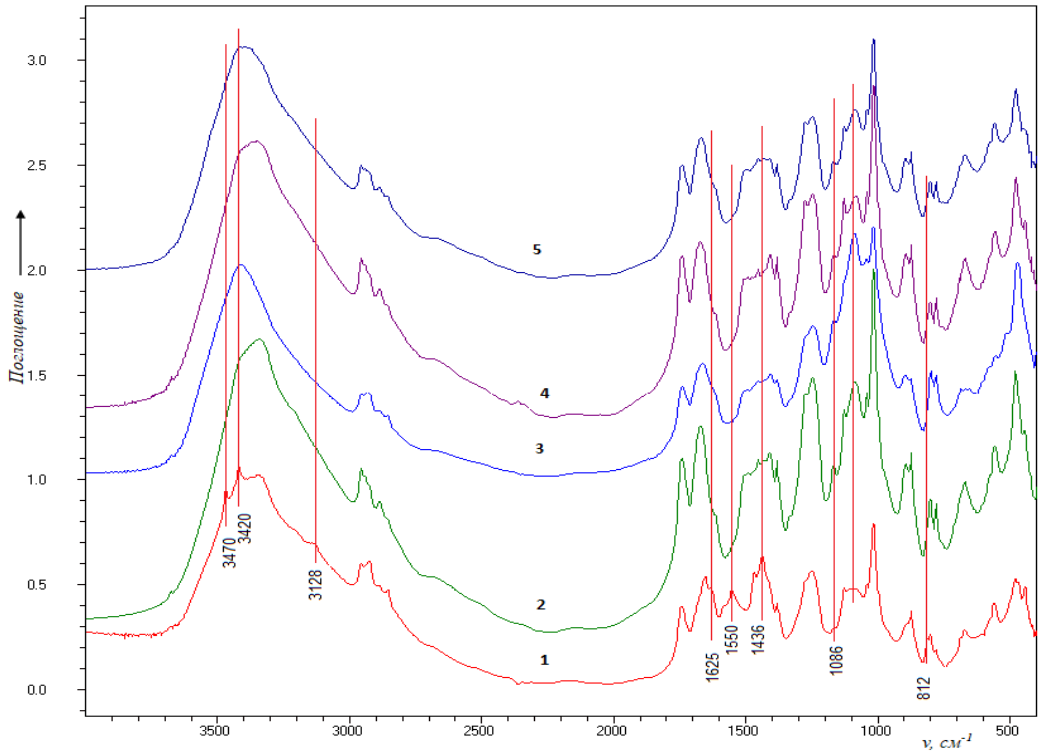


Рис. 3. ИК-спектры ОВП на винилацетатной основе:
1 – до испытания; 2 – через 2 года искусственного старения;
3 – через 3 года искусственного старения; 4 – через 4 года искусственного старения;
5 – через 5 лет искусственного старения

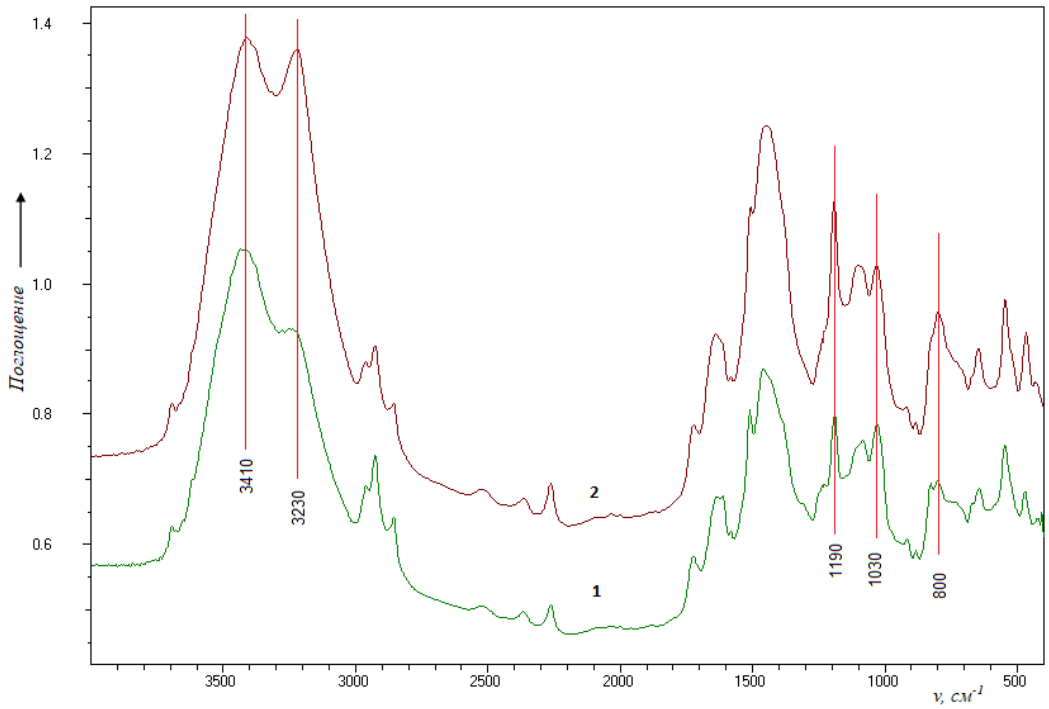


Рис. 4. ИК-спектры ОВП на эпоксидной основе:
1 – до испытания; 2 – через 1 года естественного старения

Схожая картина наблюдалась при исследовании огнезащитного покрытия на эпоксидной основе. В результате исследования ОВП методом инфракрасной спектроскопии установлено, что в ходе естественного старения уже через 1 год происходят структурные изменения. Они выражаются в увеличении интенсивности полосы поглощения 3230 $см^{-1}$. Также происходит уменьшение интенсивности полосы поглощения 1190, 830, 463 $см^{-1}$, связанные с колебаниями эпоксидного кольца. Эти факты говорят об изменениях в химической структуре пленкообразователя (связующего). И, как показали результаты контрольных испытаний по ГОСТ Р 53295, приводят к снижению огнезащитной эффективности покрытия почти более чем в 1, 5 раза.

Проведенные исследования имеют важное практическое значение, поскольку позволяют выявлять снижение огнезащитных свойств, определять фактический срок службы покрытия и обосновывать необходимость повторной обработки или замены покрытия. Кроме того, они позволяют формировать рекомендации по выбору материалов с учетом условий эксплуатации.

В заключении стоит отметить, что именно комплексное применение инструментальных лабораторных методов (термический анализ, ИК-спектроскопия) в сочетании с экспресс-методами контроля позволяет дать объективную и достоверную оценку качества огнезащитной обработки, выявить контрафакт и подтвердить сохранность огнезащитных свойств в процессе эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 59637-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте»

2. ГОСТ Р 53292-2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний»

3. ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа»

4. ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности»

5. ГОСТ Р 53311-2009 «Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности

6. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»

7. СП 433.1325800.2019 «Огнезащита стальных конструкций. Правила производства работ»

8. Алявдина, Т. Ф. Оценка эффективности идентификации лакокрасочных материалов методом ИК-спектроскопии / Т. Ф. Алявдина, Р. Е. Моисеев, В. Д. Элькина // Гидротехника. – 2024. – № 2(75). – С. 68-76. – EDN AGSPWT.

9. Перспективы использования ИК-Фурье-спектроскопии и электронной микроскопии в целях индентификации лакокрасочных покрытий / П. Е. Юдин, С. С.

Петров, Е. В. Александров, А. А. Акулинин // Территория Нефтегаз. – 2013. – № 3. – С. 30-37. – EDN RDZSRJ.

10. Дринберг, А. С. Инфракрасная идентификация лакокрасочных покрытий - технология двойного назначения / А. С. Дринберг, Ю. В. Улашкевич, И. А. Уденко // Морской вестник. – 2015. – № 4(56). – С. 39-41. – EDN VCHUOZ.

11. Применение комплексного подхода для оценки свойств огнезащитных покрытий для металлоконструкций / М. Ю. Принцева, И. В. Клаптюк, Ю. Н. Бельшина, Ю. Н. Елисеев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2026. – № 4. – С. 58-65. – EDN DRRHEH.

УДК614.841.1

А. В. Климов, В. И. Попов, О. В. Дмитриев
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МОДУЛИ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ НА ПЕРЕДВИЖНЫХ СРЕДСТВАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Огнетушащие порошки в последнее десятилетие получили широкое применение в огнетушителях и системах модульного пожаротушения. Тушение пожаров порошками с помощью передвижной техники (порошковых автомобилей) распространение не получает. По данным статистики по России из более чем 150 тыс. пожаров в год огнетушащие порошки используются менее чем на 50 пожарах.

Ключевые слова: пожар, первичные средства пожаротушения, порошковое тушение, порошковые модули.

A. V. Klimov, V. I. Popov, O. V. Dmitriev

POWDER FIRE EXTINGUISHING MODULES ARE USED IN MOBILE FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT

Fire-extinguishing powders have become widely used in fire extinguishers and modular fire suppression systems over the past decade. The use of powders to extinguish fires with mobile equipment (powder vehicles) is not widespread. According to statistics for Russia, out of more than 150,000 fires per year, fire-extinguishing powders are used in less than 50 fires.

Key words: fire, primary fire extinguishing means, powder extinguishing, fire extinguisher, powder modules.

Разработанная установка «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»» с огнетушащим порошком ИСТО-1 предположительно может быть использована для тушения пожаров на открытой местности и в зданиях и сооружениях.

© Климов А. В., Попов В. И., Дмитриев О. В., 2026

Предлагаемое применение установки «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»» отличается от параметров, установленных документом «Паспорт и руководство по эксплуатации МПП (Н)-24-И-ГЭ-У2 ПС».

Отличие эксплуатации заключаются в следующем:

1. По паспорту МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2 ПС применение модуля предусматривается в помещениях. Применение установки «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»» с МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2 предусматривается для тушения пожаров на открытой местности, при этом на распыление и дальность полета струи порошка оказывает влияние погодные условия (атмосферные осадки, ветер).

2. Угол наклона оси модуля МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2, установленного соплом вниз относительно горизонтальной плоскости по паспорту рекомендуется в пределах 2°…20°. На рис. 1, рис. 2, рис. 3 приведены общий вид МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2 и схемы тушения пожаров. Применение установки «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»» с МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2 предусматривается с углом наклона соплом вверх относительно горизонтальной плоскости в пределах 3°…10°.

Термины и определения

Первичные средства пожаротушения - средства пожаротушения, используемые для борьбы с пожаром в начальной стадии его развития.

Интенсивность подачи огнетушащего вещества - количество огнетушащего вещества, подаваемое на единицу площади (объема) в единицу времени.

Минимальная площадь орошения - минимальная площадь, на которую при срабатывании АУП воздействует огнетушащее вещество с интенсивностью орошения не менее нормативной.

Модуль пожаротушения - устройство, в корпусе которого совмещены функции хранения и подачи огнетушащего вещества при воздействии пускового импульса на привод модуля.

Модуль пожаротушения импульсный - модуль пожаротушения с продолжительностью подачи огнетушащего вещества до 1 с.

Насадок - устройство для выпуска и распределения газового огнетушащего вещества или огнетушащего порошка.

Нормативная интенсивность подачи огнетушащего вещества - интенсивность подачи огнетушащего вещества, установленная в нормативной документации.

Огнетушащее вещество - вещество, обладающее физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

Огнетушащая концентрация - концентрация огнетушащего вещества в объеме, создающая среду, не поддерживающую горение.

Установка пожаротушения - совокупность стационарных технических средств для тушения пожара за счет выпуска огнетушащего вещества.

В процессе испытаний определялись эксплуатационные характеристики установки.



Рис. 1. Общий вид модуля МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2

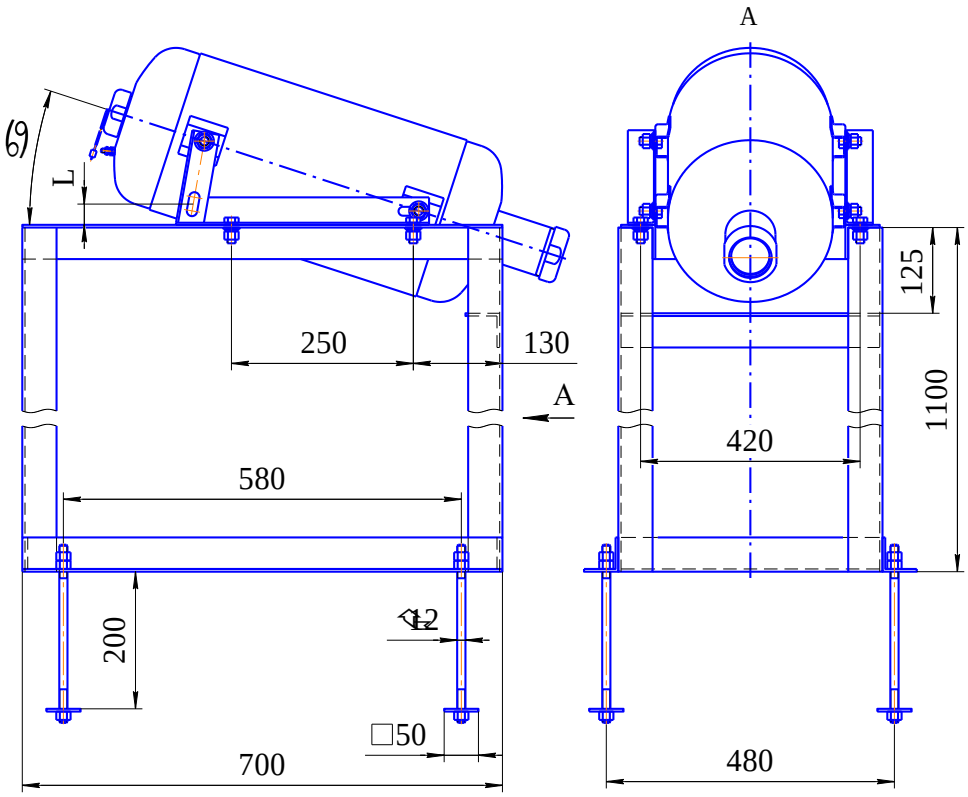


Рис. 2. Габаритные размеры и схема монтажа МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2

Конфигурация распыла порошка и изображение областей, в которых достигается тушение, приведены на рис. 3, 4. Конфигурация площади при локальном пожаротушении показана на рис. 5.

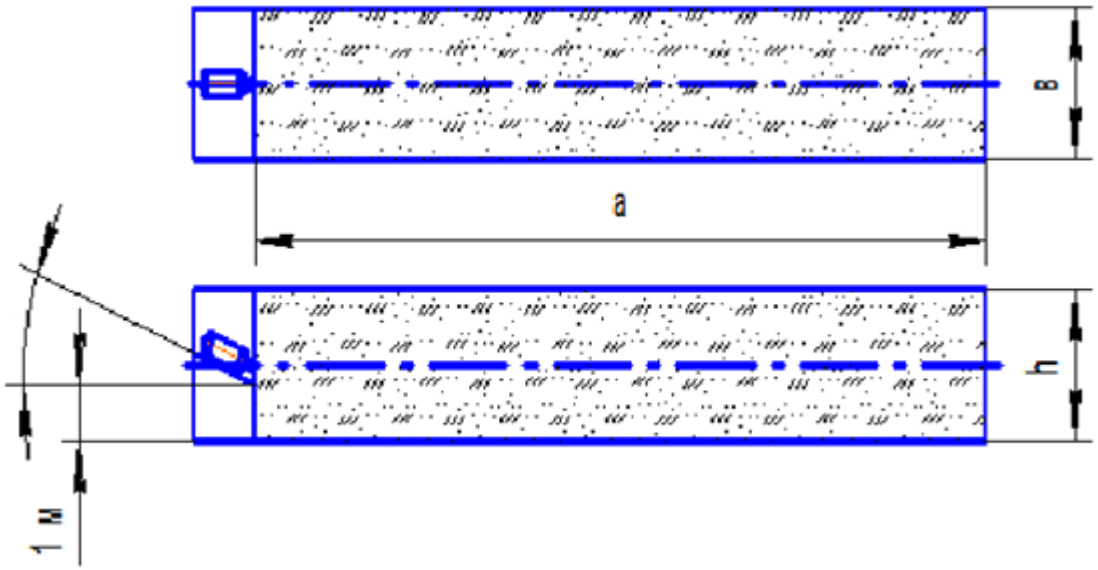


Рис. 3. Изображение области, в которой достигается тушение пожара класса А

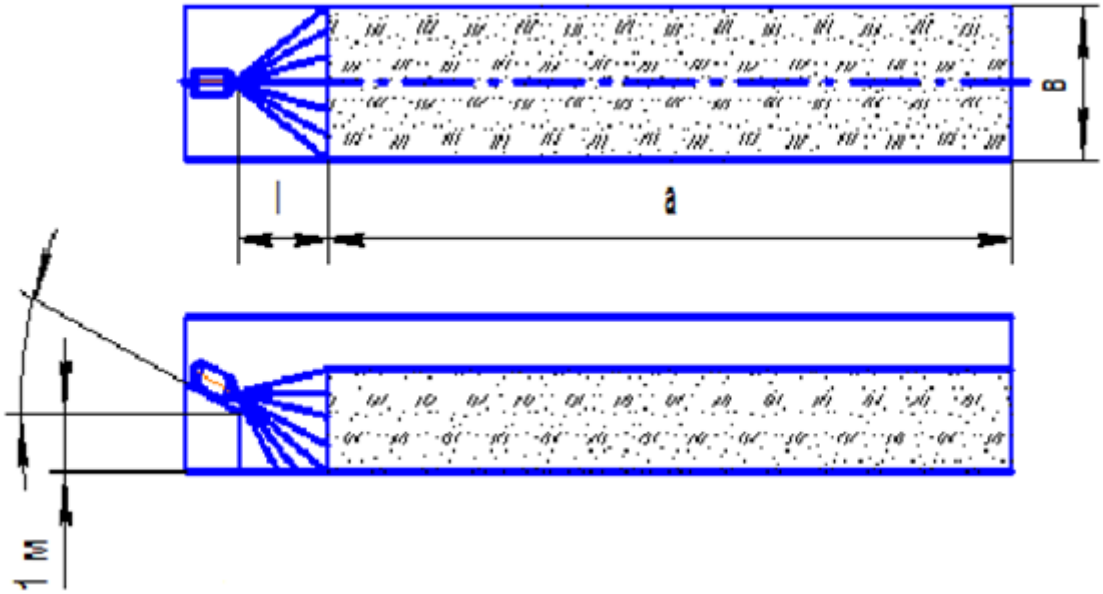


Рис. 4. Изображение области, в которой достигается тушение пожара класса В

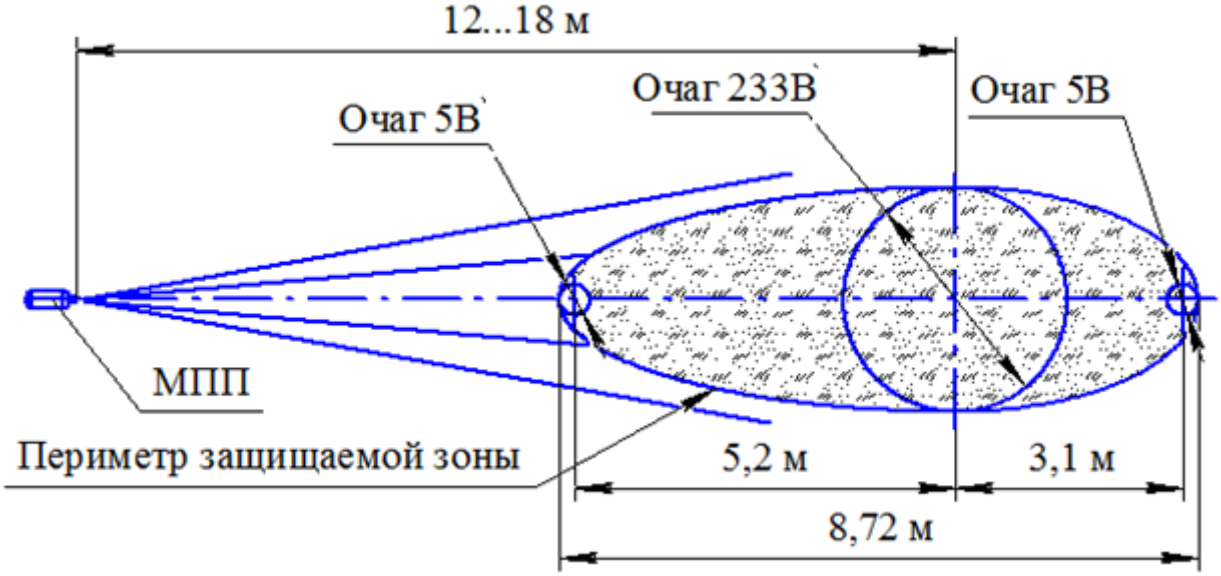


Рис. 5. Масштабное изображение защищаемой площади
при локальном пожаротушении в помещении

Установка «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»» с МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2 представляет собой устройство с установленными на поворотном основании 8 МПП с пультом управления. Общий вид установки представлен на фото рис. 6.



Рис. 6. Установка «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»»

Определение эксплуатационных параметров установки порошкового тушения «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»»

Полигонные испытания установки «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»» с огнетушащим порошком ИСТО проведены на полигоне учебного центра в п. Бибирево Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Испытания проводились с целью уточнения параметров применения установки по тушению пожара на открытых площадках и в помещениях.

В процессе испытания определялись:

- форма факела распыления порошка ИСТО-1 «Мобильного комплекса порошкового пожаротушения «Гранит»»;
- дальность подачи огнетушащего порошка (при горизонтальном направлении подачи и под углом до 30º к горизонту);
- угол раскрытия струи порошка;
- время подачи огнетушащего порошка.

Оборудование и приборы

Проведение испытаний предусматривается с использованием следующего оборудования и измерительных приборов:

- установка порошкового пожаротушения «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»», заправленная огнетушащим порошком ИСТО-1;
- дальномер лазерный PLR 50;
- весы электронные.
- фотоаппарат;
- термоанемометр Testo 425;
- секундомер марки JS-7064.

Подготовка к проведению испытаний

Снаряжаются огнетушащим порошком порошковые модули установки (по 3 шт. на каждый эксперимент) и устанавливается побудительная система.

Заряженные модули установки номеруются и взвешиваются на электронных весах с точностью до 0,01 кг. На каждый модуль наносится номер. МПП закрепляются на установке «Мобильного комплекса порошкового пожаротушения «Гранит»».

Установка порошкового пожаротушения «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»» размещается на расстоянии 3 м от вертикальной плоскости с разметкой (параллельно). Устанавливается фиксирующая аппаратура (фотокамера и видео камера) на расстояниях и в местах наиболее качественной фиксации порошкового облака для определения параметров установки порошкового пожаротушения «Мобильного комплекса порошкового пожаротушения «Гранит»». Подготовленная площадка с разметкой на стене здания для испытаний приведена на фото рис. 7.



Рис. 7. Площадка для испытаний

Испытания проводятся на открытом воздухе.

Проводимые измерения:

- температура наружного воздуха;
- скорость и направление ветра;
- время работы установки при подаче порошка;
- вес модулей порошкового тушения до срабатывания и после;
- вес остатка порошка в модуле после срабатывания;
- предельные значения вылета порошка.

Включается фиксирующая аппаратура. Производится пуск порошка и фиксируется в динамике образование порошкового облака.

Результаты испытаний.

Испытания проведены с насадком на МПП и без насадки, при скорости ветра 0 м/с и при скорости 2 м/с.

На фото рис. 8 представлены кадры выброса порошка из МПП с насадком при скорости ветра близкой к 2 м/с.

Защищаемая площадь при локальном пожаротушения в помещении (паспортные данные) и экспериментальные данные полигонных испытаний по внешнему виду распространения облака порошка (при скорости ветра 0 м/с и 2 м/с ориентировочно совпадают.

Дальность струи при испытаниях (при скорости 0 м/с) и по паспортным данным (при угле наклона 5º) совпадают (около 32 м), при скорости ветра 2 м/с совпадают с паспортными данными при угле наклона 20º (около 26 м).

В процессе испытаний установлена возможность применения МПП (Н)-24-И-ГЭ-У2 ПС для подачи порошка под углом 10 º к горизонту.

Форма факела распыления практически не зависит от вида, применяемого насадка на МПП.

Дальность подачи порошка в большой степени зависит от направления и скорости ветра. При отсутствии ветра струя порошка составляет около 32 м, при встречном ветре 2 м/с струя порошка не превышает 27 м.

Угол раскрытия струи порошка зависит от направления и скорости ветра. При отсутствии ветра угол раскрытия струи составляет около 35 º, при встречном ветре 2 м/с - 50…60 º.

Время подачи порошка составляет около 6…9 с.

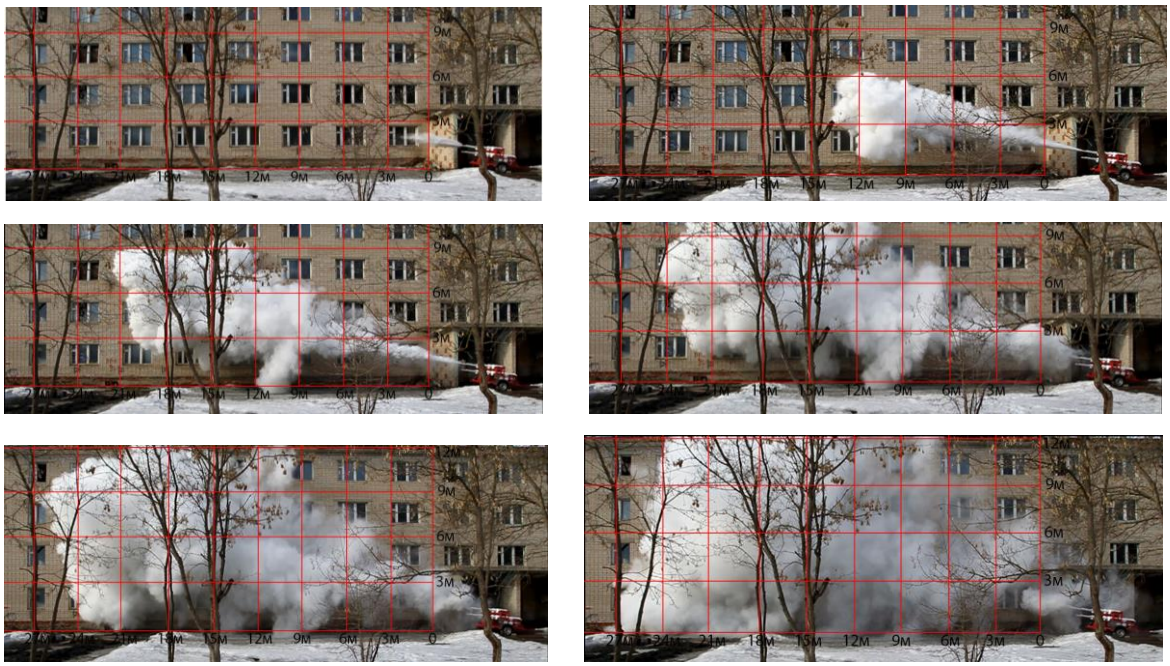


Рис. 8а. Выброс порошка из МПП с насадком при скорости ветра 2 м/с



Рис. 8б. Выброс порошка из МПП с насадком при скорости ветра 0 м/с



Рис. 8в. Выброс порошка из МПП с коротким насадком при скорости ветра 0 м/с

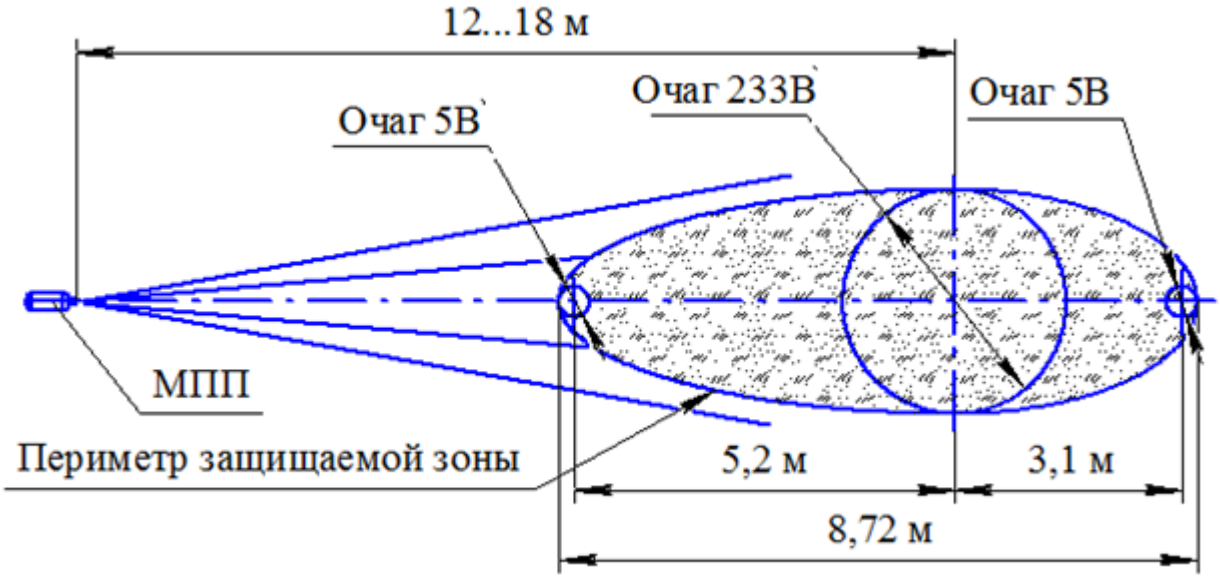


Рис. 9. Изображение защищаемой площади
при локальном пожаротушении в помещении (паспортные данные)

Проведенные испытания подтвердили предполагаемую возможность использования «Мобильного комплекса порошкового пожаротушения «Гранит»» для подачи порошка на тушение пожара от модулей МПП (Н)-24-И-ГЭ-У2 ПС установленных вверх под углом до 10 º к горизонтальной осигоризонту.

Дальность форма факела струи порошков зависит от направления и скорости ветра. При применении установки следует учитывать указанный фактор. Для установления зависимости дальности и формы факела струи от направления и скорости ветра необходимы дополнительные исследования.

При выбросе из МПП рама установки, на которой установлены модули отклоняется от начального направления при воздействии отдачи струи в горизонтальной и вертикальной плоскостях в пределах 3º … 10º.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. СП 485.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

3. Модуль порошкового пожаротушения МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2. Паспорт и руководство по эксплуатации МПП(Н)-24-И-ГЭ-У2 ПС.

УДК 699.812

М. А. Комарова
Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

ОЦЕНКА СОХРАННОСТИ СВОЙСТВ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Предложена методика оценки сохранности свойств вспучивающихся огнезащитных свойств в процессе эксплуатации на основе ГОСТ 71618-2024.

Изменения антикоррозионных свойств покрытий контролируются путем измерения адгезии методом отрыва. По результатам термических испытаний по кривой ДСК оценивается степень сохранения огнезащитных свойств. Огнезащитная эффективность определяется по п. 6 ГОСТ Р 53295-99 сравнением контрольного и состаренных покрытий на образцах размером 600 × 600 × 5 мм.

Ключевые слова: вспучивающиеся огнезащитные покрытия, огнезащитная эффективность, термический анализ, адгезия, долговечность, ускоренные климатические испытания.

© Комарова М. А., 2026

M. A. Komarova

EVALUATION OF THE PRESERVATION OF THE PROPERTIES OF INTUMESCENT FIRE-RETARDANT COATINGS DURING OPERATION

A methodology is proposed for evaluating the preservation of the properties of intumescent fire-retardant coatings during operation. Changes in the coatings corrosion-resistant properties are monitored by measuring adhesion using the peel test method. The degree of preservation of fire-retardant properties is evaluated based on the results of thermal tests using the DSC curve.

Keywords: intumescent fire-retardant coatings, fire-retardant effectiveness, thermal analysis, adhesion, durability, accelerated climatic testing.

Одной из наиболее актуальных задач при практическом применении вспучивающихся огнезащитных покрытий (ВОП) является обеспечение их долговременной долговечности, особенно в условиях воздействия факторов открытой промышленной атмосферы. Эти покрытия должны неизменно сохранять свою эффективность, несмотря на воздействия влажности, ультрафиолетового излучения и колебаний температур.

На настоящий момент времени единственной нормативной методикой, позволяющей определить стойкость ВОП к воздействию климатических факторов в процессе эксплуатации является ГОСТ 71618-2024 «Конструкции стальные строительные с огнезащитными покрытиями. Методы испытаний антикоррозионных свойств и стойкости к воздействию климатических факторов в процессе эксплуатации», разработанный специалистами ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко [1].

На основании испытаний, проведенных по методике данного нормативного документа [2-5] и по данным, полученным в ходе проведения мониторинга состояния ВОП на промышленных объектах открытой промышленной атмосферы холодного климата, были выявлены следующие закономерности.

Установлено, что прочность сцепления системы ВОП и адгезия в зоне контакта с металлической поверхностью являются основными параметрами сохранения покрытием антикоррозионных свойств под воздействием агрессивных факторов окружающей среды.

Под воздействием низких температур холодного климата на границе система покрытия – металл через несколько лет эксплуатации могут образоваться микротрещины и развиться коррозионные процессы (рис. 1). В случае отсутствия устойчивости полимерной матрицы к ультрафиолету, переменным температурам и долговременному воздействию влажности на поверхности сначала образуется мозаичная сетка трещин (рис. 2), которая в процессе эксплуатации углубляется и приводит в конечном итоге частичному или полному отслоению системы ВОП.



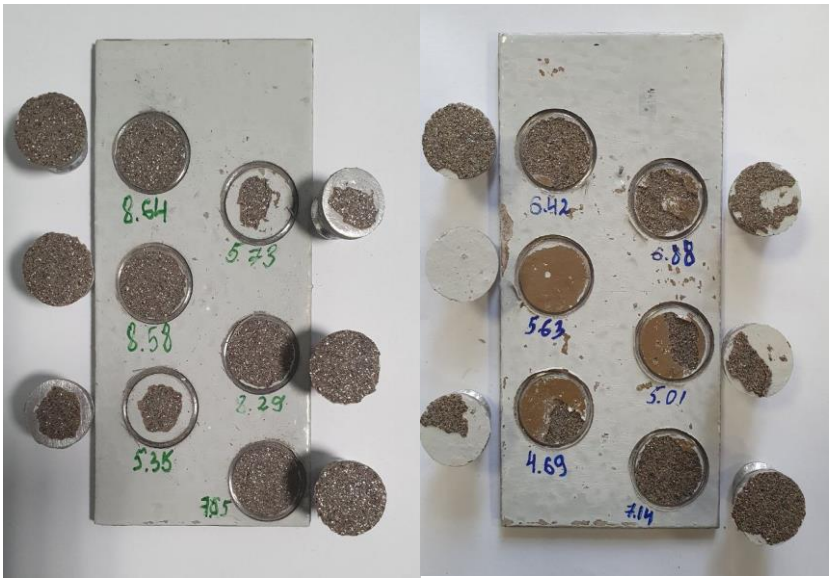
Рис. 1. Микротрещина на границе система покрытия – металл (увеличение 10 раз)



Рис. 2. Сетка трещин на верхнем слое системы ВОП (увеличение 30 раз)

Вышеописанные дефекты сказываются уже на стадии своего начального проявления при измерениях адгезии по методу согласно ГОСТ 32299-2025 [6]. В случае развития коррозионных процессов в зоне контакта с металлом наблюдается преимущественно адгезионный характер отрыва от металлической поверхности, а в случае распространения сетки трещин резко (более чем в 2 раза) снижается когезионное взаимодействие внутри огнезащитного материала.

В ходе испытаний ВОП по методике [1] отмечается, что после ускоренного климатического старения пластин на срок более 15 лет при незначительном изменения значений адгезии и наличия когезионного отрыва (рис. 3) незначительно изменяется также и огнезащитная эффективность, определяемая по ГОСТ Р 53295-2009 [7] (рис. 4).



а б

Рис. 3. Измерения адгезии:
а - контрольный образец; б - состаренный на 15 лет образец

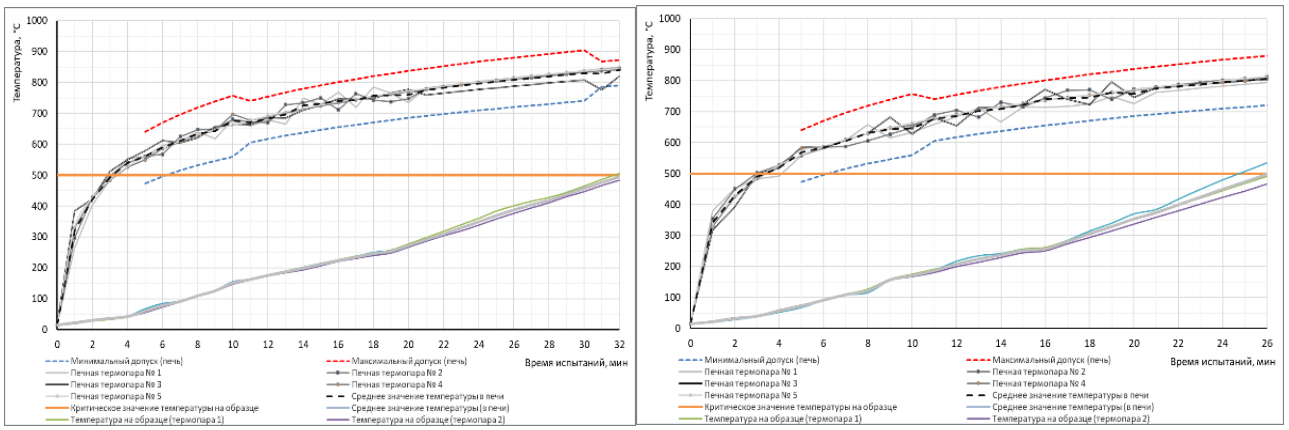


Рис. 4. Изменение температуры в печи и на образце
в процессе испытаний системы ВОП: а - контрольный образец;
б- состаренный на 15 лет образец, состаренной на 30 лет

Для определения параметров изменения интумесцентных свойств ВОП применим метод синхронного термического анализа, сочетающий в себе термогравиметрические и калориметрические измерения и позволяющий оценить кинетику разложения, энергетические переходы и зольный остаток.

Установлено, что сохранение интумесцентных свойств покрытия в процессе старения подтверждается сходством значений тепловых эффектов как несостаренного, так и состаренных образцов огнезащитных покрытий (рис.5).

При этом для получения качественных и воспроизводимых данных необходимо проведение калибровки температуры (начальные точки) и энтальпии канала ДСК с использованием стандартов. Обязательно применение

платиновых тиглей, так как при проведении экспериментов в корундовых тиглях будут проявляться сильные артефакты - высокие холмообразные сигналы на ДСК-кривых, являющиеся девиацией базовой линии в условиях меняющейся теплопередачи от материала покрытия к стенкам тигля из-за спонтанного образования и схлопывания пустот в покрытии при термодеструкции.

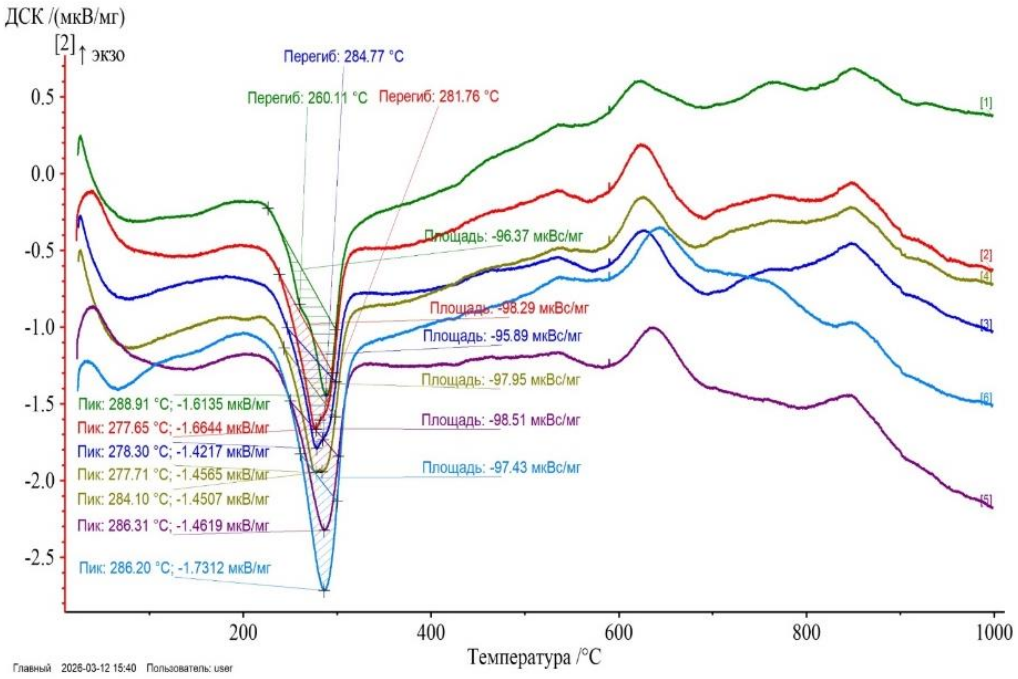


Рис. 5. Сравнительные результаты анализа ДСК-кривых состаренных образцов ВОП:
зеленая линия - без старения; красная линия - состаренный на 5 лет;
синяя линия - состаренный на 10 лет; желтая линия - состаренный на 15 лет;
фиолетовая линия - состаренный на 20 лет циклов старения;
голубая линия - состаренный на 25 лет

Заключение

В качестве экспресс-методов, позволяющих качественно оценить сохранение свойств вспучивающихся огнезащитных покрытий в процессе эксплуатации допустимо применение метода определения адгезии методом отрыва и проведение анализа ДСК-кривой состаренных покрытий в сравнении с эталоном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 71618–2024. Конструкции стальные строительные с огнезащитными покрытиями. Методы испытаний антикоррозионных свойств и стойкости к воздействию климатических факторов в процессе эксплуатации. – М.: Российский институт стандартизации, 2024.

2. Комарова, М. А. Оценка эффективности огнезащитных покрытий в процессе ускоренного климатического старения / М. А. Комарова, И. А. Гришин, Н. О. Мельников, М. В. Шалабин, М. И. Ведяков // Вестник НИЦ «Строительство». – 2024. – № 3 (42). – С. 28-46.

3. Комарова, М. А. Методы оценки долговечности систем огнезащитных покрытий для нефтяных объектов / М. А. Комарова, М. В. Шалабин // Обеспечение безопасности нефтяных объектов: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Казань, 03–04 сентября 2026 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2026. – С. 117-122.

4. Шалабин, М. В. Разработка методов испытаний вспучивающихся огнезащитных покрытий для стальных строительных конструкций на сохранность их огнезащитных свойств в процессе эксплуатации / М.В. Шалабин // Актуальные вопросы и инновации в обследовании строительных конструкций зданий и сооружений: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2025. – С. 25-27.

5. Власкин, И.А. Оценка долговечности конструктивных и тонкослойных огнезащитных покрытий при ускоренном климатическом старении / И.А. Власкин, Н.А. Савлов, Н.О. Мельников, М.В. Шалабин // Успехи в специальной химии и химической технологии: Материалы Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 90-летию Инженерного химико-технологического факультета РХТУ им. Д.И. Менделеева, 120-летию профессора К.К. Андреева, 130-летию профессора А.С. Бакаева, Москва, 24-25 апреля 2025 года. – Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2025. –2025. – Т. 39, № 9 (300). – С. 14-16.

6. ГОСТ 31993–2025. Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

7. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. – М.: Стандартинформ, 2010. – 16 с.

УДК 621.892.8

В. А. Комельков, Д. В. Сорокин, А. С. Митрофанов, И. А. Богданов
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ ДВОЙНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ СОЛЕЙ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

В статье описывается проблема низкой огнетушащей эффективности воды при тушении природных и ландшафтных пожаров. Показано, что доминирующий физический механизм охлаждения не обеспечивает надёжной ликвидации горения пористых лесных горючих материалов, а значительная часть воды расходуется непроизводительно. Обоснована необходимость перехода к составам, реализующим химическое ингибирование цепных реакций горения. Приведён анализ физико-химических механизмов действия водных растворов солей щелочных металлов. Представлены сравнительные данные по расходу, концентрации и механизмам подавления горения для воды и косвенных аналогов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, лесной пожар, ландшафтный пожар, ингибирование горения, соли щелочных металлов, поверхностное натяжение, огнетушащая эффективность.

V. A. Komelkov, D. V. Sorokin, A. S. Mitrofanov, I. A. Bogdanov

SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE NEED TO USE DOUBLE-ACTION FIRE-SUPPRESSING COMPOUNDS BASED ON ALKALI METAL SALTS TO EXTINGUISH NATURAL FIRES

Abstracts: the article describes the problem of the low fire-suppression efficiency of water when extinguishing natural and landscape fires. It is shown that the dominant physical cooling mechanism does not ensure reliable elimination of combustion of porous forest combustible materials, and a significant portion of the water is consumed unproductively. The necessity of switching to formulations that implement chemical inhibition of combustion chain reactions is substantiated. An analysis of the physicochemical mechanisms of action of aqueous solutions of alkali metal salts is provided. Comparative data on consumption, concentration, and mechanisms of combustion suppression for water and indirect analogues are presented.

Keywords: fire safety, forest fire, landscape fire, combustion inhibition, alkali metal salts, surface tension, fire extinguishing efficiency.

Природные и ландшафтные пожары представляют собой одно из наиболее опасных и масштабных проявлений неконтролируемого горения. Ежегодно они наносят многомиллиардный ущерб экономике, приводят к

© Комельков В. А., Сорокин Д. В., Митрофанов А. С., Богданов И. А., 2026

уничтожению лесных массивов, деградации почв, выбросу значительных объёмов продуктов горения в атмосферу и создают прямую угрозу населённым пунктам и объектам инфраструктуры [4, 5]. По данным МЧС России, только в 2010 г. на территории страны возникло свыше 30 тыс. очагов природных пожаров на общей площади около 1,25 млн га. Аналогичные тенденции наблюдаются и в других регионах мира: в 2024 г. в штате Калифорния (США) 8024 лесных пожара охватили территорию площадью почти 425 тыс. га.

Ключевой технологической проблемой тушения крупных природных пожаров является острый дефицит воды, особенно в удалённых и безводных районах [1, 6]. При этом существующие способы подачи воды не обеспечивают её рационального использования. Значительная часть объёма стекает по поверхности, не проникая в пористую структуру лесных горючих материалов, либо мгновенно испаряется в зоне высокотемпературного пиролиза, не совершая полезной работы по локализации горения [2, 3]. По различным оценкам, непроизводительные потери воды при тушении природных пожаров могут достигать 90 % от поданного объёма.

Существующие химические добавки к воде — смачиватели, пенообразователи, фторсодержащие составы — обладают рядом существенных ограничений. Они требуют высоких рабочих концентраций (от 3 до 6 %), токсичны, химически агрессивны к узлам насосного оборудования, нуждаются в утилизации и, как правило, не могут быть приготовлены непосредственно в полевых условиях [7]. Это обуславливает необходимость поиска принципиально иных подходов к повышению огнетушащей эффективности воды, основанных на целенаправленном воздействии на физико-химические процессы горения.

Целью настоящей работы является научное обоснование потребности в огнетушащих составах двойного действия на основе солей щелочных металлов и анализ механизмов, обеспечивающих кратное повышение эффективности воды при тушении природных пожаров.

Традиционное представление о тушении водой основывается на её высокой теплоёмкости и значительной удельной теплоте парообразования. При контакте с очагом горения вода нагревается, испаряется и отбирает теплоту, снижая температуру зоны реакции ниже температуры воспламенения горючего материала. Одновременно образующийся водяной пар частично вытесняет кислород из зоны горения, оказывая изолирующее действие [7, 10].

Однако при тушении природных пожаров этот механизм оказывается недостаточно эффективным по ряду причин. Во-первых, лесные горючие материалы (торф, лесная подстилка, валежник, опавшая листва) обладают развитой пористой структурой и низкой теплопроводностью [3, 5]. Вода, обладающая высоким поверхностным натяжением (около 72 мН/м при 20 °С), не проникает вглубь материала, а остаётся на поверхности, где быстро испаряется под воздействием теплового потока. Во-вторых, при тушении очагов горения большой площади значительная часть воды стекает по рельефу, не вступая в контакт с зоной активного пиролиза [1, 2]. В-третьих, физическое

охлаждение не прерывает цепные радикальные реакции, лежащие в основе процесса горения, и после прекращения подачи воды возможно повторное воспламенение [8, 9].

Таким образом, вода воздействует преимущественно на тепловую составляющую процесса горения, но не на его кинетическую природу. Это принципиальное ограничение определяет необходимость применения составов, способных целенаправленно вмешиваться в химизм пламени.

Современная теория горения рассматривает пламя как совокупность цепных радикальных реакций, в которых ключевую роль играют активные частицы — атомарный водород H^+, гидроксильный радикал OH^+, атомарный кислород O^+ [9, 10]. Разрушение этих частиц или их перевод в неактивные формы приводит к обрыву кинетических цепей и подавлению горения.

Наиболее эффективными ингибиторами цепных реакций горения являются соединения щелочных металлов — натрия, калия, лития [8, 11]. Попадая в высокотемпературную зону пламени, соли щелочных металлов подвергаются термической диссоциации с образованием активных ионов металла. Эти ионы вступают в реакцию со свободными радикалами пламени, рекомбинируя их и прерывая цепной процесс:

$$OH^+ + In^- \rightarrow InOH \quad (1)$$

$$H^+ + InOH \rightarrow In^+ + H_2O \quad (2)$$

где In^- активный ингибирующий ион щелочного металла [8, 12].

Образующиеся гидроксиды и оксиды щелочных металлов способны повторно участвовать в реакциях обрыва цепей, обеспечивая таким образом каталитический характер ингибирования [8, 11]. Именно этот механизм обуславливает высокую огнетушащую эффективность порошковых составов на основе бикарбоната натрия и калия, широко применяемых для тушения газовых и жидкостных пожаров [12, 13].

Однако прямое использование порошковых ингибиторов для тушения природных пожаров затруднено из-за отсутствия эффективных средств их доставки и распределения по большой площади [1, 6]. В связи с этим перспективным направлением является введение солей щелочных металлов в воду, что позволяет сочетать физическое охлаждение с химическим ингибированием и использовать штатную пожарную технику.

При растворении солей щелочных металлов в воде происходит изменение её физико-химических свойств, что оказывает существенное влияние на огнетушащую способность раствора. Ключевым фактором является снижение поверхностного натяжения. Введение в воду неорганических солей в определённых концентрациях способствует уменьшению поверхностного натяжения до значений порядка 25–30 мН/м [7, 14], что обеспечивает глубокое проникающее действие раствора в пористую структуру лесных горючих материалов. Это принципиально важно для тушения торфяных и подстилочных

пожаров, где горение протекает в глубине материала и не может быть подавлено поверхностной обработкой [3, 5].

Вторым важным эффектом является изменение теплофизических характеристик раствора. Растворы солей обладают более высокой теплоёмкостью и теплопроводностью по сравнению с чистой водой, что интенсифицирует теплоотвод от зоны горения [2, 14]. Кроме того, наличие растворённых солей снижает давление насыщенного пара, что замедляет испарение и увеличивает время контакта огнетушащего раствора с нагретой поверхностью [7].

Третий механизм связан с термическим разложением солей в зоне пламени. При температурах 800–1200 °C, характерных для зоны активного горения, соли щелочных металлов диссоциируют с выделением активных ионов, которые вступают в реакции с радикалами пламени [8, 11, 15]. Таким образом, раствор одновременно воздействует на все три составляющие процесса горения: тепловую (охлаждение), массообменную (покрытие и изоляция) и кинетическую (ингибирование).

Совокупность этих механизмов обеспечивает эффект, который может быть охарактеризован как двойное (или тройное) действие огнетушащего состава: охлаждение + ингибирование + покрытие.

Для количественной оценки преимуществ составов на основе солей щелочных металлов проведён сравнительный анализ их характеристик с чистой водой и косвенными аналогами — смачивающими и пенообразующими составами [1, 6, 7]. Результаты представлены в таблице.

Таблица. **Сравнительные характеристики огнетушащих средств**

Параметр	**Чистая вода**	**Смачивающие составы**	**Пенообразующие составы**	**Предлагаемый составов**
Рабочая концентрация, %	100	3	3	1
Расход воды на 1 м² очага, л	1,8–2,0	1,8	1,2	0,8
Механизм подавления горения	Охлаждение	Охлаждение + покрытие	Охлаждение + покрытие	Охлаждение+ ингибирование + покрытие
Поверхностное натяжение раствора, мН/м	72	30–35	25–30	25–30
Экологическая безопасность	Абсолютная	Низкая	Низкая	Высокая

Параметр	Чистая вода	Смачивающие составы	Пенообразующие составы	Предлагаемый составов
Стабильность раствора	-	Низкая	Низкая	Высокая
Возможность приготовления в полевых условиях	-	Нет	Нет	Есть

Как видно из таблицы, составы на основе солей щелочных металлов превосходят косвенные аналоги по всем ключевым показателям. Снижение рабочей концентрации до 1 % позволяет сократить массу перевозимого концентрата в 3 – 6 раз, что имеет критическое значение при тушении пожаров в труднодоступных районах, где доставка огнетушащих средств осуществляется авиацией или наземным транспортом с ограниченной грузоподъёмностью [1, 6].

Снижение расхода воды на 1 м² очага пожара до 0,8 л означает, что один литр раствора способен эффективно ликвидировать до 1,2 м² активного очага горения, в то время как чистая вода при аналогичном объёме покрывает не более 0,5 м² [7]. Таким образом, эффективность тушения возрастает в 2,4 раза.

Проведённый анализ позволяет сформулировать научно обоснованную потребность в огнетушащих составах двойного действия для тушения природных пожаров. Она определяется следующими факторами:

1. Низкая эффективность чистой воды при тушении пористых лесных горючих материалов, обусловленная высоким поверхностным натяжением и преимущественно физическим механизмом воздействия [3, 5, 7].
2. Необходимость одновременного воздействия на тепловую и кинетическую составляющие процесса горения для предотвращения повторного воспламенения и надёжной локализации очага [8, 9, 11].
3. Ограниченность существующих химических добавок, которые либо требуют высоких концентраций, либо токсичны, либо не обеспечивают ингибирующего действия [7, 13].
4. Требование ресурсосбережения — снижение расхода воды и массы перевозимого концентрата при сохранении или повышении огнетушащей эффективности [1, 2, 6].
5. Необходимость приготовления раствора непосредственно на месте пожара из сухого концентрата и доступной природной воды, что упрощает логистику и расширяет область применения [1, 6].

Составы на основе солей щелочных металлов отвечают всем перечисленным требованиям. Они обеспечивают комбинированный механизм пожаротушения, позволяют снизить рабочую концентрацию до 1 %, обладают высокой стабильностью и экологической безопасностью, совместимы со

штатной пожарной техникой и могут быть приготовлены в полевых условиях [7, 8, 14].

Дальнейшие исследования в данной области должны быть направлены на оптимизацию синергетических соотношений активных солей, изучение кинетики растворения состава в воде различной жёсткости, исследование коррозионной агрессивности растворов по отношению к конструкционным материалам пожарной техники, а также на проведение натурных полигонных испытаний по ГОСТ с целью подтверждения заявленных характеристик в условиях, приближенных к реальным [2, 3, 7].

Выводы:

1. Показано, что низкая эффективность воды при тушении природных пожаров обусловлена преимущественно физическим механизмом охлаждения, который не обеспечивает прерывания цепных радикальных реакций горения и глубокого проникновения в пористую структуру лесных горючих материалов [3, 5, 7].
2. Научно обоснована необходимость применения огнетушащих составов двойного действия, реализующих комбинированный механизм: физическое охлаждение, химическое ингибирование цепных реакций горения и покрытие поверхности горючего материала [8, 9, 11].
3. Раскрыты физико-химические механизмы действия водных растворов солей щелочных металлов: снижение поверхностного натяжения до 25–30 мН/м, термическая диссоциация солей с образованием активных ионов, обрыв кинетических цепей пламени, изменение теплофизических характеристик раствора [7, 8, 12, 15].
4. Установлено, что применение составов на основе солей щелочных металлов позволяет снизить рабочую концентрацию до 1 %, уменьшить расход воды на 1 м² очага пожара до 0,8 л и повысить огнетушащую эффективность воды в 2,4 раза по сравнению с чистой водой [1, 6, 7].
5. Показано, что составы на основе солей щелочных металлов превосходят косвенные аналоги (смачиватели, пенообразователи) по таким показателям, как экологическая безопасность, стабильность раствора, возможность приготовления в полевых условиях и отсутствие затрат на утилизацию [7, 13, 14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В., Стрижак П. А. и др. Влияние способа подачи воды в зону лесного пожара на эффективность его тушения // Пожарная безопасность. — 2020. — № 3. — С. 45–53.

2. Волков Р. С., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Подавление термического разложения и пламенного горения конденсированных веществ при разной высоте начала движения массива воды // Физика горения и взрыва. — 2020. — Т. 56, № 2. - С. 78–86.

3. Барановский Н. В., Кириенко В. А. Исследование зажигания лесных горючих материалов в высокотемпературной среде // Инженерно-физический журнал. — 2020. — Т. 93, № 4. — С. 892–899.

4. Смирнов А. П., Смирнов А. А. Охрана и защита лесов. Лесные пожары : учебное пособие. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с.

5. Чураков Б. П., Чураков Д. Б. Лесная пирология : учебник для вузов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 204 с. — ISBN 978-5-507-49930-4.

6. Орловский С. Н. Борьба с природными пожарами : учебник. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 304 с. — ISBN 978-5-9729-2106-5.

7. Фомин В. И., Дудырев А. С. Физико-химические основы тушения пожаров. — Москва : Академия ГПС МЧС России, 2005. — 212 с.

8. Babushok V. I., Linteris G. T., Hoorelbeke P. Flame inhibition by potassium-containing compounds // Combustion Science and Technology. — 2017. — Vol. 189, No. 12. — P. 2033–2048. — DOI: 10.1080/00102202.2017.1347162.

9. On the mechanism of flame inhibition by alkali metal salts // Combustion and Flame. — 1970. — Vol. 14, No. 1. — P. 85–94.

10. Linteris G. T., Rumminger M. D., Babushok V. I. Final report: Inhibition of combustion by metal compounds. — Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology, 1998. — NIST Technical Note 1279.

12. Linteris G. T., Knyazev V. D., Babushok V. I. Inhibition of premixed methane flames by metal compounds // Halon Options Technical Working Conference Proceedings. — Albuquerque, NM, 1999. — P. 162–172.

13. Extinction phenomenon of premixed flames with alkali metal compounds // Combustion and Flame. — 1984. — Vol. 57, No. 1. — P. 87–94.

14. Alkali metal salt aerosols as fire extinguishants. — Washington : Naval Research Laboratory, 1993. — NRL/MR/6180--93-7295.

15. Suppression mechanisms of alkali metal compounds. — Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology, 1999. — NIST Report R9902716.

16. Inhibition effectiveness of aerosols containing alkali metal compounds. — Washington : Naval Research Laboratory, 2005. — NIST Fire Research Report R0501578.

УДК 621

А. К. Коняхин, Н. А. Кропотова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Проведено исследование поведения строительных крепежей от повышенных условий. Результаты прочностного анализа на растяжение подтверждают разупрочнение металлических крепежных материалов от повышения температуры, в особенности условий пожара. На основании микроструктурного анализа сделаны выводы о фазовых переходах, очень важные для будущего эксперта.

Ключевые слова: влияние температуры на металл, разупрочнение, снижение прочности стали, крепежные материалы, экспертная деятельность.

A. K. Konayhin, N. A. Kropotova

STUDY OF THE EFFECT OF ELEVATED TEMPERATURES ON METAL MATERIALS USED IN CONSTRUCTION

A study was conducted on the behavior of construction fasteners under elevated conditions. The results of the tensile strength analysis confirm the softening of metal fastening materials due to an increase in temperature, especially under fire conditions. Based on microstructural analysis, conclusions were drawn regarding phase transitions, which are very important for the future expert.

Keywords: the effect of temperature on metal, softening, reduction in the strength of steel, fastening materials, expert activities.

Крепежные стальные материалы и изделия на их основе часто применяются в строительстве, промышленности, технике. Основное назначение крепежа в этом случае заключается в скреплении конструкций из различного материала: пластмасса, дерево, сплавы металлов. В качестве крепежа применяются следующие объекты: болты, шпильки, гвозди, саморезы, другие, но отметим, что данные строительные крепежные элементы оставляют след, но не самостоятельный указатель источника и причины пожаров. С помощью их можно определить очаг пожара. Металлоконструкции, применяемые в строительстве, при пожаре нагреваются неравномерно, и по своим параметрам они огромные, часто изъять даже малую часть материала достаточно проблематично, а вот использовать крепежные элементы вполне возможно.

© Коняхин А. К., Кропотова Н. А., 2026

Приведем пример из открытых источников о случившемся пожаре 25 сентября 2026 года в г. Моршанске Тамбовской области. Квартира получила повреждения по всей площади. Сотрудники профильных служб устанавливают причину возникновения пожара, пути распространения.

В каждом конкретном примере, будут свои обстоятельства, но возможность предположить и двигаться в правильном направлении, возможно изымая крепежные элементы, используемые в ремонтных работах. Изъятие производится крепежей массового использования (саморезов или гвоздей) во всех комнатах, кухне, ванной, коридоре. При дополнительном инструментальном исследовании микроструктур изъятых объектов устанавливается, что:

– в коридоре у входа, стальные материалы нагреты до 120 ^{0}C: доминирующий процесс возврат – возвращение части дислокаций в равновесное состояние, что сопровождается укрупнению зерен (кристаллитов), а также возможная собирательная рекристаллизация – рост зерен за счет других зерен;

– в коридоре на пересечении между кухней и комнатой – до 160 ^{0}C: возврат – снятие внутренних напряжений, меняются границы зерен (феррита и перлита) и распределение фаз, которое сопровождается снижением твердости и повышением пластичности;

– в одной из комнат стальные материалы были нагреты до температуры 200 ^{0}C – температура низкого отпуска: сопровождается снятием внутренних напряжений, без изменения фазовых превращений, могут расти зерна за счет других, но отметим лишь снижение микротвердости, в низкоуглеродистых сталях менее выраженные изменения, чем в высокоуглеродистых, поэтому улучшается вязкость без снижения твердости и прочности;

– в кухне – до 400 ^{0}C: изменения в фазовой структуре – образование остаточного аустенита или мартенсита, накопление дефектов (разорванные петли дислокаций и их сплетения, газовые пузыри), которые снижают прочность материала, повышая пластичность, изменяются также размеры зерен – рост аустенитного зерна.

Следовательно, можно сделать вывод о пути распространения огня, при установлении очага пожара в кухне.

Ссылаясь на результаты аналитического обзора по деятельности эксперта исследовательской пожарной лаборатории ГУ МЧС России по Тамбовской области за последний год, можно сделать следующие выводы:

– количество пожаров не снижается;

– часто приходится работать эксперту в условиях неопределенности со сгоревшими остатками элементов строительной конструкции после пожара, выявляя очаг возгорание и причину, а также устанавливать возможные пути распространения горения;

– в практической деятельности эксперта достаточно много примеров, когда после пожара можно найти лишь металлические крепежные элементы, применяемые в строительных конструкциях, различных приборов, поэтому

проведя исследование можно достоверно определить по фазовым превращениям температуру, оценить приближение к очагу пожара и в конечном счете установить очаг возникновения пожара.

Объект исследования – стальные гвозди строительные разного состава с гладкой поверхностью стержня.

Цель исследования – определение прочностных свойств и поведения гвоздей различных марок стали при повышенных температурах в интервале 25-800 ^{0}C, объяснение фазовых переходных состояний с помощью микроструктурного анализа.

Все исследование включало 4 этапа: подготовительный, исследование механических свойств материалов, микроструктурный анализ объектов, результаты исследования. Разберем более подробно каждый из этапов.

Подготовительный этап заключается в подготовке материалов разных марок стали для проведения исследования., описание внешнего вида и возможного механизма изменения их структур при изготовлении. В качестве материалов были выбраны строительные гвозди.

Строительный гвоздь – это металлический пруток с заточенным концом на одной стороне и холоднодеформированной плоской шляпкой с другой.

Во время изготовления данных изделий происходит изменение структуры стали. При технологии волочения – изготовления гвоздя как строительного изделия происходит уплотнение поверхности металлической кристаллической решетки – вероятно всего это явление наклёп. Подобное явление уплотнения стальной поверхности за счет ударной нагрузки при изготовлении шляпки гвоздя, но данное явление на шляпке гвоздя нами не исследовалось. Наш интерес – исследование самого стержня гвоздя. Наклёп для металлической кристаллической структуры описывается его термодинамически неустойчивым состоянием. Полученная энергия в стержне гвоздя затрачивается на уплотнение металлической кристаллической решетки, что дестабилизирует саму кристаллическую решетку по всему объему гвоздя. При нагреве подобные изделия претерпевают изменения, которые влияют на механические свойства крепежного материала [1].

Описание внешнего вида образцов для исследования представлено в табл. 1.

Таблица 1. **Описание внешнего вида образцов и их геометрические параметры**

№ образца	Диаметр, мм	Длина изделия, мм	Площадь поперечного сечения, мм^2	Внешний вид	Марка стали
1	3,0	70	7,065	Металлический серебристый цвет, без защитного покрытия	Ст1кп
2	3,5	90	9,617	Металлический темно-серебристый цвет, с защитной фосфатной пленкой $FePO_4 \cdot xMnPO_4$	фосф. Ст2кп

№ образца	Диаметр, мм	Длина изделия, мм	Площадь поперечного сечения, мм^2	Внешний вид	Марка стали
3	4,0	100	12,56	Металлический светло-серебристый цвет, с оцинкованным покрытием (гладкая)	Ст3кп электролитное покрытие Ц1

Основа для образцов 1 и 2 взята низкоуглеродистая сталь, которая обеспечивает баланс между гибкостью и прочностью на разрыв. Причем на образце 2 имеется фосфатная пленка (слой фосфатов), способный повысить коррозионную стойкость и адгезию с лаками и красками. Образец 3 взят из низкоуглеродистой стали с оцинкованным покрытием (жертвенный анод), позволяющим повысить антикоррозионную устойчивость к эксплуатируемой среде [2].

Исследование механических свойств материалов. Механические свойства стальных крепежных образцов проводили в стандартных условиях. Определили прочность стальных гвоздей разных марок, оценив еще зону упругих деформаций, текучесть, пластичность и хрупкость, а также описали характер разрушения. Исследование состояло из нескольких частей: при стандартных условиях, при температурах нагрева от 100 ^{0}C до 800 ^{0}C, каждые сто градусов [3]. Нагрев образцов проводили в высокотемпературной камерной электрической печи ПЛ 10/12,5. Определили прочность и твердость стальных гвоздей разных марок, упругость, текучесть, пластичность и хрупкость, а также описали характер разрушения.

В качестве лабораторного оборудования использовали РМ-5, со скоростью движения траверсы 5 мм/мин. Условия проведения исследования стандартные. Каждый образец состоял из трех исследований, который практически повторял, т.е. любая точка кривых включала среднее значение из выборки. Основные результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Протокол испытания строительных гвоздей на прочность с помощью РМ-5**

№ образца	Приложенная нагрузка, Н			Предел прочности, $\sigma_в$, МПа
	$F_{упр}$	$F_т$	F_{max}	
1	200	1600	2970	420
2	160	1200	4620	480
3	140	1500	6530	520

В аналогичных условиях исследовали твердость стального материала закупленных образцов. Исследование на твердость проводили с помощью твердомера Роквелла. Использовался индентор – алмазный конус при угле у основания 120 ^{0}C, поэтому шкала HRC. Основные результаты исследования представлены в табл. 3.

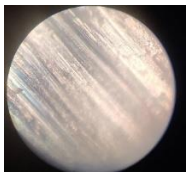
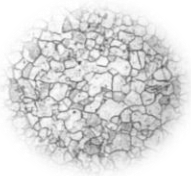
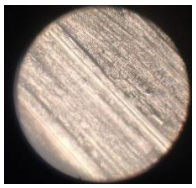
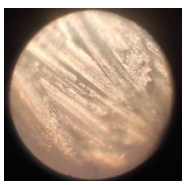
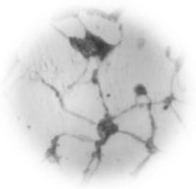
Таблица 3. **Протокол исследования твердости стальных гвоздей с помощью твердомера Роквелла**

№ образца	Твердость, HRC			
	1 испытание	2 испытание	3 испытание	Среднее значение
1	36	32	27	32
2	37	38	34	36
3	41	37	38	38

В результате воздействия высоких температур структура металла и его кристаллическая решетка претерпевает необратимые изменения. Поэтому следующим этапом является анализ фазовых состояний и их переходов при повышении температуры.

Микроструктурный анализ объектов. Микроструктурный анализ проводили на микроскопах «АЛЬТАМиМет. Вар.2» (100×1250). Оказалось, что чем прочнее сталь, применяемая для изготовления гвоздей, тем мельче зерна образуют кристаллическую решетку (табл. 4). Сталь, обладающая более низким качеством Ст1кп имеет в своей структуре дефекты кристаллической решетки, что подтвердилось несколькими процедурами изготовления микрошлива, а вот сталь Ст2 более равномерная и гладкая, не имеет дефектов. На микроструктурных фотографиях заметно влияние высоких температур.

Таблица 4. **Макроструктура и микроструктура стали**

№ образца	Макроструктура стали (×50)	Микроструктура образцов (×100)		Характерные изменения
		До воздействия температур	Нагрев образцов до 500 ^{0}C	
1				Увеличение размера зерен в 4-8 раз
2			 Фосфор диффундирует в сталь	При неправильном режиме нагрева возможно появление видманштеттовой структуры или других неравновесных структур, ухудшающих свойства
3			 Цинк диффундирует в сталь	

Результаты исследования. Результаты проведенного испытания, показали следующие зависимости механических свойств от температуры:

– снижение прочностных свойств стального материала и повышение пластичности;

– на микроструктурном уровне идет рост кристаллов за счет других;

– цинк и фосфор диффундирует с поверхности стального гвоздя внутрь;

– чем меньше диаметр, тем больше твердость стали.

Для эксперта важно: чем выше температура и больше продолжительность нагрева стального гвоздя, тем полнее протекает процесс рекристаллизации, что возможно определить с помощью какого-либо инструментального метода степень рекристаллизации каждого изъятого с места пожара холоднодеформированного изделия, то можно было бы оценить степень термических поражений конструкций в зонах пожара, откуда взяты на исследование данные объекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кропотова, Н. А. Технологическая разработка мобильного устройства для облегчения ремонта узлов и агрегатов пожарной техники / Н. А. Кропотова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2025. – № 10. – С. 446-453. – DOI 10.36652/0202-3350-2025-26-10-446-453. – EDN RCTUBB.

2. Покровский, А. А. Разработка компоновки мобильного средства на базе легкового шасси повышенной проходимости для тушения ландшафтных пожаров / А. А. Покровский, В. В. Киселев, Н. А. Кропотова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2026. – Т. 27, № 1(306). – С. 3-6. – DOI 10.36652/0202-3350-2026-27-1-3-6. – EDN MJVMMG.

3. Пучков, П. В. Исследование прочностных показателей наиболее нагруженных деталей башенной сушилки с использованием компьютерного моделирования / П. В. Пучков, В. Е. Иванов // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 1. – С. 85-87. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-85-87. – EDN CNFAKE.

УДК 614

А. М. Коровенков, Д. Е. Цветков
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СУХОПУТНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье рассматриваются актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности на объектах сухопутного транспорта (автомобильном и железнодорожном подвижном составе) за период 2021–2026 гг. Проведен статистический анализ частоты возникновения транспортных пожаров и причинно-

© Коровенков А. М., Цветков Д. Е., 2026

следственных связей. Исследована судебная практика по возмещению ущерба, причиненного пожарами на транспорте, выявлены ключевые правовые и технические коллизии. Предложены комплексные инженерно-технические и организационные решения по минимизации рисков.

Ключевые слова: пожарная безопасность, сухопутный транспорт, автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт, судебная практика, технический регламент, превентивные меры.

A. M. Korovenkov, D. E.Tsvetkov

PROBLEMS AND SOLUTIONS IN THE FIELD OF ENSURING FIRE SAFETY ON LAND TRANSPORT

The article examines current issues related to ensuring fire safety at land transport facilities (vehicles and railway rolling stock) for the period from 2021 to 2026. A statistical analysis of the frequency of transport fires and their cause and effect relationships has been carried out. The judicial practice regarding compensation for damage caused by fires in transport has been studied, and key legal and technical conflicts have been identified. Comprehensive engineering, technical, and organizational solutions to minimize risks have been proposed.

Keywords: fire safety, land transport, road transport, rail transport, judicial practice, technical regulation, preventive measures.

Сухопутный транспорт, включая автомобильный, железнодорожный и электрический подземный и наземный (метро, трамваи), представляет собой область с повышенным уровнем техногенных рисков. Рост интенсивности транспортных потоков, расширение электрификации подвижного состава, усложнение электронных систем на борту, а также увеличение числа транспортных средств на альтернативных источниках энергии (например, электромобили и гибриды) создают новые вызовы для систем пожарной безопасности. В некоторых случаях отсутствует специализированная законодательная база [1]. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что пожары на сухопутном транспорте отличаются быстрым развитием, сложностью организации эвакуации, значительными материальными потерями и угрозой для жизни людей. Основной целью статьи является системный анализ тенденций пожаров на сухопутном транспорте в период с 2021 по 2026 годы, рассмотрение соответствующей судебной практики и выработка научно обоснованных рекомендаций по решению выявленных проблем.

Статистика МЧС России и отчеты контролирующих органов за период с 2021 по 2026 год свидетельствуют о том, что пожары на транспортных средствах неизменно занимают от 12 % до 16 % в структуре всех техногенных возгораний. Ежегодно в стране фиксируется от 16 до 18 тысяч подобных инцидентов, при этом более 85 % случаев приходится именно на автомобили. Исследования показывают, что даже на фоне общего сокращения числа техногенных пожаров к 2025–2026 годам (когда их количество снизилось до 317 311 случаев в 2025 году) удельный вес транспортных возгораний остается высоким [2-5]. Основными причинами аварий на автомобилях являются износ парка, использование контрафактных деталей и нелегальные доработки. В свою очередь, на железной дороге главными рисками

становятся изношенность локомотивов и несоблюдение правил технического обслуживания.

Современные автомобили преобладают пластиковыми деталями, композитными материалами и сложными электропроводками. В случае локального замыкания огонь стремительно охватывает салон за несколько секунд. Значительную проблему в период 2024–2026 годов представляет массовый переход на электромобили и гибриды: литий-ионные аккумуляции при механических повреждениях или внутренних КЗ подвержены тепловому разгону, который крайне сложно потушить традиционными методами. Действующие требования технического регламента ТС (ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств») и нормы для железнодорожного транспорта зачастую отстают от темпов внедрения новых технологий. Отмечается нехватка строгих стандартов на системы раннего выявления возгораний в моторных отсеках грузовых и пассажирских машин.

Анализ правоприменительной практики по делам о возгораниях на наземном транспорте в России за период 2021–2026 годов выявляет стабильные паттерны определения вины. Разбирательства можно классифицировать на три основные группы: конфликты между владельцами автомобилей и страховщиками (по полисам КАСКО и ОСАГО). Страховые компании часто пытаются трактовать пожар как случай конструктивного уничтожения из-за заводского дефекта или как событие, не подлежащее страхованию. В большинстве ситуаций суды инициируют проведение комплексных пожарно-технических экспертиз. При выявлении производственных браков (например, неисправности топливной рампы или отсутствия изоляции проводов) суды удовлетворяют требования о полной компенсации стоимости транспортного средства и сопутствующих убытков, обязывая выплатить страховщиков или автопроизводителей. Гражданско-правовая ответственность перевозчиков и организаций, эксплуатирующих железнодорожный и общественный транспорт. Если в автобусах или вагонах электропоездов происходит пожар, суды возлагают ответственность на владельцев источника повышенной опасности (согласно ст. 1079 ГК РФ) за ущерб жизни, здоровью и имуществу пассажиров. Освобождение от ответственности возможно лишь при доказанности действия непреодолимой силы или умысла самого потерпевшего. Регрессные претензии к станциям технического обслуживания. Типичны ситуации, когда автомобиль загорается вскоре после ремонта. Судебная практика опирается на презумпцию прямой связи между некачественным обслуживанием (например, нарушением правил установки электрооборудования) и возникновением возгорания. В таких случаях СТО обязывают полностью возместить причиненный вред.

Для фундаментального повышения уровня пожарной безопасности в наземном транспорте требуется осуществление комплекса согласованных мероприятий:

1) интеграция передовых систем обнаружения и ликвидации возгораний: Внедрение на пассажирских и грузовых машинах автоматических установок пожаротушения микрокапсульного типа, позволяющих быстро локализовать огонь в моторном отсеке на начальном этапе;

2) усиление контроля за электрическим транспортом: создание специфических правил утилизации, проверки и тушения литий-ионных батарей электромобилей, а также оснащение пожарных расчетов специальными перфорирующими стволами и герметичными контейнерами;

3) модернизация технического надзора: цифровизация процедур обязательного технического осмотра, борьба с нелегальным оборотом поддельных запчастей и автомобильной химии [5, 6];

4) согласование нормативной базы: обновление государственных стандартов с учетом опыта эксплуатации транспортных средств в экстремальных климатических условиях и при высоких нагрузках. Отдельно следует рассмотреть проблематику защиты мест открытого хранения транспортных средств от ландшафтных пожаров [5-11].

Обеспечение пожарной безопасности на сухопутном транспорте остается приоритетной задачей государства. Статистический анализ за период 2021–2026 гг. подтверждает сохранение высоких рисков техногенных пожаров, обусловленных как старением парка, так и появлением новых технологических вызовов (электротранспорт). Изучение судебной практики доказывает необходимость усиления правовой и технической ответственности изготовителей, ремонтных организаций и перевозчиков. Реализация предложенных инженерно-технических и нормативных решений позволит существенно снизить количество пожаров, минимизировать материальный ущерб и защитить жизнь и здоровье граждан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

2. Бурылина Т.А. [и др.] Информационные технологии для учета пожаров и их последствий. Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК - 2016): сб. материалов межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов (с международным участием). Ч. 2. – Иваново: ИВГПУ, 2016. – С. 342-343. EDN: WAHVWR

4. Салихова А. Х. [и др.] Опыт прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации на примере Ивановской области // Техносферная безопасность. 2018. № 1 (18). – С.9-16. EDN: YUDJEB

5. Чеснокова Л. Н. [и др.] О методах противопожарной пропаганды, используемых специалистами ГУ МЧС России по Ивановской области// Пожарная и аварийная безопасность. Сетевое издание. – Вып. 1 (12). – 2019. – С.98-104. EDN: NSQNZI

6. Салихова А.Х. [и др.] Разработка программы прогнозирования пожаров на объектах защиты на основе статистических данных. Материалы IV всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов», посвященной Году гражданской обороны, Ивановская пожарно-спасательная академия, 2017, С. 203-210. EDN: ZVUQZR

7. Мальцев А.Н. [и др.] База данных по теплофизическим характеристикам для разработки устройств в целях предотвращения распространения ландшафтного пожара // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2025620979, 03.03.2025. Заявка № 2025620518 от 24.02.2025. EDN: EJOHBL

8. Мальцев А.Н. [и др.] Теплоперенос в стеклопластике, используемом для создания устройства в целях предотвращения распространения ландшафтного пожара // Сборник научных трудов международного научно-технического симпозиума ISTS "EESTE-2024". Москва, 2024. С. 138-141. EDN: OMTCAU

9. Мальцев А.Н. [и др.] Оценка эффективности затрат по обеспечению пожарной безопасности малого сельского поселения при защите от ландшафтного пожара // В сборнике: Качество жизни: архитектура, строительство, транспорт, образование. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 153-156. EDN: YRGAWM

10. Лазарев А.А. [и др.] Ветровые нагрузки на устройства для ограничения распространения ландшафтных пожаров на сельскохозяйственных землях // В сборнике: Экологические аспекты современных городов. Сборник материалов I национальной научно-практической конференции с международным участием. Иваново, 2024. С. 71-75. EDN: ORMVQB

11. Лазарев А.А., Мальцев А.Н. О проблеме создания противопожарных преград для защиты от ландшафтных пожаров // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 4 (45). С. 78-85. EDN: YOPCHY

12. Мальцев А.Н., Лазарев А.А. Вероятностный подход к созданию модели распространения ландшафтного пожара // В сборнике: Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности. сборник материалов Дней науки с международным участием, посвященных 90-летию Гражданской обороны России. В 2-х частях. Екатеринбург, 2022. С. 121-125. EDN: PPDQAG

УДК 699.81

А. В. Косарева, А. И. Закинчак, Д. Ю. Иванова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РОБОТОТИЗИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ НА ОБЪЕКТАХ СО ВЗРЫВЧАТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

В статье рассмотрены особенности противопожарной защиты объектов со взрывчатыми материалами с помощью роботизированных установок. На примере продукции конкретной компании показаны возможности систем по ликвидации пожаров и минимизации последствий ЧС в зонах, опасных для человека.

Ключевые слова: противопожарная защита, робототизированные установки пожаротушения, взрывчатые материалы

A. V. Kosareva, A. I. Zakinchak, D. Yu. Ivanova

ROBOTIC FIRE EXTINGUISHMENT SYSTEMS FOR FIRE PROTECTION AND ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF FIRES AND EXPLOSIONS AT FACILITIES CONTAINING EXPLOSIVE MATERIALS

© Косарева А. В., Закинчак А. И., Иванова Д. Ю., 2026

The article examines the features of fire protection for facilities containing explosive materials using robotic systems. Using the example of a specific company's products, the capabilities of systems for fire suppression and minimizing the consequences of emergencies in areas hazardous to humans are demonstrated.

Keywords: fire protection, robotic fire suppression systems, explosives

Объекты, на которых производятся, хранятся, перерабатываются, перевозятся либо уничтожаются взрывчатые вещества и изделия, содержащие такие вещества, характеризуются повышенным уровнем пожарной и промышленной опасности. Развитие пожара на таких объектах может привести к тепловому воздействию на взрывчатые материалы, разрушению технологического оборудования, образованию вторичных очагов горения и поражению персонала опасными факторами пожара и взрыва.

Цель исследования - обосновать условия применения роботизированных установок пожаротушения при защите объектов с обращением взрывчатых материалов на основе сопоставления сценариев пожара и взрыва, требований к взрывозащите оборудования, параметров подачи огнетушащих веществ и необходимости исключения пребывания персонала в опасной зоне.

Объекты со взрывчатыми материалами принято относить к числу опасных производственных объектов. Это закреплено в Федеральном законе от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1]. В последней редакции данного нормативно-правового акта от 31 июля 2025 года упоминается, что к категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых обращаются взрывчатые вещества, то есть вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов. По данным ФГБУ ВНИИПО МЧС России «Пожары и пожарная безопасность в 2025г.» рассмотрим статистику пожаров на производственных объектах (рисунок) [2].

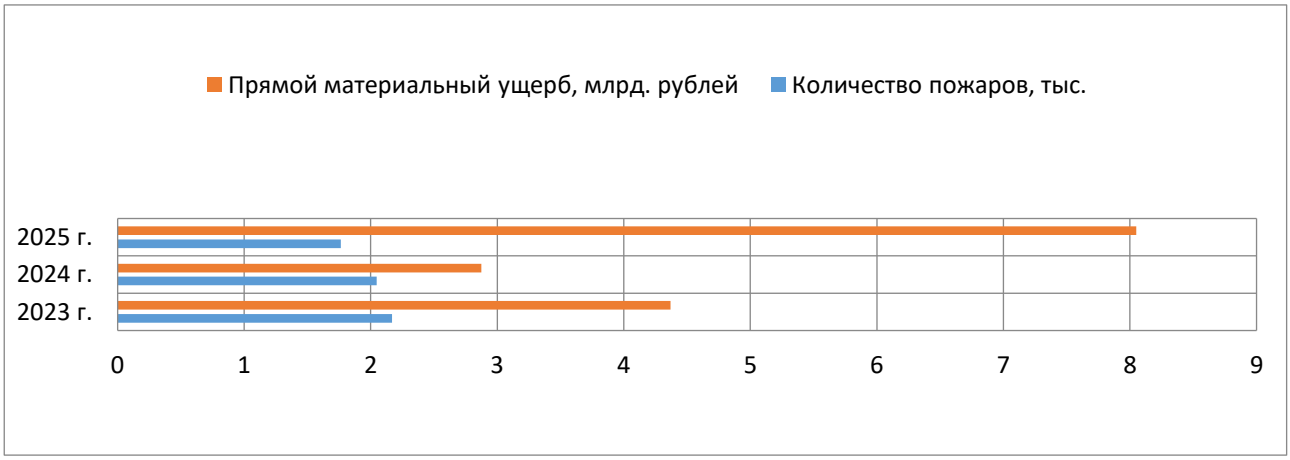


Рисунок. Распределение основных показателей обстановки с пожарами за 2023–2025 гг. на производственных объектах

Согласно данным статистики о пожарах количество пожаров уменьшилось примерно в 1,23 раза, но материальный ущерб увеличился в 2,8 раз. Это может быть связано с недостаточным оснащением объекта системами пожаротушения или неэффективным применением таких систем.

Роботизированные комплексы и системы для противопожарной защиты на объектах со взрывчатыми материалами (ВМ) — это критически важное решение, которое позволяет минимизировать риски для жизни людей и снизить материальный ущерб при возгорании или взрыве. Такие системы обеспечивают раннее обнаружение очага, локализацию пожара, защиту технологического оборудования, а также проведение аварийно-спасательных работ с безопасной дистанции. Ключевые особенности таких систем:

- Взрывозащищённое исполнение.
- Дистанционное управление.
- Многофункциональность.
- Интеллектуальные системы обнаружения.
- Программируемость.
- Передача данных.

Разберем некоторые робототизированные установки пожаротушения во взрывозащищенном исполнении. Для этого рассмотрим продукцию компании ООО "Инженерный центр "ЭФЭР", которая является производителем современных систем пожаротушения на базе лафетных стволов и роботизированных установок пожаротушения. Роботизированная установка пожаротушения во взрывозащищенном исполнении представляет собой комплекс из двух и более пожарных роботов во взрывозащищенном исполнении.

Рассмотрим некоторые составляющие таких установок:

ПР-ЛСД-С20(15,25)У-Ех-ИК – стационарный взрывозащищённый пожарный робот с расходом 15, 20 или 25 л/с, автоматическим наведением и универсальным насадком [3].

ПР-ЛСД-С60(50,70,80)У-Ех-ТВ − стационарный взрывозащищённый водопенный робот с программным управлением, расходом 50–80 л/с и внешней ТВ-камерой. Обеспечивает подачу сплошной или распылённой струи, тушение и охлаждение конструкций [3].

ШУ-Ех − взрывозащищённый шкаф управления лафетным стволом и дисковым затвором; может работать самостоятельно или в составе РУП [3].

ДЗЭ-100 Ех − взрывозащищённый дисковый поворотный затвор с электроприводом, используемый как запорная арматура в составе системы управления [3].

Проведем оценку возможностей роботизированных установок пожаротушения в сравнении с обычными стационарными лафетными и ручными пожарными стволами (табл.1). Рассмотрим основные различия по нескольким критериям. Сопоставление данных характеристик позволит определить преимущества и ограничения роботизированных установок при

обеспечении пожарной безопасности объектов со взрывчатыми материалами [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что РУП не является абсолютной заменой другим способам подачи огнетушащих веществ: она уменьшает риск для человека, но повышает зависимость от электропитания, связи, приводов, программного управления и технического обслуживания.

Таблица 1. **Оценка возможностей роботизированных установок**

Параметр	**Роботизированная установка**	**Обычный стационарный лафетный ствол**	**Ручной пожарный ствол**
Нахождение человека в опасной зоне	Не требуется при дистанционном или автоматическом режиме	Может потребоваться для наведения или локального управления	Требуется
Дистанционное изменение направления струи	Предусмотрено приводами и системой управления	Ограничено конструкцией или зависит от исполнения	Выполняется вручную
Получение обратной связи	Возможны видеоканал, положение ствола, состояние арматуры	Зависит от проекта	Ограничено визуальным наблюдением
Зависимость от энергоснабжения и связи	Высокая, требуется резервирование и контроль отказов	Средняя	Ниже, но зависит от доступа персонала
Возможность работы при угрозе взрыва	Зависит от зонного исполнения и размещения оборудования	Зависит от конструкции и размещения	Ограничена опасностью для личного состава
Требования к обслуживанию	Высокие: приводы, связь, оптика, программное обеспечение, арматура	Умеренные	Относительно низкие

Таблица 2. **«Сценарии применения роботизированных установок»**

Сценарий	**Основная цель РУП**	**Возможное действие**	**Ограничение**
Локальное горение технологического оборудования	Локализация и недопущение распространения	Подача воды, пены или иного предусмотренного огнетушащего вещества	Необходимо исключить несовместимость ОТВ с обращающимся веществом
Нагрев соседних аппаратов или хранилищ	Снижение теплового воздействия	Охлаждение защищаемых поверхностей	Эффективность зависит от расхода, интенсивности и геометрии орошения
Угроза распространения пожара на склад ВМ	Создание водяных завес, охлаждение, защита смежных зон	Дистанционное наведение стволов по проектной программе	Не исключает необходимости эвакуации и

Сценарий	Основная цель РУП	Возможное действие	Ограничение
			установления опасной зоны
Химическое загрязнение либо токсичное облако	Осаждение аэрозолей, паров или пыли — только при обосновании	Распылённая вода по проектному алгоритму	Эффект зависит от физико-химических свойств вещества; не является универсальным методом
Невозможность безопасного приближения пожарных подразделений	Дистанционная разведка и подача ОТВ	Видеонаблюдение, тепловизионный контроль, управление стволом	Возможны потеря связи, загрязнение оптики, разрушение оборудования

Например, при контакте некоторых веществ с водой возможно образование горючих или токсичных продуктов, а интенсивная водяная струя может вызвать механическое смещение горящего материала. При угрозе детонации подача воды может использоваться прежде всего для охлаждения и предотвращения теплового воздействия, но конкретная тактика должна определяться технологическим регламентом, планом ликвидации аварий и проектными решениями.

Таким образом, критерии оценки эффективности РУП будут оцениваться по формуле [5]:

$$T_{реаг} = T_{обн} + T_{реш} + T_{нав} + T_{подачи},$$

где $T_{реаг}$ — суммарное время реагирования; $T_{обн}$ — время обнаружения; $T_{реш}$ — время формирования и передачи команды; $T_{нав}$ — время наведения лафетного ствола; $T_{подачи}$ — время начала подачи огнетушащего вещества.

На наш взгляд, помимо времени реагирования целесообразно оценивать:

- вероятность доступности системы в момент пожара;
- точность наведения;
- расход и давление огнетушащего вещества на стволе;
- площадь эффективного орошения;
- время охлаждения защищаемого оборудования;
- вероятность безопасного функционирования при потере связи;
- время обнаружения отказов приводов, арматуры и источников питания;
- степень снижения необходимости нахождения людей в опасной зоне.

Роботизированная установка может быть интегрирована с системой пожарной сигнализации, извещателями пламени, тепловизионным мониторингом, видеонаблюдением или иными средствами обнаружения. Скорость и достоверность обнаружения определяются прежде всего характеристиками применяемых средств обнаружения, проектными алгоритмами и условиями эксплуатации, а не только свойствами роботизированного лафетного ствола.

Роботизированные установки пожаротушения целесообразно применять на объектах с обращением взрывчатых веществ и материалов в тех случаях, когда развитие пожара сопровождается опасностью теплового воздействия, вторичных взрывов, разрушения оборудования или поражения персонала, ограничивающих возможность непосредственной работы людей в зоне аварии. Их преимущество состоит в дистанционной подаче огнетушащего вещества, программируемом наведении струи и возможности контроля состояния защищаемой зоны.

Вместе с тем эффективность РУП определяется не только техническими параметрами роботизированного лафетного ствола, но и надёжностью средств обнаружения, электропитания, связи, исполнительной арматуры, противопожарного водоснабжения и проектных алгоритмов управления. Выбор огнетушащего вещества, размещение оборудования и режимы его применения должны устанавливаться с учётом свойств обращающихся веществ, сценариев аварии, категории помещений и требований к взрывозащите [4, 5].

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка методики выбора РУП по критериям времени реагирования, точности наведения, доступности оборудования, эффективности охлаждения и снижения риска нахождения персонала в опасной зоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

2. Статистика пожаров и их последствий за 2025 год. Информационно-аналитический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. -Балашиха: ФГБОУ ВНИИПО МЧС России, 2026.

3.Инженерный центр пожарной робототехники [Электронный ресурс] URL: https://firerobots.ru/product/dze100ex?cslug=rupvzryvozashchishchennyye&rup=1 (дата обращения: 11.10.2026)

4. Акименко Д. С. Сравнительный анализ экономической эффективности активных и пассивных систем пожарной защиты на промышленных объектах / Д. С. Акименко, А. И. Закинчак // Современные проблемы обеспечения безопасности : Сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28–29 апреля 2026 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2026. – С. 11-19.

5. Жерехов, Н. Д. Здания и пожарная защита: принципы выбора систем для собственников / Н. Д. Жерехов, А. И. Закинчак // Современные проблемы обеспечения безопасности : Сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28–29 апреля 2026 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы

Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2026. – С. 45-53.

УДК 614.84

О. В. Кочнов
Компания ООО «Рокстон-системы»

АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМА РАБОТЫ СОУЭ

В статье проанализированы основные нормативные требования, регламентирующие необходимость разработки алгоритма работы систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ). Показано, что основания для разработки и применения алгоритма в виде специальной очередности оповещения и последовательности эвакуации должны быть подтверждены не только расчетом индивидуального пожарного риска, но и моделированием процессов эвакуации.

Ключевые слова: системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, алгоритм работы СОУЭ, расчет пожарных рисков.

O. V. Kochnov

ANALYSIS OF REGULATORY BASIS FOR DEVELOPING AN ALGORITHM FOR THE OPERATION OF A FIRE ALARM AND EVACUATION CONTROL SYSTEM

The article analyzes the main regulatory requirements governing the need to develop an algorithm for the operation of a public address and emergency evacuation system. It is shown that the grounds for developing and applying an algorithm in the form of a special notification sequence and evacuation procedure must be confirmed not only by calculating the individual fire risk, but also by modeling the evacuation processes.

Keywords: fire alarm and evacuation control systems, algorithm for the operation of a fire alarm and evacuation control system, calculation of fire risks.

Актуальность вопросов обеспечения пожарной безопасности (ПБ) с одной стороны и активное совершенствование технических решений, используемых технологий с другой, оказывают стимулирующее влияние на разрабатываемые нормативные требования. При этом важной задачей в сфере нормотворческой деятельности является недопущение перекоса, при котором научные принципы, подтверждаемые статистическими данными, уходят на задний план. В этом аспекте необходимо напомнить о таком базовом положении как всей науки, так и сферы нормирования – принципе кумулятивности, согласно которого должно

© Кочнов О. В., 2026

происходить накопление новых знаний, учет базовых научных принципов, в том числе и международного опыта поверяемых, в том числе, работоспособности технических средств. Что касается статистических данных. На сегодняшний день (по крайней мере, у нас в РФ) наблюдается скептическое отношение к сбору информации - данных, полученных в результате проверок объектов, подвергшихся пожарам, в том числе данных, публикуемых в официальных сборниках. Доводилось слышать такое пессимистическое заявления пожарного инспектора: «Нормативные изменения никак не влияют на статистику…». Здесь необходимо отметить три обстоятельства. Во первых. В науке, в передовой мировой практике, статистика является индикатором эффективности того или иного опыта. Во вторых. Без статистических данных не остается абсолютно никакой возможности оценить эффективность принимаемых решений, следовательно, допустимы любые инсинуации. В третьих. Если даже у нас (на сегодняшний день) и существуют перекосы на предмет искусственного завышения результатов проверки, (подгонки и искажений данных), то даже и эти искусственно преувеличенные данные имеют ценность, особенно, если они не затушевывают проблему, а демонстрируют более пессимистичный результат, что очень ценно при оценке риска.

Нормативные основания для разработки алгоритма работы СОУЭ

Основные принципы обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и находящихся в них людей отражены в тех регламенте по ПБ (ФЗ №123ФЗ) [1], согласно 6 статьи которого: «*1.* ***Пожарная безопасность объекта защиты*** *считается обеспеченной при выполнении в полном объеме требований ПБ, установленных настоящим ФЗ, а также одного из следующих условий:1) выполнены требования ПБ, содержащиеся в нормативной документации по ПБ, … настоящего ФЗ; 2)* ***пожарный риск*** *не превышает допустимых значений, установленных настоящим ФЗ; и т.д…..».*

Согласно методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [2], индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если: $R \leq R_{норм}$,где $R_{норм}$ - нормативное значение индивидуального пожарного риска, $R_{норм} = 10^{-6}$ год$^{-1}$.

Согласно 54 статьи ФЗ №123ФЗ, для обеспечения безопасной (с учетом допустимого пожарного риска) эвакуации людей на объектах, где воздействие опасных факторов пожара (ОФП) может привести к травматизму и (или) гибели людей, должны быть применены СОУЭ. Согласно 53 статьи ФЗ №123ФЗ: ***Безопасная эвакуация людей*** *из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если* ***интервал времени*** *от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает* ***необходимого времени эвакуации людей*** *при* пожаре.*».*

Условие обеспечения безопасной эвакуации людей можно записать следующим образом: $t_{\text{р}} < 0{,}8t_{\text{бл}}$, где $t_{\text{бл}}$ - время блокировки ОФП (мин); $t_{\text{р}}$ - расчетное время эвакуации людей из каждой зоны защиты (мин).

На пути применения данной формулы стоят несколько принципиальных трудностей. В формуле (6) для расчета вероятности эвакуации людей, применяемой в методике №1140 [13] время эвакуации людей состоит из двух составляющих – собственно самого расчетного времени или времени движения людей, включая задержки при скоплениях и времени задержки начала эвакуации, определяемое по Приложению 4, согласно которому: Время задержки эвакуации для помещений, оборудованных системами пожарной сигнализации (СПС) или пожаротушения (СПТ) и СОУЭ, определяется:

$$t_{\text{нэ}} = t_{\text{пор}} + t_{\text{ин}}^{\text{обн}} + t_{\text{задерж}}^{\text{СОУЭ}} + t_{\text{предв}}, (1)$$

где $t_{\text{пор}}$ – пороговое значение срабатывания пожарного извещателя; $t_{\text{ин}}^{\text{обн}}$ – инерционность системы обнаружения пожара; $t_{\text{задерж}}^{\text{СОУЭ}}$ – время задержки оповещения; $t_{\text{предв}}$ – время предварительных действий, предшествующих началу эвакуации, принимается равным 60 с – для зданий функциональной пожарной опасности Ф1, 30 с – для остальных, для маломобильной группы населения (МГН) оговаривается отдельно и излагается в виде поэтапных инструкций.

Сложность заключается в следующем. Согласно пункту 5 данного приложения, если значение времени $t_{\text{нэ}}$, рассчитанное по формуле (П4.2 методики) (1), превышает время, приведенное в таблице (П4.1 методики), при расчете следует использовать значение, приведенное в таблице (П4.1). Однако для бодрствующей категории людей $t_{\text{нэ}}$ согласно данной таблице ограничивается 3 минутами, что категорически недостаточно. Даже одно время задержки начала эвакуации по субъективным причинам (не связанное с $t_{\text{предв}}$ и $t_{\text{задерж}}^{\text{СОУЭ}}$) может оказаться гораздо выше 3 минут [3].

Что касается расчета параметра - $t_{\text{задерж}}^{\text{СОУЭ}}$., есть объективная сложность его определения. Согласно требованиям национального стандарта ГОСТ Р 59639-2021 [4]: «*4.14. Проектная документация должна включать в себя обоснование количества и размеров зон пожарного оповещения, а также обеспечение и описание* ***алгоритма работы СОУЭ****, разрабатываемого исходя из условия обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре в здании, сооружении.*

Согласно базовому требованию 84 статьи ФЗ №123 под **алгоритмом работы** СОУЭ понимается специальная очередность: «*5. При разделении здания и сооружения на зоны оповещения людей о пожаре должна быть разработана* ***специальная очередность*** *оповещения о пожаре людей, находящихся в различных помещениях здания и сооружения. 6. Размеры зон оповещения,* ***специальная очередность*** *оповещения людей о пожаре и* ***время начала оповещения*** *людей о пожаре в отдельных зонах должны быть*

определены исходя из условия обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре…»

Согласно требованиям нового свода правил СП 3.13130-2026 [5]: Очередность оповещения (поэтапная эвакуация) должна осуществляться в высотных и многофункциональных зданиях (ср. п. 6.6.1), в зданиях, где предварительно оповещается персонал (п.6.14.4). При этом (п.6.6.2) поэтапная эвакуация может не применяться в случаях обоснования результатами расчета (оценки) индивидуального пожарного риска (ИПР), выполненного в соответствии с [2] и статьей 79 [1]. То есть, если ИПР $\leq 10^{-6}$, то алгоритм работы может не разрабатываться. Другими словами, специальная очередность эвакуации и вводимые значения временных задержек людей допускаются к применению, если они обоснованы расчетами (ср.6.6.3). При этом, основанием для расчета является недооценка риска, ИПР $> 10^{-6}$. Таким образом, из всех наличествующих входных данных и полученных результатов (расчета или моделирования) должны быть доказаны два обязательных условия:

1) Время эвакуации людей при применении алгоритма работы СОУЭ (последовательности эвакуации) должно быть меньше времени эвакуации людей при их одновременном (циркулярном) оповещении:

$$t_{\text{ЭВ_АЛГ}} < t_{\text{ЭВ_ЦО}}, (2)$$

2) При этом, величина ИПР должна снизиться до допустимых значений, ИПР $\leq 10^{-6}$.

Данный подход следует из нормативных требований и оснований, однако, на пути его реализации возникает новый ряд объективных трудностей. Согласно методике №1140, если ИПР$>10^{-6}$, предусматриваются следующие дополнительные противопожарные мероприятия: а) применение дополнительных объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара; б) устройство дополнительных эвакуационных путей, отвечающих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре; в) устройство СОУЭ и повышение их типа; г) применение систем противодымной защиты от воздействия ОФП; д) устройство систем СПТ; е) ограничение количества людей в здании (части здания, помещении) до значений, обеспечивающих безопасность их эвакуации из здания наружу или в безопасную зону. После применения каждого из этих мероприятий выполняется повторный расчет ИПР, который должен подтвердить его эффективность. Следует заметить, что реализация в полной мере компенсирующего мероприятия (в), в связи с упразднением типов СОУЭ в новом своде правил, не представляется возможным. Однако, согласно п.44 методики, при применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия устройства СОУЭ повышенного типа следует выполнить повторный расчет по оценке параметра $t_{\text{р}}$. Здесь имеется ввиду, что в случае применения алгоритма работы (применения поэтапной эвакуации в

зависимости от сценариев возникновения и развития пожара) может произойти *перераспределение потоков* эвакуирующихся, что потребует перерасчета ИПР. Таким образом, под повышением типа следует рассматривать возможность применение алгоритма работы СОУЭ.

Мы показали, что критерием применения алгоритма (введения задержек) является результат расчета ИПР. Однако, на точность его оценки, кроме самого существенного параметра – вероятности эвакуации людей, влияет и точность определения коэффициента, учитывающего соответствие системы противопожарной защиты (ф-ла (7) [2]). В работе [6] были продемонстрированы принципиальные трудности применения готовой формулы, использующей детерминированные коэффициенты. В частности, было показано, что используемая в методике формула (7) не соответствует ни одному структурному построению, применяемому на практике; используемые в этой формуле коэффициенты могут быть определены либо предварительной оценкой эффективности системы пожарной автоматики, либо на основании статистических данных.

Согласно методике, коэффициент соответствия принимается равным: $K_{\text{СОУЭ}}$=0,8 в случае, если выполняется хотя бы одно из следующих условий: оборудование здания СОУЭ не требуется в соответствии с требованиями НД по ПБ; здание оборудовано СОУЭ и соответствует требованиям нормативных документов (НД) по ПБ; эффективность системы подтверждена условием соответствия здания требованиям ПБ (статья 6 ФЗ № 123, см. выше). В остальных случаях значение параметра $K_{\text{СОУЭ}}$=0. Из перечня условий видно, что коэффициент принимается равным 80 % в случае (формального) соответствия систем пожарной автоматики (СПА/СОУЭ) требованиям НД или подтверждением (в виде расчета ИПР). При этом, фактическая или оценочная работоспособность СПА остается за скобками. В этой связи уместно привести данные по работоспособности (эффективности) СПА, опубликованные в официальных статистических сборниках ВНИИПО и рассчитанной на их основании погрешности определения ИПР.

Примечание: В работе [7], опирающейся на [8], приведена интересная и полезная международная статистика по пожарам, затратам и ущербам. Указано, что такая важная статистика, основанная на экономических принципах (затраты / ущерб), к сожалению, в РФ отсутствует. При этом, отечественную статистику по работоспособности СПА авторы статьи характеризуют высокоэффективной, с чем трудно согласиться.

На рис. 1 приведена статистика работоспособности системы пожарной автоматики (СПА) в период с 2014 по 2025 год [9] – [19].

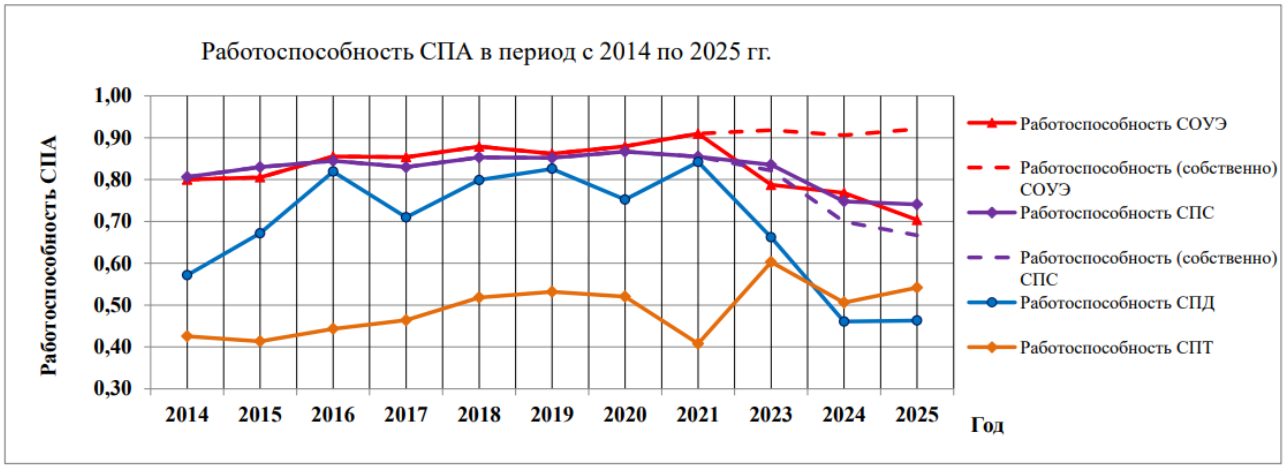


Рис. 1. Статистика работоспособности СПА в период с 2014 по 2025 год.

Из рисунка видно, что начиная с 2023 года (в 2022 году статистики работоспособности СПА не было) наметилось снижение работоспособности СПА: СОУЭ, СПС, систем противодымной защиты (СПД), при этом в работоспособности систем пожаротушения СПТ наметилась тенденция к улучшению. Следует обратить внимание на штрих-пунктирные линии для СОУЭ и СПС. Дело в том, что начиная с 2023 года характер приводимых данных видоизменился. Для СПС и СОУЭ появилась строка – «система не сработала по причине недостижения порога срабатывания». Однако, такая причина характерная для СПС (достроенная пунктирная фиолетовая линия) к СОУЭ имеет лишь опосредованное отношение. Связано такое нововведение (по нашему мнению) только с повсеместным применением комбинированных приборов (ППКП+ППУ). При этом возникает сложность, так как работоспособность СОУЭ на этот момент остается неизвестной, поэтому далее мы будем опираться на приведенные (не штрих пунктирные) данные.



Рис. 2. Сравнение работоспособности различных структурных построений СПА в период с 2014 по 2025 г.

На рис. 2 приведено сравнение работоспособности различных структурных построений СПА в соответствии с нормативными и со статистическими (рис. 1) данными в период с 2014 по 2025г.

Для правильной интерпретации результата нужно пояснение. Понятие работоспособности СПА мы связываем с коэффициентом соответствия по причине того, что последний (первоначально) в действующем стандарте ГОСТ 12.04.001-91 [20], а также [21] называется - вероятностью эффективной работы технических решений противопожарной защиты. Тогда, остается сравнить – результат работы формул (4), (7) методики и более правильной формулы (10), используемой в методике расчета рисков на производственных объектах [21].

Применим эти результаты к оценке ИПР. На рис. 3 приведено относительное увеличение ИПР в зависимости от работоспособности СПА по данным рис. 2.

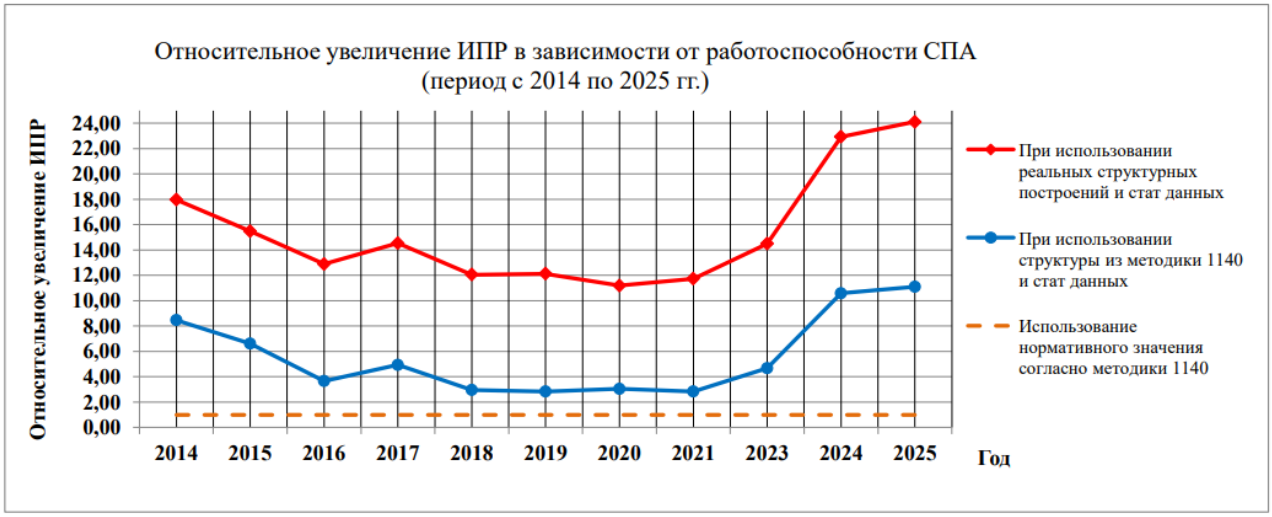


Рис. 3. Относительное увеличение ИПР в зависимости от работоспособности СПА (в период с 2014 по 2025 гг.)

Из рис. 3 следует следующий очевидный результат. При сравнении используемой в методике [2] формулы и рекомендуемых коэффициентов (80 %) и реальных структурных построений СПА и при применении к ним статистических данных наблюдается 24-х кратное увеличение ИПР, следовательно, его недооценка. Из факта недостаточно точной оценки ИПР, в применении к вышеизложенному, можно сформулировать следующие выводы.

Выводы

Из рассмотренных нормативных требований следует, что для высотных, многофункциональных зданий и сооружений, для объектов, в которых первоначально оповещается персонал, необходимо выполнять расчет ИПР. В случае отрицательного результата (ИПР > 10^{-6}), следует разрабатывать компенсирующие мероприятия, одним из которых является применение

алгоритма работы СОУЭ в виде последовательного оповещения и эвакуации. Эффективность такого решения также подтверждается расчетом ИПР. При этом, если величина ИПР имеет тенденцию к недооценке (занижению), то, как было показано выше, это означает, что вероятность в необходимости поэтапной эвакуации исключать нельзя. Кроме того, что для указанных классов зданий, расчет ИПР выполняется обязательно, тогда обязательным должен стать расчет и моделирование процесса эвакуации, позволяющее с высокой точностью определить необходимые задержки эвакуации. При этом, как расчетом, так и моделированием необходимо подтвердить, что время эвакуации с применением алгоритма будет однозначно меньшим, чем время эвакуации при одновременном оповещении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2007 г. №123-ФЗ.

2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС России от 14.11.2022 №1140; зарег. в Минюсте России 20 марта 2023 г. № 72633.

3. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 212 с.

4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 59639-2021 - «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность».

5. СП 3.13130.2026. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2026.

6. Кочнов, О. В. Оценка влияния функционирования речевых систем оповещения на эффективность управления эвакуацией людей : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кочнов Олег Владимирович, 2024. – 220 с.

7. Евгений Мешалкин, Елена Злобина. «О взаимосвязи статистики, норм и применения систем пожарной безопасности», журнал «Пожарная безопасность», 2026 г. https://www.secuteck.ru/articles/o-vzaimosvyazi-statistiki-norm-i-primeneniya-sistem-pozharnoj-bezopasnosti (дата обращения 07.10.2026).

8. Брушлинский Н., Соколов С., Вагнер П. «Земля. Люди. Пожары». Монография. М.: Академия ГПС МЧС России. 2021.

9. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: статистический сборник / под общ. ред. А. В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2015. 124 с.

10. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2016. 137 с.

11. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2017. 137 с.

12. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: статистический сборник / под общ. ред. А. В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2018. 124 с.

13. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.

14. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020. 80 с.

15. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2021. 112 с.

16. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году. Статистика пожаров и их последствия: статистический сборник / В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко, С.И. Мартемьянов, О.В. Надточий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России); П.В. Полехин, А.А. Козлов, М.А. Чебуханов (ДНПР МЧС России). М.: ВНИИПО, 2022. 114 с.

17. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году. Статистика пожаров и их последствия: информационно-аналитический сборник / В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко, О.В. Надточий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), П.В. Полехин, А.А. Козлов, А.М. Грибанов (ДНПР МЧС России); рец. д-р техн. наук, проф. С.В. Соколов (Академия ГПС МЧС России). М., 2024. 110 с.

18. Пожары и пожарная безопасность в 2024 году. Статистика пожаров и их последствия: информационно-аналитический сборник / В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко, О.В. Надточий, Ю.А. Матюшин (ФГБУ ВНИИПО МЧС России); П.В. Полехин, А.А. Козлов (ДНПР МЧС России); М.В. Шевцов (Академия ГПС МЧС России); рец. д-р техн. наук, проф. С.В. Соколов (Академия ГПС МЧС России). М., 2025. 112 с.

19. Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствия: информационно-аналитический сборник / В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина, В.И. Сибирко, О.В. Надточий, Ю.А. Матюшин (ФГБУ ВНИИПО МЧС России); П.В. Полехин, А.А. Козлов (ДНПР МЧС России); М.В. Шевцов (Академия ГПС МЧС России); рец. д-р техн. наук, проф. С.В. Соколов (Академия ГПС МЧС России). М., 2026. 113 с.

20. ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Издательство стандартов, 1991.

21. «Методика определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах (утверждена приказом МЧС России от 26.06.2024 № 533)».

УДК 614.842.6

А. В. Краснов, Л. Т. Абдрафикова
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО НОРМИРОВАНИЮ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ВЫСОТОЙ БОЛЕЕ 21 МЕТРА

В статье рассмотрены вопросы нормирования применения систем пожарной сигнализации в производственных помещениях высотой более 21 метра. Проведён анализ нормативных документов и установлено отсутствие требований к размещению линейных пожарных извещателей. Представлены результаты моделирования газодымопереноса при пожаре в программном комплексе Fire Dynamic System. Доказана эффективность двухъярусной расстановки линейных пожарных извещателей при их использовании для защиты помещений высотой до 40 метров.

Ключевые слова: пожарная сигнализация, линейные пожарные извещатели, производственные помещения, моделирование пожара, нормативные требования, ложные срабатывания.

A. V. Krasnov, L. T. Abdrafikova

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR REGULATING THE USE OF FIRE ALARM SYSTEMS IN INDUSTRIAL FACILITIES WITH A HEIGHT OF MORE THAN 21 METERS

The article examines the issues of regulating the use of fire alarm systems in industrial premises with a height of more than 21 meters. An analysis of regulatory documents was carried out, and it was found that there are no requirements for the placement of linear fire detectors. The results of modeling gas and smoke transfer during a fire in the Fire Dynamic System software package are presented. The effectiveness of a two‑tier arrangement of linear fire detectors when used to protect premises with a height of up to 40 meters has been proven.

Keywords: fire alarm system, linear fire detectors, industrial premises, fire modeling, regulatory requirements, false alarms.

Производственные объекты нефтегазового комплекса характеризуются высокой пожарной нагрузкой и значительными габаритами зданий, в том числе их высотностью. Обеспечение раннего обнаружения возгорания в таких условиях, возлагаемое на систему пожарной сигнализации, является трудной задачей, так как при большей высоте помещения перенос тепла в верхние ее точки (места наличия пожарных извещателей) происходит с задержкой.

© Краснов А. В., Абдрафикова Л. Т., 2026

Анализ действующей нормативной базы, в частности действующего документа по проектированию и монтажу систем пожарной сигнализации – Свода Правил СП 484.1311500.2020 [1], показывает, что применимость точечных дымовых пожарных извещателей ограничивается высотой помещений до 12 метров, а линейных дымовых извещателей – до 21 метра. Таким образом, для производственных помещений высотой более 21 метра нормативные требования по оснащению «массовыми и доступными» системами пожарной сигнализации фактически отсутствуют, что снижает уровень пожарной безопасности данных объектов.

В связи с вышесказанным, актуальной целью является развитие научных основ применения систем раннего обнаружения пожара для производственных зданий высотой более 21 метра. Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи: анализ существующих методов и технологий обработки сигналов систем пожарной сигнализации; анализ отечественных и зарубежных документов, регламентирующих сферу применения систем пожарной сигнализации; моделирование и исследование процесса раннего обнаружения пожара для производственных помещений высотой более 21 метра; разработка рекомендаций по использованию существующих систем раннего обнаружения пожара.

Для моделирования газодымопереноса использовался программный комплекс Fire Dynamic System (FDS) с интерфейсом PyroSim. В качестве объектов исследования были смоделированы и рассмотрены два производственных помещения с габаритными размерами 60×20×25 м (Д×Ш×В) и 100×40×40 м (Д×Ш×В). В каждой модели для обнаружения первичных признаков пожара задавались двухкомпонентные линейные пожарные извещатели, устанавливаемые в два яруса. С одной продольной стороны помещения устанавливалась модель передатчика, с другой – приёмника света.

В качестве модели источника пожара использовался малокалорийный источник тепла с параметрами пожарной нагрузки, соответствующими зоне хранения автомобилей (бензин АИ-92). Параметры нагрузки определены по базе данных Кошмарова [4]. В расчёте предполагалось, что горючие материалы распределены равномерно по всей площади помещения возгорания, а очаг пожара находится в геометрическом центре.

Результаты имитационного срабатывания линейных дымовых извещателей в помещении с габаритными параметрами 60×20×25 м показали, что для максимальной эффективности системы обнаружения пожара необходимо устанавливать линейные пожарные извещатели в два яруса: первый ярус – на расстоянии 4 метра от уровня пола, второй ярус – на расстоянии 1 метра от потолка. Далее провели промежуточный эксперимент, где линейные пожарные извещатели были размещены в три яруса. Результаты доказали, что наличие третьего яруса не влияет на скорость обнаружения пожара, так как для среднего яруса время обнаружения является наибольшим. Это свидетельствует о нецелесообразности увеличения числа ярусов при увеличении общей высоты защищаемого помещения.

Далее имитационное моделирование проводилось в помещении с большими габаритными размерами 100×40×40 м и двухъярусной расстановкой извещателей. Результаты данных исследований показали, что с увеличением высоты помещения до 40 метров наилучшим с точки зрения эффективности срабатывания системы обнаружения пожара, является двухъярусная расстановка линейных пожарных извещателей: первый ярус на расстоянии 4 метра от уровня пола, второй ярус на расстоянии 1 метра от потолка. Сводные результаты моделирования приведены в таблице.

Таблица. **Результаты моделирования времени срабатывания линейных пожарных извещателей**

Помещение	Ярус	Расстояние от пола, м	Расстояние от потолка, м	Время срабатывания
60×20×25	Нижний	4	-	31
60×20×25	Верхний	-	1	43
100×40×40	Нижний	4	-	37
100×40×40	Верхний	-	1	54
Примечание «-» — параметр не применим для данного яруса				

Важным аспектом надёжности систем пожарной сигнализации в производственных условиях является учёт ложных факторов – запылённости, влажности и электромагнитных помех [5]. Математическая модель сигнала датчика, учитывающая как истинную концентрацию дыма, так и вклад внешних помех, позволяет прогнозировать время срабатывания и оценивать вероятность ложных тревог. В рассмотренных моделях для оценки ложных факторов использовались два параметра: β – коэффициент чувствительности извещателя к пыли ($В \cdot м^3/мг$) и Р – фоновая концентрация пыли в воздухе ($мг/м^3$). Численные эксперименты показали, что при $\beta < 0{,}6$ и $Р \geq 0{,}6$ мг/м³ извещатель может срабатывать за время менее 70 секунд, что при отсутствии реального задымления соответствует ложной тревоге. При $\beta \leq 0{,}3$ время срабатывания остаётся в пределах 90–110 секунд даже при высоком уровне загрязнения.

Полученные результаты подтверждают эффективность двухъярусной расстановки линейных извещателей в помещениях высотой до 40 метров. Установлено, что действующая нормативная база не учитывает специфику возможности использования линейных пожарных извещателей для данных помещений, и требует доработки на основании проведенных исследвоаний. На основании моделирования газодымопереноса обоснована двухъярусная расстановка линейных извещателей (нижний ярус – 3-4 м от пола, верхний – 1 м от потолка). Дальнейшие работы должны быть направлены на уточнение требований к расстановке извещателей и гармонизацию с зарубежными стандартами (в случаях плотной работы в зарубежных проектах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2020.

2. BS 5839-1:2017. Fire detection and fire alarm systems for buildings. Part 1: Code of practice for design, installation, commissioning and maintenance of systems in non-domestic premises. – London: BSI, 2017.

3. NFPA 72. National Fire Alarm and Signaling Code. – Quincy: National Fire Protection Association, 2019.

4. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. – 118 с.

5. Рахматуллина, Э.Ф. Влияние концентрации дыма и ложных факторов на срабатывание автоматической пожарной сигнализации / Э.Ф. Рахматуллина, А.В. Пермяков, И.Ф. Хафизов, Ф.Ш. Хафизов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2025. – № 3. – С. 1–12. DOI: 10.61260/2218-13X-2025-3-1-12.

УДК 614

Е. М. Кузнецов
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЗАПАС ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ КАК КРИТЕРИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА

Рассмотрено, как число и ширина эвакуационных выходов торгового зала влияют на расчетное время эвакуации по утвержденной методике. На условном примере показано, что зимняя одежда посетителей удлиняет эвакуацию на 24 %, а узкие двери порождают скопление, при котором вероятность эвакуации равна нулю.

Ключевые слова: торговый центр, пожарная безопасность, время эвакуации, скопление людей, время блокирования путей эвакуации.

E. M. Kuznetsov

EVACUATION TIME MARGIN AS A CRITERION OF FIRE SAFETY PROVISION IN A SHOPPING CENTRE

It is considered how the number and width of the evacuation exits of the trading floor affect the estimated evacuation time according to the approved methodology. A conditional example shows that winter clothing extends evacuation by 24 %, while narrow doors create a crowd, which makes the evacuation probability zero.

Key words: shopping centre, fire safety, evacuation time, crowding, evacuation route blocking time.

© Кузнецов Е. М., 2026

Торговый центр относится к классу функциональной пожарной опасности Ф3.1, и в нем сочетаются большое число посетителей, сложная планировка и значительная пожарная нагрузка [1-14]. Цену ошибки показал пожар в торгово-развлекательном центре «Зимняя вишня» в Кемерове 25 марта 2018 года: погибли 60 человек, 37 из них дети [2]. По версии следствия, охранник не включил систему оповещения, а пожарные потеряли время из-за запертой двери на пути к кинозалу, и за это были вынесены обвинительные приговоры [4]. Оба обстоятельства прямо связаны со временем: от включения оповещения зависит начало эвакуации, от доступности путей зависит, успеют ли люди выйти до блокирования.

В проектной практике этот вопрос решается расчетом по методике, утвержденной приказом МЧС России от 14.11.2022 № 1140 [3]. Вероятность эвакуации $P_э$ в ней определяется соотношением расчетного времени эвакуации $t_р$ и времени блокирования путей опасными факторами пожара $t_{бл}$. Для проектировщика важно не только выполнение условия, но и запас: какой $t_{бл}$ нужен, чтобы выбранное число и ширина выходов обеспечили $P_э = 0{,}999$, и по силам ли такой $t_{бл}$ дымоудалению и другим мерам. Цель работы состоит в том, чтобы показать это на условном торговом зале и сравнить варианты выходов по требуемому времени блокирования.

Расчет времени эвакуации

Расчетное время эвакуации по упрощенной аналитической модели (приложение 6 методики [3]; теория людских потоков изложена в [5]) складывается из времени движения по участкам пути. Плотность потока на начальном участке равна

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} \quad (1)$$

где N_1 число людей на участке, f площадь горизонтальной проекции человека, м^2/чел., l_1 и δ_1 длина и ширина участка. Здания Ф3.1 методика относит к группе М0-5, для которой f = 0,121 м^2/чел. в летней одежде, а в зимней площадь увеличивают на 25 % [3]. Скорость потока убывает с ростом плотности при $D > D_0$:

$$V_D = V_0 \cdot \left(1 - a \cdot \ln \frac{D}{D_0}\right) \quad (2)$$

где V_0 скорость свободного движения, а коэффициент адаптации, D_0 предельная плотность свободного движения, значения которых для групп людей приведены в приложении 2 методики [3]. На границе участков интенсивность движения пересчитывается по ширине:

$$q_{i+1} = \frac{q_i \cdot \delta_i}{\delta_{i+1}} \quad (3)$$

Если q_{i+1} превышает предельное значение для данного вида пути (19,6 м/мин для дверного проема, 16,5 м/мин для горизонтального пути, 16,0 м/мин для лестницы вниз [3]), перед границей образуется скопление, и время задержки равно

$$t_з = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_{0,9} \cdot \delta_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot \delta_i}\right) \quad (4)$$

где $q_{0,9}$ интенсивность при плотности 0,9 м^2/м^2. Для дверного проема она равна 8,5 м/мин при ширине не менее 1,6 м и 2,5 + 3,75δ при меньшей ширине [3]. Время существования скопления $t_{ск} = N \cdot f/(q_{0,9} \cdot \delta_{i+1})$, и по методике при $t_{ск} > 6$ мин вероятность $P_э$ равна нулю. В остальных случаях $P_э = 0{,}999$ при $t_р + t_{нэ} \le 0{,}8 \cdot t_{бл}$ [3], откуда требуемое время блокирования

$$t_{бл.тр} = \frac{t_р + t_{нэ}}{0{,}8} \quad (5)$$

Расчетный пример

Возьмем условный участок торгового зала площадью 1200 м^2 на втором этаже двухуровневого торгового комплекса павильонной планировки в г. Иваново. Для рыночной торговли методика [3] требует принимать не менее одного человека на 1,6 м^2 торгового зала (для магазинов один на 3 м^2), то есть N = 750 чел. Каждый выход обслуживает равную часть участка. Путь до двери составляет 30 м, далее идут проем двери, марш лестницы длиной 12 м и шириной 1,5 м и наружная дверь шириной 1,5 м. Время начала эвакуации $t_{нэ}$ принято равным 3 мин как табличное значение для зданий Ф3 без оповещения и 1 мин как допущение для здания с исправной системой оповещения [3]. Расчет выполнен для летней и зимней одежды (холодный сезон в Иванове занимает значительную часть года), результаты приведены в таблице.

Таблица. **Результаты расчета для вариантов эвакуационных выходов**

Выходы	**$t_р$ летом, мин**	**$t_р$ зимой, мин**	**$t_{ск}$ зимой, мин**	**$t_{бл.тр}$ зимой при $t_{нэ}$ = 1 мин, мин**	**$t_{бл.тр}$ зимой при $t_{нэ}$ = 3 мин, мин**
2 по 1,2 м	5,5	6,9	6,8	Рэ = 0	Рэ = 0
3 по 0,9 м	5,9	7,3	7,2	Рэ = 0	Рэ = 0
3 по 1,2 м	3,7	4,6	4,5	7,0	9,5
4 по 1,2 м	2,8	3,5	3,4	5,6	8,1
2 по 1,8 м	3,1	3,9	3,7	6,1	8,6

Во всех вариантах узким местом становится дверь зала: перед ней возникает скопление, а время движения по самому залу и лестнице составляет доли минуты. Для варианта из трех выходов по 1,2 м зимой $t_р$ = 4,6 мин, летом

3,7 мин, то есть одежда удлиняет эвакуацию на 24 %. Для двух выходов по 1,2 м прирост составляет 24 %.

Обсуждение

Принятая по таблице величина $t_{нэ}$ меняет требования заметно: для варианта из трех выходов по 1,2 м переход от 1 к 3 мин поднимает $t_{бл.тр}$ с 7,0 до 9,5 мин. Включенное оповещение дает больше, чем четвертый выход: тот снижает $t_{бл.тр}$ лишь с 9,5 до 8,1 мин. Значения $t_{нэ}$ по методике единые, а в работе [6] отмечено, что в нормировании эта величина отражена недостаточно, поэтому меньшее из двух значений стоит принимать только при подтвержденной работоспособности системы оповещения.

Особенно чувствительны к ширине двери. Два выхода по 1,2 м дают зимой $t_{ск}$ = 6,8 мин, что больше предела в 6 мин, и $P_э$ обращается в нуль при любом $t_{бл}$; так же ведут себя три выхода по 0,9 м ($t_{ск}$ = 7,2 мин). При этом два выхода по 1,8 м имеют суммарную ширину 3,6 м, как и три по 1,2 м, но $t_р$ у них зимой 3,9 мин против 4,6 мин: $q_{0,9}$ растет с шириной двери, и для проемов от 1,6 м принимается 8,5 м/мин. Этот эффект не виден, если оценивать выходы только суммой их ширины.

Практический смысл $t_{бл.тр}$ удобно показать при условном $t_{бл}$ = 8 мин ($t_{нэ}$ = 3 мин, зима). Для четырех выходов по 1,2 м получаем $P_э$ = 0,962, для трех 0,588, для двух 0. Множитель $(1 - P_э)$ в формуле риска [3] при этом равен 0,038, 0,412 и 1, то есть между четырьмя и двумя выходами итоговый риск различается в 27 раз. Расчет оценочный: он не учитывает людей из групп с ограниченной мобильностью (3 % по методике), движение между этажами и слияние потоков из соседних участков.

Заключение

Запас времени, выраженный требуемым временем блокирования $t_{бл.тр}$, позволяет сравнивать меры пожарной безопасности торгового центра в одних единицах. Для условного зала зимняя одежда добавляет к $t_р$ около четверти, исправное оповещение снижает $t_{бл.тр}$ на 2,5 мин, а недостаточная ширина дверей (два выхода по 1,2 м) приводит к скоплению дольше 6 мин. В проекте и при проверке готового объекта стоит приводить $t_{бл.тр}$ для зимнего варианта и сопоставлять его с расчетным $t_{бл}$, а сам $t_{нэ}$ подтверждать работой системы оповещения. В этих условиях требуется разработка дополнительных универсальных противопожарных требований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // КонсультантПлюс: справ.-правовая система. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 07.10.2026).

2. Пожар в ТРЦ «Зимняя вишня»: хронология событий, причины, последствия // Известия. URL: https://iz.ru/2065097/pozhar-v-trtc-zimniaia-vishnia-khronologiia-sobytii-prichiny-posledstviia-izi (дата обращения: 07.10.2026).

3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 14 нояб. 2022 г. № 1140: зарегистрирован в Минюсте России 20 марта 2023 г., рег. № 72633 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/ 0001202303210005 (дата обращения: 07.10.2026).

4. Суд вынес приговоры по делу о пожаре в «Зимней вишне» // РИА Новости. 29.10.2021. URL: https://ria.ru/20211029/prigovor-1756790141.html (дата обращения: 07.10.2026).

5. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Парфененко А. П. [и др.] Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.

6. Самошин Д. А., Холщевников В. В. Проблемы нормирования времени начала эвакуации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25, № 5. С. 37-51. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.05.37-51.

7. Лазарев А.А. [и др.] Анализ результатов контрольной деятельности в области пожарной безопасности в 2023-2024 годах // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «государственный надзор» за 2024 год. результаты научных мероприятий: три внутриакадемические научно-практические семинары; внутриакадемический круглый стол. Иваново, 2025. С. 52-57. – EDN: BWVYUJ

8. Осмоловская А.А. [и др.] Регламентация и структурирование специальных технических условий по пожарной безопасности // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 295-299. – EDN: CWHEPR

9. Липинская А.А. [и др.] Анализ судебной практики приведения в пожаробезопасное состояние торговых центров // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 254-257. - EDN: OPEJFE

10. Мочалова Т.А. [и др.] Разработка методологических основ взаимодействия надзорных органов и общественных объединений, направленных на обеспечение пожарной безопасности в торговых центрах // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 1 (54). С. 71-77. EDN: FVFPGN

11. Лазарев А.А., Мочалов А.М. К вопросу об экспертной оценке пожарной безопасности на объектах торговли // В сборнике: сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса "Государственный надзор" ЗА 2023 ГОД. результаты научных мероприятий. Иваново, 2024. С. 43-48. EDN: GPHRVL

12. Лазарев А.А. [и др.] Разработка предложений по совершенствованию общественного контроля пожарной безопасности торгового центра // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 1 (46). С. 111-119. EDN: CXDNXT

13. Лазарев А.А., Емелин В.Ю. Об основных подходах к обоснованию пожарной опасности торговых центров в суде // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов IV международной

научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново, 2020. С. 371-373. EDN: UXMZEK

14. Клушин А.Н., Лазарев А.А. О совершенствовании технического регулирования при разработке правил пожарной безопасности для торгово-развлекательного центра // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России. 2019. С. 628-631. EDN: YJWNMI

УДК 699.814

Р. Р. Лайпанова, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МАРКИРОВКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В статье рассматривается необходимость внедрения в России системы маркировки зданий и сооружений, содержащую основные актуальные пожарно-технические характеристики объекта. Маркировка предназначена прежде всего для оперативного информирования пожарно-спасательных подразделений, обслуживающего персонала и ответственных за пожарную безопасность лиц.

Ключевые слова: огнестойкость; степень огнестойкости; здания; сооружения; класс конструктивной пожарной опасности; класс функциональной пожарной опасности; маркировка.

R. R. Laipanova, S. N. Nakonechnyy, A. G. Azovtsev

JUSTIFICATION FOR THE NECESSITY OF MARKING BUILDINGS AND STRUCTURES WITH FIRE-TECHNICAL CHARACTERISTICS

The article examines the need to implement a system in Russia for labeling buildings and structures with their key, up-to-date fire-technical characteristics. This labeling is intended primarily to provide immediate information to fire and rescue units, maintenance personnel, and individuals responsible for fire safety.

Key words: fire resistance; fire resistance rating; buildings; structures; structural fire hazard class; functional fire hazard class; labeling.

В современных условиях на пожаре пожарным подразделениям приходится определять пожарно-технические характеристики объекта (степень огнестойкости, конструктивной пожарной опасности и класс функциональной пожарной опасности) визуально по внешним признакам (материалам основных

© Лайпанова Р. Р., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г., 2026

несущих и ограждающих конструкций), что является не очень точной оценкой времени до возможного обрушения здания [1].

Пожарно-технические характеристики здания влияют на развитие пожара, распространение огня и устойчивость конструкций [2]. При отсутствии доступной и актуальной информации сведения об объекте приходится получать из документации, от персонала или в ходе разведки пожара. Это может затруднять оценку обстановки, особенно на крупных, реконструированных или сложных по планировке объектах.

Поэтому существует необходимость описания пожарно-технических характеристик зданий и сооружений в виде маркировки в соответствии со ст. 29 Федерального закона [3]. Например, «класс функциональной пожарной опасности Ф 5.1, III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С0». Данная маркировка представляет собой информативную составляющую для пожарных подразделений, осуществляющих действия по тушению пожара. Подобная информация может дать представление о том, когда произойдет обрушение строительных конструкций, что позволит избежать гибели пожарных, осуществляющих тушение пожара непосредственно в самом здании.

Обоснование необходимости маркировки зданий, сооружений и отдельных помещений пожарно-техническими характеристиками опирается на анализ реальных чрезвычайных ситуаций, требования нормативных документов и современные системы управления пожарной безопасностью. Эта мера носит не формальный, а сугубо прикладной характер.

Предлагается установить долговечную, хорошо различимую табличку у основного входа в здание и, при необходимости, у дополнительных входов или въездов для пожарной техники. В качестве дополнительного источника информации можно предусмотреть QR-код, ведущий к актуальной карточке объекта. Сведения для маркировки следует брать из проектной и исполнительной документации, документов о реконструкции, результатов обследований и иных официальных источников.

Степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности помогают предварительно оценить поведение строительных конструкций при пожаре и возможность распространения огня по зданию. Эти данные учитывают при выборе места для работы подразделений, допустимой глубины продвижения внутрь здания и необходимости контроля устойчивости конструкций. Однако они не показывают фактическое состояние здания после пожара, повреждения, реконструкции или длительного нагрева – оно требует оценки на месте.

Функциональное назначение здания позволяет предположить, где могут находиться люди, какие процессы происходят в здании и какие существуют дополнительные опасности. Например, тактика действий в жилом здании, лечебном учреждении, складе или производственном корпусе будет различаться по приоритетам эвакуации, защите людей и локализации пожара.

Ниже представлено подробное обоснование необходимости такой маркировки по ключевым направлениям:

1. Обеспечение безопасности и эффективности действия пожарных подразделений. Наличие маркировки позволяет за считанные секунды получить исчерпывающую информацию о потенциальных угрозах (например, возможного обрушения строительных конструкций), предотвращает фатальные ошибки при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ.

2. Исполнение требований законодательства в области обеспечения пожарной безопасности [3, 4, 5]. Любое изменение конструктивных или объемно-планировочных решений должно отражаться на предложенной маркировке, чтобы пожарные подразделения имели представление о возможном поведении основных несущих строительных конструкций [2].

3. Вероятное снижение влияния человеческого фактора. Наличие маркировки призвано дисциплинировать людей, психологически принуждая соблюдать противопожарный режим.

4. Маркировка объекта упрощает аудит пожарной безопасности, независимую оценку пожарного риска, работу страховых компаний.

Маркировка зданий и сооружений пожарно-техническими характеристиками – это информационный мост между проектными решениями объекта и действиями людей в чрезвычайной ситуации. Она превращает скрытые свойства строительных конструкций и технологических процессов в явные, визуально доступные сигналы, спасающие жизни и снижающие масштабы техногенных катастроф.

Система должна помогать быстрее получить исходные сведения об объекте и учитывать их при выборе тактики действий при чрезвычайных ситуациях. Маркировка не заменяет проектную документацию, планы эвакуации и документы по пожарной безопасности.

Маркировка у входов или адресной таблички зданий на фасадной части [6] может обеспечить быстрый доступ к ключевым сведениям, в частности:

- классу функциональной пожарной опасности;
- степени огнестойкости;
- классу конструктивной пожарной опасности;
- контактам ответственного за пожарную безопасность.

На информационной табличке следует размещать только проверенную информацию, полезную для эффективных действий по эвакуации людей и тушению пожара. Избыточные данные могут усложнить чтение, а неверные или устаревшие – привести к ошибочным решениям.

Знание пожарно-технических характеристик здания повышает информированность подразделений, помогает быстрее оценить вероятные опасности и обоснованнее планировать тушение, эвакуацию и аварийно-спасательные работы. Практическая польза таких сведений зависит от их достоверности, доступности и своевременного обновления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О проблеме определения степени огнестойкости зданий по внешним признакам / А.Г. Азовцев, С.Н. Наконечный, А.И. Вакуленко // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2025 год., Иваново, – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2026. – С. 7-9.

2. К вопросу определения предельных состояний по огнестойкости строительных конструкций / С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 4(53). – С. 79-84.

3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

4. Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения" (ТР ЕАЭС 043/2017).

5. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

6. Маркировка зданий и сооружений по огнестойкости и пожарной опасности / Р.Р. Лайпанова, М.И. Шавшин, С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, Иваново, 22 октября 2025 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – с. 229-233.

УДК 614.8.084

Ле Ань Туан
Академия пожарной безопасности и аварийно-спасательных работ
Министерства общественной безопасности Вьетнама

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ МАССЫ ПИРОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПОСТУ ПО КРИТЕРИЮ ДОПУСТИМОГО ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

Предложен порядок назначения предельной массы пиротехнического состава на технологическом посту, основанный на численном обращении зависимости М. А. Садовского относительно массы заряда при заданном расстоянии до смежного поста и допустимом избыточном давлении. Расчёт выполнен при тротиловом эквиваленте 1,33; получены таблицы предельных масс для расстояний от 5 до 50 м. Рассмотрено применение порядка к производству гражданской пиротехники во Вьетнаме.

Ключевые слова: пиротехнический состав, тротиловый эквивалент, избыточное давление, безопасное расстояние, технологический пост, предельная масса.

© Ле Ань Туан, 2026

Le Anh Tuan

DETERMINATION OF THE LIMITING MASS OF A PYROTECHNIC COMPOSITION AT A PROCESS STATION BY THE CRITERION OF PERMISSIBLE OVERPRESSURE

A procedure is proposed for assigning the limiting mass of a pyrotechnic composition at a process station, based on numerical inversion of the Sadovsky relation with respect to the charge mass for a given distance to the adjacent station and a permissible overpressure. The calculation is performed for a TNT equivalent of 1.33 and tables of limiting masses are obtained for distances from 5 to 50 m. Application of the procedure to civil pyrotechnics manufacturing in Vietnam is considered.

Key words: pyrotechnic composition, TNT equivalent, overpressure, safe distance, process station, limiting mass.

Оборот гражданской пиротехники во Вьетнаме регулируется постановлением Правительства № 137/2020/NĐ-CP, разрешившим населению приобретение и применение изделий, не создающих звука взрыва [1]. Требования безопасности при производстве, обороте, хранении, применении и уничтожении пиротехнических изделий установлены национальным техническим регламентом QCVN 04:2021/BCA, который в части складских количеств и расстояний отсылает к регламенту QCVN 01:2019/BCT по промышленным взрывчатым материалам [2, 3]. Производство гражданской пиротехники сосредоточено на предприятии, подведомственном Министерству национальной обороны, и расширяется по объёму выпуска и по номенклатуре изделий; технологическая схема производства описана в [4].

Действующие регламенты нормируют расстояния между зданиями и складские количества. Задача обратного характера — сколько состава допустимо держать на одном технологическом посту при уже сложившейся планировке цеха — нормативно не решена, хотя именно она возникает при аттестации рабочих мест и при внесении изменений в технологический процесс. Ниже предложен порядок её решения.

1. Расчётные зависимости

Тротиловый эквивалент пиротехнического состава определяется отношением теплот взрывчатого превращения:

$$C = k\,m, \quad k = \frac{Q_{\text{пс}}}{Q_{\text{тнт}}} \tag{1}$$

где C — масса заряда в тротиловом эквиваленте, кг; m — масса пиротехнического состава, кг; $Q_{\text{пс}}$ — теплота взрывчатого превращения состава, кДж/кг; $Q_{\text{тнт}}$ = 4520 кДж/кг [6].

Для составов, применяемых в гражданской пиротехнике, теплота взрывчатого превращения лежит в пределах 4000–7000 кДж/кг, чему отвечает k = 0,88–1,55. Расчёт выполнен при k = 1,33 ($Q_{\text{пс}}$ = 6000 кДж/кг) как для металлосодержащих составов; переход к другим значениям выполняется пересчётом по (1).

Избыточное давление на фронте воздушной ударной волны при взрыве заряда конденсированного взрывчатого вещества определяется эмпирической зависимостью, установленной М. А. Садовским по данным экспериментальных исследований [5]; здесь она применена в форме, приведённой в [6] вместе с выражением для импульса волны:

$$\Delta P_{\text{ф}} = \frac{95\,C^{\frac{1}{3}}}{R} + \frac{390\,C^{\frac{2}{3}}}{R^2} + \frac{1300\,C}{R^3} \qquad (2)$$

$$I = \frac{0{,}4\,C^{\frac{2}{3}}}{R} \qquad (3)$$

где $\Delta P_{\text{ф}}$ — избыточное давление, кПа; R — расстояние от эпицентра взрыва, м; I — импульс волны давления, кПа·с.

Предлагаемый порядок состоит в решении уравнения (2) относительно C при заданных R и допустимом избыточном давлении $[\Delta P]$ с последующим переходом к массе состава:

$$m_{\text{пред}} = \frac{C_{\text{доп}}(R,[\Delta P])}{k} \qquad (4)$$

Уравнение (2) относительно C аналитически не разрешается; решение получено численно методом деления отрезка пополам с точностью 10^{-4} кг.

2. Результаты расчёта

Прямая задача решена для контроля сходимости расчёта с известными результатами; данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. **Радиусы зон поражения R, м, при взрыве пиротехнического состава (k = 1,33)**

m, кг	100 кПа	53 кПа	28 кПа	14 кПа	5 кПа	3 кПа
2	4,6	6,3	9,1	14,3	31,7	49,4
5	6,2	8,6	12,4	19,5	43,1	67,0
10	7,8	10,8	15,6	24,5	54,3	84,5
20	9,9	13,7	19,6	30,9	68,4	106,4
50	13,4	18,5	26,7	41,9	92,8	144,4

Решение обратной задачи приведено в табл. 2. Расчёт выполнен для трёх уровней допустимого избыточного давления: 5 кПа (величина, принимаемая безопасной для человека), 14 кПа (разрушение оконных проёмов) и 28 кПа (средние повреждения строительных конструкций) [6].

Таблица 2. **Предельная масса пиротехнического состава $m_{пред}$, кг, при k = 1,33**

R, м	[ΔP] = 5 кПа	[ΔP] = 14 кПа	[ΔP] = 28 кПа
5	0,01	0,08	0,33
10	0,06	0,68	2,64
15	0,21	2,29	8,90
20	0,50	5,43	21,10
30	1,69	18,33	71,22
50	7,82	84,87	329,72

Нелинейность результата выражена резко. При переходе расстояния от 10 к 20 м предельная масса по критерию 14 кПа возрастает с 0,68 до 5,43 кг, то есть в 8 раз при увеличении расстояния вдвое. При расстоянии 5 м между постами условие непревышения 5 кПа выполняется только при массе состава менее 10 г, что означает практическую невозможность разместить на таком расстоянии два поста без разделяющей преграды.

3. Обсуждение

Первое следствие результатов состоит в том, что при плотной расстановке постов, характерной для операций смешения и снаряжения, критерий 5 кПа выполнить не удаётся, и защита смежных постов должна обеспечиваться не расстоянием, а разделяющими конструкциями с нормируемой стойкостью к воздействию ударной волны. Расчётная нагрузка на такую конструкцию берётся из табл. 1 по фактическому расстоянию, а импульс — по (3).

Второе следствие относится к организации технологического процесса. Из табл. 2 видно, что предельная масса при $[\Delta P]$ = 14 кПа и R = 15 м составляет 2,29 кг. Операция, требующая единовременного присутствия на посту большего количества состава, подлежит либо переносу в отдельное здание, либо разделению на подоперации с промежуточным выносом продукта в защищённый накопитель. Такое требование формулируется количественно и проверяется при аттестации, чего действующая редакция регламентов не предусматривает.

Третье обстоятельство касается климатических условий производства. Операции сушки цветных элементов и полуфабрикатов во Вьетнаме ведутся при относительной влажности наружного воздуха 75–90 %, что удлиняет цикл сушки и увеличивает количество продукта, одновременно находящегося в сушильном отделении. Предельная масса по табл. 2 в этом случае оказывается

ограничением не на разовую загрузку, а на суммарное содержимое отделения, включая продукт в стадии выдержки. Порядок расчёта при этом не изменяется, изменяется способ определения величины m, подставляемой в (1).

Научная новизна работы состоит в постановке и численном решении обратной задачи назначения предельной массы пиротехнического состава на технологическом посту по критерию допустимого избыточного давления на смежном посту, с получением расчётных таблиц для расстояний 5–50 м. Практическое значение состоит в том, что полученные таблицы применимы при аттестации рабочих мест и при обосновании изменений технологического процесса на предприятиях, выпускающих гражданскую пиротехнику во Вьетнаме.

Заключение

1. Предложен порядок назначения предельной массы пиротехнического состава на технологическом посту, основанный на численном обращении зависимости М. А. Садовского относительно массы заряда.

2. При тротиловом эквиваленте 1,33 и расстоянии между постами 15 м предельная масса состава составляет 0,21 кг по критерию 5 кПа, 2,29 кг по критерию 14 кПа и 8,90 кг по критерию 28 кПа.

3. Увеличение расстояния между постами вдвое, с 10 до 20 м, увеличивает предельную массу состава в 8 раз при неизменном критерии допустимого давления.

4. При расстоянии между постами 5 м критерий 5 кПа выполняется при массе состава менее 10 г, вследствие чего защита смежных постов на таких расстояниях должна обеспечиваться разделяющими конструкциями, рассчитанными на нагрузку по табл. 1.

5. В условиях повышенной влажности, удлиняющей цикл сушки, полученное ограничение распространяется на суммарное количество продукта в отделении, включая продукт в стадии выдержки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об управлении применением пиротехнических изделий : постановление Правительства Социалистической Республики Вьетнам от 27.11.2020 № 137/2020/NĐ-CP. Ханой, 2020. (на вьетн. яз.).

2. QCVN 04:2021/BCA. Национальный технический регламент. Безопасность при производстве, обороте, хранении, применении и уничтожении пиротехнических изделий и пиротехнических изделий со звуком взрыва. Ханой : Министерство общественной безопасности СРВ, 2021. (на вьетн. яз.).

3. QCVN 01:2019/BCT. Национальный технический регламент. Безопасность при производстве, испытании, приёмке, хранении, перевозке, применении и уничтожении промышленных взрывчатых материалов и хранении прекурсоров взрывчатых веществ : утв. приказом Министерства промышленности и торговли СРВ от 21.11.2019 № 32/2019/TT-BCT. Ханой, 2019. (на вьетн. яз.).

4. Технологический процесс производства фейерверков на заводе Z121 : [сайт]. URL: https://dantri.com.vn/thoi-su/can-canh-quy-trinh-san-xuat-phao-hoa-viet-nam-tai-nha-may-z121-20231018185040450.htm (дата обращения: 20.08.2026). (на вьетн. яз.).

5. Садовский М. А. Механическое действие воздушных ударных волн взрыва по данным экспериментальных исследований // Физика взрыва : сб. № 1. М. : Изд-во АН СССР, 1952. С. 20–110.

6. Корнев А. В., Кабанов Е. И., Коршунов Г. И. Промышленная безопасность : методические указания к практическим занятиям. СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2021. 53 с.

7. Физика взрыва : в 2 т. / под ред. Л. П. Орленко. 3-е изд., перераб. М. : Физматлит, 2002.

8. ГОСТ 12.1.044-2018. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М. : Стандартинформ, 2019.

УДК 614.8.084

Ле Ань Туан
Академия пожарной безопасности и аварийно-спасательных работ
Министерства общественной безопасности Вьетнама

РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ПРИ АВАРИЙНОМ ВЫБРОСЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ОБЪЕКТАХ ГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ВЬЕТНАМА

Для приёмного терминала сжиженного природного газа и питаемой от него теплоэлектростанции рассчитано избыточное давление при сгорании газопаровоздушного облака и определены радиусы зон поражения для шести уровней давления при массе газа в облаке от 500 до 20 000 кг. Установлено, что коэффициент участия газа во взрыве входит в расчёт наравне с массой выброса, и предложен порядок его уточнения применительно к тропическому климату.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, газопаровоздушное облако, избыточное давление взрыва, зона поражения, приёмный терминал, тропический климат.

Le Anh Tuan

CALCULATED ASSESSMENT OF DAMAGE ZONES IN CASE OF EMERGENCY RELEASE OF LIQUEFIED NATURAL GAS AT GAS POWER FACILITIES OF VIETNAM

© Ле Ань Туан, 2026

For a liquefied natural gas receiving terminal and the thermal power plant supplied from it, the overpressure of a gas-air cloud deflagration is calculated and the radii of damage zones are determined for six pressure levels at a cloud mass ranging from 500 to 20 000 kg. The coefficient of gas participation in the explosion is shown to enter the calculation on a par with the release mass, and a procedure for its refinement under tropical climate conditions is proposed.

Key words: liquefied natural gas, gas-air cloud, explosion overpressure, damage zone, receiving terminal, tropical climate.

Вьетнам вошёл в число стран, использующих сжиженный природный газ (СПГ) в базовой электроэнергетике. Приёмный терминал Тхивай проектной производительностью 1 млн т в год обеспечивает топливом теплоэлектростанции «Нёнчать-3» и «Нёнчать-4» суммарной установленной мощностью около 1550 МВт, переведённые в режим промышленной эксплуатации с 1 января 2026 г. [1, 2]. Одновременно перестраивается топливный баланс автомобильного транспорта: приказом Министерства промышленности и торговли № 50/2025/ТТ-ВСТ с 1 июня 2026 г. на всей территории страны введено обязательное применение бензина марки Е10 [3]. Обе линии изменения топливного баланса ставят перед надзорными органами задачу расчётного обоснования безопасных расстояний, ранее для страны не типовую.

Особенность СПГ как объекта расчёта состоит в сочетании криогенного хранения с высокой удельной теплотой сгорания. Пролив СПГ на подстилающую поверхность сопровождается интенсивным испарением за счёт теплопритока от основания, образованием тяжёлого холодного облака и его последующим прогревом до состояния нейтральной плавучести. Вклад в поражающее действие даёт та часть облака, которая находится в пределах концентрационных пределов распространения пламени к моменту появления источника зажигания.

Цель работы — получить расчётные радиусы зон поражения для условий приёмного терминала и определить, какая из входных величин методики вносит наибольшую неопределённость применительно к климатическим условиям Вьетнама.

1. Расчётные зависимости

Расчёт выполнен по методу, установленному в разделе В.3 приложения В свода правил СП 12.13130.2009 [4]. Метод построен на энергетическом тротиловом эквиваленте, экспериментальная основа которого заложена работой М. А. Садовского [5]; изложение расчётной процедуры для парогазовоздушных облаков с разбором числовых примеров дано в [6]. Избыточное давление при сгорании газопаровоздушной смеси в открытом пространстве и приведённая масса газа определяются формулами (В.14) и (В.15) приложения В, приведёнными здесь как (1) и (2):

$$\Delta P = P_0 \left(\frac{0{,}8\, m_{\text{пр}}{}^{0{,}33}}{r} + \frac{3\, m_{\text{пр}}{}^{0{,}66}}{r^2} + \frac{5\, m_{\text{пр}}}{r^3} \right) \quad (1)$$

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{сг}}}{Q_0}\, m\, Z \quad (2)$$

где ΔP — избыточное давление, кПа; P_0 — атмосферное давление, принято 101 кПа; r — расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м; $m_{\text{пр}}$ — приведённая масса газа, кг; $Q_{\text{сг}}$ — удельная теплота сгорания газа, Дж/кг; Q_0 — константа, равная $4{,}52 \cdot 10^6$ Дж/кг; m — масса горючего газа, поступившего в результате аварии в окружающее пространство, кг; Z — коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который согласно [4] допускается принимать равным 0,1.

Импульс волны давления определяется формулой (В.16) того же приложения:

$$i = \frac{123\, m_{\text{пр}}{}^{0{,}66}}{r} \quad (3)$$

где i — импульс волны давления, Па·с.

Для метана принято $Q_{\text{сг}}$ = 50,05 МДж/кг. Расчёт выполнен для массы газа в облаке от 500 до 20 000 кг, что охватывает диапазон от разгерметизации технологического трубопровода до частичного разрушения резервуара при ограничении пролива обвалованием. Радиусы зон определены численным решением уравнения (1) относительно r методом деления отрезка пополам.

2. Результаты расчёта

Таблица 1. **Избыточное давление ΔP, кПа, на расстоянии r от центра облака**

m, кг	30 м	50 м	100 м	150 м	200 м	300 м
500	53,8	23,1	8,7	5,3	3,8	2,4
1 000	82,3	33,2	11,8	7,0	4,9	3,1
5 000	249,3	86,0	25,6	14,1	9,5	5,7
10 000	422,5	136,2	37,2	19,6	13,0	7,6
20 000	735,7	222,8	55,5	27,9	18,0	10,2

Радиусы зон поражения, отвечающие уровням избыточного давления по [6], приведены в табл. 2. Уровень 100 кПа соответствует полному разрушению зданий, 53 кПа — разрушению зданий с несущими стальными конструкциями, 28 кПа — сильным повреждениям, 14 кПа — разрушению оконных проёмов, 5 кПа — границе, безопасной для человека, 3 кПа — частичному разрушению остекления [6].

Таблица 2. **Радиусы зон поражения, м**

m, кг	100 кПа	53 кПа	28 кПа	14 кПа	5 кПа	3 кПа
500	22	30	44	70	157	245
1 000	27	38	56	88	198	308
5 000	46	65	95	151	336	523
10 000	58	82	119	189	422	658
20 000	73	103	150	238	531	827

Радиус зоны с избыточным давлением 3 кПа изменяется от 245 до 827 м при изменении массы газа в облаке в 40 раз. На дальних расстояниях в выражении (1) преобладает первое слагаемое, вследствие чего радиус изменяется приблизительно пропорционально $m^{0,33}$. Радиус зоны полного разрушения при той же вариации массы вырос в 3,3 раза.

3. Обсуждение

Из структуры (1) и (2) следует, что масса газа m и коэффициент участия Z входят в приведённую массу симметрично. Занижение Z в два раза равносильно занижению массы выброса в два раза и сокращает расчётный радиус зоны 3 кПа приблизительно на 21 %. Для объектов СПГ величина Z определяется соотношением скорости испарения пролива и скорости рассеивания облака, а обе эти скорости зависят от климатических параметров площадки.

Условия юга Вьетнама отличаются от условий, для которых собраны справочные значения Z, по трём измеримым параметрам: среднесуточная температура воздуха в тёплый период превышает 30 °C, относительная влажность держится на уровне 75–85 %, скорость приземного ветра в межмуссонный период снижается до величин около 1 м/с. Первый параметр увеличивает теплоприток к проливу и скорость испарения по зависимости (В.11) приложения В [4], второй увеличивает теплоёмкость единицы объёма воздуха и ускоряет прогрев холодного облака, третий замедляет рассеивание. Все три действуют в сторону увеличения массы газа, находящейся в пределах концентрационных пределов распространения пламени.

Отсюда вытекает предлагаемый порядок уточнения. Величина Z для конкретной площадки определяется расчётом испарения пролива в обваловании по (В.11) при температуре основания, отвечающей условиям площадки, и последующим расчётом рассеивания тяжёлого газа при скорости ветра 1 м/с и классе устойчивости атмосферы F. Полученное значение сопоставляется с нормативным $Z = 0,1$; при превышении расстояния назначаются по расчётному значению. Такой порядок не требует изменения структуры методики [4] и вводится как дополнительное условие её применения.

Научная новизна работы состоит в получении расчётных зон поражения для условий действующего приёмного терминала СПГ Вьетнама и в постановке задачи уточнения коэффициента участия газа во взрыве по совокупности трёх

климатических параметров площадки. Практическое значение состоит в том, что полученные радиусы зон пригодны для проверки достаточности расстояний от технологической площадки до селитебной зоны и до объектов сопредельных предприятий.

Заключение

1. Для приёмного терминала СПГ при массе газа в облаке 10 000 кг и коэффициенте участия во взрыве 0,1 радиус зоны с избыточным давлением 14 кПа составляет 189 м, зоны с избыточным давлением 3 кПа — 658 м.

2. Радиус зоны с избыточным давлением 3 кПа при увеличении массы газа в облаке от 500 до 20 000 кг возрастает от 245 до 827 м, радиус зоны полного разрушения — от 22 до 73 м.

3. Коэффициент участия газа во взрыве входит в расчёт наравне с массой выброса; его занижение в два раза сокращает расчётный радиус зоны 3 кПа на 21 %.

4. Три климатических параметра площадок юга Вьетнама — температура воздуха выше 30 °C, влажность 75–85 % и скорость ветра около 1 м/с в межмуссонный период — действуют в сторону увеличения коэффициента участия газа во взрыве, что требует его расчётного уточнения для каждой площадки.

5. Уточнение вводится как дополнительное условие применения действующей методики и не требует изменения её расчётной структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вьетнам вводит в эксплуатацию первый проект газовой электроэнергетики на СПГ стоимостью 1,4 млрд долл. с начала 2026 года : [сайт]. URL: https://vnexpress.net/viet-nam-van-hanh-du-an-dien-khi-lng-ty-usd-dau-tien-tu-dau-2026-4993605.html (дата обращения: 20.08.2026). (на вьетн. яз.).

2. PV GAS обеспечивает поставки природного газа : [сайт]. URL: https://vietnamfinance.vn/pv-gas-dam-bao-nguon-cung-khi-thien-nhien-tao-da-but-pha-tang-truong-cho-kinh-te-2026-d137857.html (дата обращения: 20.08.2026). (на вьетн. яз.).

3. О порядке применения доли смешения биотоплива с традиционным топливом во Вьетнаме : приказ Министерства промышленности и торговли СРВ от 07.11.2025 № 50/2025/TT-BCT. Ханой, 2025. (на вьетн. яз.).

4. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Приложение В, разделы В.1, В.3. М. : ВНИИПО, 2009.

5. Садовский М. А. Механическое действие воздушных ударных волн взрыва по данным экспериментальных исследований // Физика взрыва : сб. № 1. М. : Изд-во АН СССР, 1952. С. 20–110.

6. Корнев А. В., Кабанов Е. И., Коршунов Г. И. Промышленная безопасность : методические указания к практическим занятиям. СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2021. 53 с.

7. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М. : Стандартинформ, 2014.

8. ГОСТ 12.1.044-2018. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М. : Стандартинформ, 2019.

УДК 614.84.664

Ле Дык Хюинь, Чыонг Куанг Винь, Нгуен Тхи Тху Ханг
Академия пожарно-спасательной службы Министерства
общественной безопасности Вьетнама

АНАЛИЗ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОДАЧИ ВЬЕТНАМСКИХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТИПА AR-AFFF

Оптимизированы динамические параметры тушения вьетнамского пенообразователя AR-AFFF 1 % на основе модели Корольченко–Шароварникова. Установлено, что модификация состава 1 % нанокремнезема снижает оптимальную интенсивность подачи до 0,08 кг/м²·с, позволяя на 60 % сократить запас пенообразователя на нефтеналивных танкерах при сохранении высокой огнетушащей эффективности.

Ключевые слова: пенообразователь AR-AFFF, модель локального взаимодействия, оптимальная интенсивность подачи, удельный расход, нанокремнезем, пожарная безопасность танкеров.

Le Duc Huynh, Truong Quang Vinh, Nguyen Thi Thu Hang

ANALYSIS OF THE EXTREMAL DEPENDENCY OF SPECIFIC CONSUMPTION ON THE FLOW RATE OF VIETNAMESE AR-AFFF FOAM CONCENTRATES

The dynamic extinguishing parameters of the Vietnamese AR-AFFF 1 % foam concentrate were optimized using the Korolchenko-Sharovarnikov model. Modifying the composition with 1 % nano-silica reduces the optimal flow rate to 0.08 kg/m²·s, allowing a 60 % reduction in foam concentrate reserves on oil tankers while maintaining high extinguishing efficiency.

Keywords: AR-AFFF foam concentrate, local interaction model, optimal flow rate, specific consumption, nanosilica, fire safety of tankers.

© Ле Дык Хюинь, Чыонг Куанг Винь, Нгуен Тхи Тху Ханг, 2026

1. Введение

Расширение номенклатуры перевозимых наливных грузов (включая полярные растворители) на судах нового поколения требует применения высокоэффективных спиртоустойчивых пенообразователей типа AR-AFFF. Однако жесткие нормативные требования к интенсивности подачи ограничивают возможности оптимизации весогабаритных характеристик судов. Вьетнамский пенообразователь AR-AFFF 1 % соответствует стандарту TCVN 7278-3:2003 [2], но отсутствие данных о динамике процесса тушения ведет к избыточному расходу состава и нагрузке на оборудование. Целью работы является оптимизация огнетушащей эффективности путем определения теоретического оптимума ($J_{опт}$) и обоснования роли добавки нанокремнезема в расширении диапазона безопасной эксплуатации. Это обеспечит переход к интеллектуальному и экономичному проектированию систем пожаротушения транспортного флота Вьетнама.

2. Теоретические основы

2.1. Модель процесса тушения пожара

Вместо традиционного подхода к процессу тушения пожара с точки зрения простого гомогенного смешивания, в данном исследовании применяется модель локального взаимодействия струи огнетушащего вещества, предложенная Корольченко и Шароварниковым [3]. Эта модель фокусируется на анализе динамических механизмов на межфазной поверхности, где в результате непосредственного воздействия струи формируется огнетушащий (изолирующий) слой, выполняющий роль барьера, разделяющего горючее вещество и окружающую среду.

Эффективность данного процесса определяется удельным расходом огнетушащего вещества (Q, кг/м^2), который представляет собой количество огнетушащего вещества, затраченное на единицу площади пожара:

$$Q = J \cdot \tau \tag{1}$$

где J – интенсивность подачи раствора пенообразователя (кг/м^2·с).

τ – время тушения (с).

2.2. Характеристическая кривая и критические параметры процесса тушения

В модели процесса тушения пожара взаимосвязь между удельным расходом (Q) и интенсивностью подачи огнетушащего вещества (J) описывается характеристической кривой, имеющей экстремальный характер (U-образная форма). Данная кривая отражает наличие минимума удельного расхода огнетушащего вещества при оптимальном значении интенсивности подачи огнетушащего вещества ($J_{опт}$).

Данная кривая строится на основе корреляции между критической интенсивностью подачи ($J_{кр}$) — минимальным пороговым значением, при котором скорость термической деструкции структуры пены начинает превышать скорость формирования изолирующей плёнки, что ведет к неограниченному росту времени тушения ($\tau \to \infty$), — и оптимальной интенсивностью подачи ($J_{опт}$), соответствующей точке минимума функции, в которой достигается наименьший удельный расход огнетушащего вещества.

В данной точке ($J_{опт}$) система достигает состояния идеального динамического равновесия, что обеспечивает максимальную технико-экономическую эффективность за счет минимизации удельного расхода огнетушащего вещества. Согласно экспериментальным исследованиям пленкообразующих пенообразователей (типа AFFF), оптимальное значение интенсивности подачи обычно находится в диапазоне [2, 3]:

$$J_{опт} \approx (2{,}7 \div 3{,}0) \cdot J_{кр} \qquad (2)$$

3. Объект и методы исследования

3.1. Объект исследования

Объектом исследования является 1 %-ная система спиртоустойчивого пленкообразующего пенообразователя (AFFF/AR), разработанная во Вьетнаме. Данная система представляет собой композицию на основе фторированных и углеводородных поверхностно-активных веществ (ПАВ), смешанных в оптимальном соотношении для обеспечения синергетического эффекта между высокой скоростью растекания и термической устойчивостью. Для упрочнения структуры пенных пленок в состав введена добавка нанокремнезема (1 % по массе), способствующая формированию полимерной сетки в жидкой фазе. Этот механизм приводит к увеличению локальной вязкости, ингибированию процесса синерезиса и повышению механической стабильности пенного слоя при прямом воздействии высокоинтенсивного теплового излучения [4].

3.2. Методы исследования

Комплексная оценка динамических характеристик исследуемых составов проводилась по стандартизированной методике, включающей три взаимосвязанных этапа. На первом этапе выполнялся прецизионный физико-химический анализ поверхностного натяжения раствора на границе с воздухом ($\sigma_р$), горючего ($\sigma_г$) и межфазного натяжения ($\sigma_{р\text{-}г}$) для расчета коэффициента растекания (K_{10}), определяющего способность AR-AFFF к самопроизвольному образованию изолирующей водной пленки. Термическая стабильность структуры пены оценивалась путем термостатирования образцов при 150 °C в течение 8 часов для имитации воздействия жесткого теплового излучения пожара. Заключительный этап включал натурные огневые испытания на модельном очаге класса 55 B (ацетон, площадь 1,73 м²) при номинальной интенсивности подачи 11,4 л/мин согласно TCVN 7278-3. В ходе экспериментов фиксировались время тушения и устойчивость к повторному

воспламенению, послужившие основы для расчета показателей огнетушащей эффективности и определения безопасных параметров применения модифицированной системы.

4. Результаты и их обсуждение

4.1. Параметризация данных и определение теоретического оптимума рабочих характеристик

Математическая обработка экспериментальных данных на основе теоретической модели Корольченко и Шароварникова позволяет преобразовать статические физико-химические показатели в динамические параметры процесса тушения пожара. При положительном значении коэффициента растекания
($K_{10} \approx 3{,}42$ мН/м) и высокой термической стабильности (150°C/8ч), в ходе исследования установлено значение показателя степени $n \approx 1{,}0$, что отражает идеальный рабочий режим разработанной отечественной системы пенообразователя [3].

Исходя из экспериментальной интенсивности подачи $J_{экс} \approx 0{,}11$ кг/(м²·с) (что соответствует расходу 11,4 л/мин на противне площадью 1,7 м²) и времени тушения $\tau = 165$ с, удельный расход огнетушащего вещества составляет $Q_{экс} \approx 18{,}48$ кг/м². Применение корреляционной модели для высокоэффективной пленкообразующей пены ($J_{опт} \approx 2{,}8\ J_{кр}$) с фактической критической интенсивностью для ацетона, установленной на уровне $J_{кр} \approx 0{,}04$ кг/(м²·с), показывает, что теоретически оптимальная интенсивность подачи составляет:

$$J_{опт} = 2{,}8 \times 0{,}04 = 0{,}11 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{с)}$$

Соответствие нормативной интенсивности подачи по TCVN 7278-3 теоретическому значению $J_{опт}$ подтверждает научную обоснованность действующего стандарта Вьетнама и обеспечивает коэффициент запаса, превышающий критическую интенсивность подачи в 2,8 раза.

4.2. Смещение характеристической кривой под воздействием нанокремнезема

Модификация вьетнамского пенообразователя AR-AFFF 1 % нанокремнеземом (1 %) обеспечила снижение поверхностного натяжения рабочего раствора до 16,18 мН/м при одновременном росте коэффициента растекания K_{10} с 3,42 до 6,05. Улучшение межфазных характеристик ускорило формирование изолирующей пленки на поверхности ацетона, что сократило время тушения со 165 до 63 с и повысило устойчивость к повторному воспламенению до 585 с.

Физический механизм эффекта заключается в формировании наночастицами кремнезема термостойкой структурной сетки в каналах Плато. Это повышает локальную вязкость и замедляет синерезис, обеспечивая

стабильность пены до 25 минут. С точки зрения динамики пожаротушения, это привело к оптимизации U-образной зависимости удельного расхода Q = f(J), расширив минимум рабочей области. Экспериментально подтверждено снижение минимального удельного расхода (Q_{min}) с 18,15 до 7,0 кг/м², что позволяет системе сохранять эффективность даже при интенсивностях подачи ниже нормативных значений стандарта Вьетнама.

4.3. Обоснование гибкого рабочего диапазона для морских судов

На основе результатов математического моделирования и анализа динамики тушения, в исследовании установлен гибкий диапазон рабочих параметров судовой системы пожаротушения в целях оптимизации расхода огнетушащих веществ. В частности, критическая интенсивность подачи $J_{кр}$ была определена путем применения эмпирической модели ($J_{опт} \approx 2{,}8\ J_{кр}$) к зафиксированной эффективной интенсивности подачи ($J_{экс} \approx 0{,}11$ кг/(м²·с)), что позволило рассчитать значение $J_{кр} \approx 0{,}04$ кг/(м²·с). Это физический предел, при значениях ниже которого система полностью утрачивает способность ликвидировать пожар. На этом основании предложен безопасный рабочий диапазон интенсивности от 0,08 до 0,11 кг/(м²·с), обеспечивающий тактическую гибкость.

При этом нижний предел 0,08 кг/(м²·с) (что эквивалентно $2J_{кр}$) позволяет сэкономить до 30 % запаса пенообразователя по сравнению с действующими стандартами Вьетнама. При этом сохраняется необходимый технологический запас надежности, компенсирующий влияние внешних факторов (таких как ветер или колебания расхода насоса), что достигается за счет структурного упрочнения изолирующей пленки добавкой нанокремнезема. Напротив, верхний предел 0,11 кг/(м²·с), максимально приближенный к нормативному значению по стандарту Вьетнама 7278-3:2003, выступает в качестве приоритетного рабочего режима при необходимости оперативной ликвидации пожара в экстренных ситуациях, когда фактор времени превалирует над экономией запаса пенообразователя.

5. Выводы

Проведенные исследования подтверждают адекватность применения модели локального взаимодействия Корольченко – Шароварникова для оценки динамических параметров тушения вьетнамского пенообразователя AR-AFFF 1 %. Установлено, что интенсивность подачи по стандарту Вьетнама TCVN 7278-3:2003 (J ≈ 0,11 кг/м²·с) соответствует теоретическому оптимуму, при этом модификация состава 1 % добавкой нанокремнезема позволяет расширить рабочий диапазон до 0,08 кг/м²·с за счет формирования термостойкой структуры. Сокращение времени тушения в 2,5 раза и значительное повышение устойчивости к повторному воспламенению (до 716 с) создают научно-техническую базу для оптимизации систем пожаротушения национального морского флота Вьетнама, обеспечивая снижение массогабаритных

характеристик оборудования до 60 % при сохранении нормативного уровня пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобков С. А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров : учебное пособие / С. А. Бобков, А. В. Бабурин, П. В. Комраков. – Москва : Академия ГПС МЧС России, 2014. – 210 с.

2. Вьетнамский стандарт TCVN 7278-3:2003. Огнетушащие вещества. Пенообразователи. Часть 3. Технические требования к пенообразователям низкой кратности, предназначенным для тушения водорастворимых горючих жидкостей. – Ханой, 2003. – 23 с.

3. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Анализ типового соотношения для описания зависимости времени тушения горючих жидкостей и удельного расхода различных огнетушащих веществ от интенсивности их подачи // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 3. – С. 66–76. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.03.66-76.

4. Нгуен Тхи Нгоан. Исследование создания термостойких систем поверхностно-активных веществ для использования в технологии производства пенообразователей для пожаротушения : дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.06 / Нгуен Тхи Нгоан. – Ханой : Академия наук и технологий Вьетнама, 2021.

УДК 620.179

А. С. Левицкая *, Н. А. Молодцова *, Р. А. Коровин **, Н. А. Таратанов *
**Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*
***ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области*

ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕМЕНТОСОДЕРЖАЩИХ ОБРАЗЦОВ МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

В статье исследовано влияние высоких температур на бетонные образцы методом ультразвукового детектирования. Показано, что термическое воздействие снижает прочность и скорость прохождения ультразвука. Сделан вывод об эффективности данного метода для оценки повреждений строительных конструкций после пожара.

Ключевые слова: ультразвуковое детектирование, бетонные образцы, термическое воздействие, прочность, пожар.

A. S. Levitskaya, N. A. Molodtsova, R. A. Korovin, N. A. Taratanov

STUDIES OF CEMENT-CONTAINING SAMPLES USING ULTRASONIC DETECTION METHOD

© Левицкая А. С., Молодцова Н. А., Коровин Р. А., Таратанов Н. А., 2026

The article examines the effect of high temperatures on concrete samples using the ultrasonic detection method. It is shown that thermal exposure reduces the strength and speed of ultrasound transmission. The conclusion is drawn about the effectiveness of this method for assessing damage to building structures after a fire.

Keywords: ultrasonic detection, concrete samples, thermal impact, strength, fire.

Ультразвуковые методы исследования нашли широкое распространение в строительстве и пожарной безопасности. Метод, основанный на исследовании строительных конструкций посредством ультразвука с целью определения дефектов и повреждений, называется ультразвуковой дефектоскопией. Строительные конструкции зданий и сооружений могут быть изготовлены из различных материалов: железобетона, стали, древесины и т.п. Каждый материал в нормальных условиях обладает определенными свойствами и имеет определенное значение скорости прохождения ультразвуковой волны.

В результате пожара воздействие высоких температур на железобетонную конструкцию приводит к образованию в структуре бетона дефектов и повреждений (микротрещины, пустоты). Испарение в цементном растворе химически связанной воды и дегидратация гидроксида кальция при высоких температурах способствует появлению в структуре бетона микро- и макротрещин. Разуплотнение структуры бетона приводит к образованию в его структуре воздуха. Как отмечалось выше, ультразвуковые волны в воздухе имеют наихудшее распространение по сравнению с твердыми материалами (в нашем случае - бетон) [1].

Ультразвуковая дефектоскопия основана на измерении интервала времени, за который ультразвуковой импульс проходит по бетону от передающего преобразователя к приемному. Скорость прохождения ультразвука по конструкции напрямую зависит от состояния бетона. Под воздействиями высоких температур в условиях пожара происходит разрушение бетонной конструкции и, следовательно, скорость прохождения ультразвуковых волн замедляется [1,2].

Для простоты эксперимента прямоугольные образцы были разрезаны специальным инструментом (угловая шлифовальная машина (УШМ)) на двое. Таким образом, было получено 10 образцов бетона размерами 100×95×40 мм (рис. 1).



Рис. 1. Образцы бетона, не подвергнутые температурному воздействию

Для проведения исследования с помощью ультразвукового дефектоскопа 9 образцов были подвергнуты температурному воздействию в муфельной печи с шагом в 100 °С. Один из образцов (образец № 1) является эталонным (нативным), то есть не подвергнутый температурному воздействию.

Муфельные печи представляют собой оборудование для нагрева различных материалов, таких как керамика, золото, серебро, платина и химические вещества, а также для термической обработки металлов и их сплавов, керамики, реактивов и прочих материалов. Используются в лабораториях различных производств, таких как: ювелирном и сувенирном производстве, в медицине и других областях науки, техники или ремесла. Принцип работы печи основан на нагреве материалов внутри теплоизолированной камеры с помощью электричества, газа или другого топлива. Чаще всего муфельные печи оборудованы горизонтальной системой загрузки, хотя существуют и варианты с вертикальной загрузкой [3,4].

Программирование печи осуществляется посредством температурного регулятора РТ-250 Т (регулятор температуры печи, используемой в проведении испытания. В других печах может стоять иной регулятор), встроенного в печь. Это программируемый прибор, который позволяет задавать график нагрева по участкам (шагам).

Программирование печи для испытания производилось в следующем порядке:

1. Вход в режим настройки: нажали кнопку «прог». Цифры на дисплее начали мигать.

2. Выбор участка (УЧ): на индикаторе «УЧ» будет указан номер шага, на котором находится печь в настоящее время (обычно на «0»).

3. Установка температуры: С помощью стрелок «Вверх» и «Вниз» установили на верхнем (красном) дисплее нужную температуру (в градусах °С).

4. На нижнем (зелёном) дисплее установили нужное время. (если мы задаём время нагрева, то печь будет плавно поднимать температуру в течение этого времени.

5. Сохранение. Для сохранения выбранной нами программы снова нажали «прог». Если участков несколько прибор перейдёт ко второму участку (УЧ 2).

6. Запуск печи. После того как программа настроена, нажать кнопку «пуск». Загорится индикатор «нагрев» (красная лампа справа) и печь начнёт работу.

7. Сбрасывание программы. Для сброса программы печи необходимо обнулить запрограммированные участки. Для этого необходимо зайти в режим «прог». На всех участках (УЧ 1, УЧ 2 и т.д.) установить температуру «0» и время «0».

По результатам температурного воздействия в муфельной печи наблюдались изменения характеристик образцов (представлены в табл. 1)

Таблица1. **Изменение характеристик образцов бетона под воздействием температуры**

Температура воздействия	**Внешние характеристики образца**
100 °C	Образец не потерял свои механические характеристики, остался твердым, не хрупким, изменение цвета не наблюдалось
200 °C	Образец не потерял свои механические характеристики, остался твердым, не хрупким, изменение цвета не наблюдалось
300 °C	Образец приобрел розоватый оттенок. На этом этапе образец потерял «свободную» (капиллярную) воду. Началось небольшое снижение прочности, но структура образца сохранила свою целостность.
400 °C	Образец приобрел розоватый оттенок. Наблюдается небольшое снижение прочности, но структура образца сохранила свою целостность.
500 °C	Образец приобрел красноватый оттенок. Наблюдается небольшое снижение прочности, но структура образца сохранила свою целостность.
600 °C	Образец приобрел бледно-серый оттенок. Наблюдается небольшое снижение прочности, но структура образца сохранила свою целостность.
700 °C	Образец приобрел бледно-серый оттенок. Снижение прочности образца, появление видимых глазом трещин, структура образца сохранила свою целостность.
800 °C	Образец приобрел сероватый оттенок. Снижение прочности образца, видимые глазом трещины увеличились в размере, структура образца сохранила свою целостность.
900 °C	Потеря прочности и целостности образца. Образец рассыпается при взятии в руки.

Прибор, позволяющий производить данные замеры, называются «Ультразвуковым дефектоскопом». Прибор позволяет выявлять дефекты, определять прочность, плотность и модуль упругости строительных материалов, а также звуковой индекс абразивов по предварительно установленным градуировочным зависимостям данных параметров от скорости распространения УЗ импульсов. Работа прибора основана на измерении времени прохождения ультразвукового импульса в материале изделия от излучателя к приемнику. Скорость ультразвука вычисляется делением расстояния между излучателем и приемником (база прозвучивания) на измеренное время. Для повышения достоверности в каждом измерительном цикле автоматически выполняется 5 измерений и результат формируется путем их статистической обработки с отбраковкой выбросов [4].

По результатам измерения образцов ультразвуковым дефектоскопом данные измерений были сведены в табл. 2.

Таблица 2. **Скорость прохождения ультразвуковой волны в зависимости от температуры**

№ образца	Скорость ультразвуковой волны (мкс) до температурного воздействия	Температура воздействия на образцы (°С)	Скорость ультразвуковой волны (мкс) после температурного воздействия и временного промежутка (1 день)	Скорость ультразвуковой волны (мкс) после температурного воздействия и временного промежутка (17 дней)
№1	52	-	52	52
№2	51	100	54	54
№3	50	200	54	55
№4	51	300	62	64
№5	51	400	64	71
№6	51	500	75	75
№7	52	600	100	127
№8	51	700	114	139
№9	50	800	148	160
№10	53	900	159	Измерения не представляются возможными к проведению в виду полного разрушения образца

Таким образом, по результатам проведённых исследований можно сделать вывод о том, что при более высоком температурном воздействии степень механических повреждений образцов увеличивается, скорость прохождения звуковой волны по исследуемым материалам уменьшается, а время прохождения - увеличивается. Это связано с тем, что при нагреве химически связанная вода уходит из образцов, тем самым происходит их сушка. Затем при более высоком термическом воздействии образуются микротрещины исследуемых образцов, что, в свою очередь, связано с ростом интенсивности испарения влаги. Указанные микротрещины обнаружить невооружённым глазом практически невозможно до определённой степени нагрева. Визуально наблюдаемые трещины были обнаружены на образце с термическим воздействием 900 °С. Микротрещины при меньших температурах обнаруживаются при помощи ультразвукового дефектометра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чешко, И. Д. Методические рекомендации по выполнению выпускной аттестационной работы: Ультразвуковая дефектоскопия бетона и железобетона / И. Д. Чешко. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2016. – С. 17–21.

2. Исаева, Е. В. Определение степени термического поражения сталей ультразвуковым дефектоскопом «Ультратерм» при поверхностном прозвучивании / Е.В. Исаева, А.А. Шеков // Актуальные вопросы инженерно-технических экспертиз: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Иркутск: Восточно-Сибирский институт МВД России, 2018. – С. 49–53.

3. Курочкина, Е.Ю. Исследование влияния высоких температур на изделия из песка и цемента / Е.Ю. Курочкина, Н.А. Таратанов, Д.В. Калашников // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 222-226. – EDN ZJWVTE.

4. Курочкина, Е.Ю. Исследование степени разрушения пескоцементных изделий / Е. Ю. Курочкина, Н.А. Таратанов, Д.В. Калашников // Актуальные вопросы естествознания: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 30 марта 2023 года / Сост.: Т.В. Фролова. – Иваново: ФГБОУ ВО«Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 59-63. – EDN BFECTC.

УДК 614.842:621.396

М. А. Логвинец, А. В. Мельник, А. П. Терентьева
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИООБМЕНА НА ПОЖАРЕ. СРАВНЕНИЕ РАДИОСТАНЦИЙ MOTOROLA И ТАКТ

В статье рассмотрены основные проблемы организации и ведения радиообмена при тушении пожаров. На основе учебных материалов по организации радиосвязи в пожарной охране, материалов о связи при пожаре и характеристик профессиональных радиостанций проведено сравнительное исследование MOTOTRBO R7Ex компании Motorola Solutions и цифровой радиостанции ТАКТ-301П.

Ключевые слова: радиообмен, пожар, радиосвязь, пожарная охрана, МЧС России, радиостанция, Motorola, MOTOTRBO R7Ex, ТАКТ-301П, DMR, цифровая радиосвязь, помехи, радиодисциплина.

© Логвинец М. А., Мельник А. В., Терентьева А. П., 2026

M. A. Logvinets, A. V. Melnik, A. P. Terenteva

PROBLEMS OF USING RADIO COMMUNICATION IN FIRE FIGHTING. COMPARISON OF MOTOROLA AND TACT RAIL RADIOS

The article discusses the main problems of organizing and conducting radio exchange during fire fighting. Based on educational materials on the organization of radio communications in the fire department, materials on fire communication and characteristics of professional radio stations, a comparative study of MOTOTRBO R7Ex from Motorola Solutions and the digital radio station TAKT-301P was conducted.

Keywords: radio communication, firefighting, fire service, radio station, Motorola, MOTOTRBO R7Ex, ТАКТ-301P, DMR, digital radio, interference, radio discipline.

Радиосвязь при пожаре является одним из основных элементов управления силами и средствами. В учебных материалах по пожарной охране она определяется как средство оперативного управления подразделениями, связи с пожарными автомобилями и формированиями, обмена информацией непосредственно на месте пожара и резервирования других каналов связи. На практике это означает, что от устойчивости радиоканала зависит своевременность передачи распоряжений, докладов о развитии обстановки, запросов на дополнительные силы и предупреждений об угрозе для личного состава.

При тушении пожара одновременно действуют руководитель тушения пожара, оперативный штаб, начальники боевых участков, пожарно-спасательные отделения, водители и другие участники работ. В зависимости от организационной структуры могут разворачиваться отдельные радиосети для связи органов управления, пожарных автомобилей, подразделений непосредственно на месте пожара и взаимодействия с другими силами. Такая структура позволяет разделить потоки информации и уменьшить вероятность того, что важное сообщение будет потеряно среди второстепенных переговоров.

Радиосвязь имеет существенное преимущество перед мобильной телефонной связью: сообщение по радиоканалу может быть услышано несколькими участниками одной сети одновременно. Это особенно важно при передаче общего распоряжения или предупреждения об опасности. Однако при работе в общем симплексном канале участники не могут одновременно передавать сообщения. Следовательно, рост количества абонентов приводит к повышению вероятности занятости канала и взаимного перекрытия сообщений.

Одной из наиболее существенных проблем является перегрузка радиоканала. Чем больше абонентов работает на одном канале, тем выше вероятность одновременного выхода нескольких корреспондентов на передачу. В результате часть сообщений не принимается или принимается частично. Радиообмен требует краткости сообщений и запрещает частные переговоры, не относящиеся к оперативной работе.

Вторая проблема - радиопомехи и неудовлетворительная слышимость. Источниками могут быть другие передатчики, электрическое оборудование, особенности местности и застройки. При плохом состоянии связи возрастает значение повторения и подтверждения информации. Поэтому рассматривается возможность передачи через другой абонент, а при отсутствии радиосвязи - использование телефонной или подвижной радиотелефонной связи.

Третья проблема - ограничение радиопокрытия. Эффективная дальность не является постоянной величиной и зависит от высоты антенны, рельефа, застройки, положения пользователя и параметров сети. Опыт ликвидации крупных чрезвычайных ситуаций показывает, что даже профессиональные системы могут сталкиваться с «мертвыми зонами» и перегрузкой. Подобные инциденты указывают на ненадежность портативных радиостанций в высотных зданиях без соответствующих приспособлений усиления сигнала.

Четвертая проблема связана с человеческим фактором. Даже технически совершенная радиостанция не обеспечит надежную связь, если оператор говорит слишком быстро, не соблюдает установленную форму вызова, перебивает других участников или не подтверждает получение критически важного сообщения. Правила пожарного радиообмена требуют краткости, отчетливости, неторопливой передачи и повторения содержания принятого сообщения.

Пятая проблема -энергетическая автономность. При длительном тушении аккумулятор становится критическим элементом системы связи. Разряд одной радиостанции способен привести к потере отдельного участника управления даже при сохранении работоспособности всей радиосети. Поэтому на пожаре рекомендуется наличие запасного аккумулятора и периодический контроль состояния оборудования.

Отдельное значение имеет приоритет экстренных сообщений. На пожаре предлагается выделять аварийное сообщение специальным словом, после которого остальные участники должны прекратить обычные переговоры и освободить эфир для передачи информации об угрозе жизни и здоровью.

Для сравнительного исследования были взяты радиостанции Motorola MOTOTRBO R7Ex и ТАКТ-301П. R7Ex был выбран в связи с тем, что производитель позиционирует эту модель как искробезопасную радиостанцию для потенциально взрывоопасных сред и указывает ее применение в особо опасных условиях. ТАКТ-301П в источнике производителя представлена как отечественная цифровая радиостанция для профессиональных служб.

MOTOTRBO R7Ex относится к профессиональной цифровой платформе Motorola MOTOTRBO. Производитель указывает сертификацию ATEX и IECEx, защиту по IP66 и IP68 IECEx, работу до 23,5 часа в режиме разговора, GNSS, Bluetooth и Wi-Fi. Для условий с высоким уровнем фонового шума заявлены усовершенствованная обработка звука и громкое воспроизведение, а также функции экстренного режима, оповещения о падении.

ТАКТ-301П, согласно опубликованным характеристикам, работает в UHF-диапазоне 450–520 МГц, имеет мощность передатчика 5 Вт, 32 канала, аккумулятор Li-Ion 1500 мА·ч, рабочий диапазон температур от −30 до +60 °C, габариты 125×55×35 мм и массу 330 г. Устройство поддерживает цифровой и аналоговый сигнал, имеет GPS и заявленную возможность организации двух виртуальных каналов на одной частоте. Корпус описывается как ударопрочный, пыле- и влагонепроницаемый.

Таблица. **Сравнительная таблица**

Показатель	**Motorola MOTOTRBO R7Ex**	**ТАКТ-301П**
Стандарт/режим	Профессиональная цифровая радиосвязь MOTOTRBO; специализированная версия R7Ex	Цифровой и аналоговый режимы
Защищенность	ATEX/IECEx; IP66 и IP68 IECEx	Ударопрочный, пыле- и влагонепроницаемый корпус
Работа в опасной среде	Сертифицирована ATEX/IECEx	Взрывобезопасность в доступных характеристиках не указана
Навигация	GNSS	Не указана
Связь/данные	Bluetooth, Wi-Fi; цифровая инфраструктура	Два виртуальных канала на одной частоте; 32 канала
Автономность	До 23,5 ч в режиме разговора (заявление производителя)	Li-Ion 1500 мА·ч; конкретное время работы в предоставленном источнике не указано
Рабочая температура	Конкретный диапазон не приведен	−30…+60 °C
Масса	Конкретная масса не приведена	около 310 г с АКБ и антенной

Сравнение моделей показывает, что обе модели предназначены для профессиональной эксплуатации. R7Ex сильнее ориентирована на безопасность работ в опасных средах и расширенную интеграцию с цифровой инфраструктурой. ТАКТ-301П сочетает цифровой и аналоговый режимы работы, отличается простотой локальной связи, GPS и отечественным исполнением. При этом непосредственно сравнивать дальность связи только по мощности передатчика некорректно: реальное покрытие определяется не только мощностью, но и антенной системой, рельефом, застройкой, режимом работы и наличием ретрансляторов.

Для оценки целесообразно учитывать не только паспортные характеристики, но и соответствие конкретной модели условиям пожарно-спасательных работ.

Проведенный анализ показывает, что проблемы радиообмена на пожаре носят комплексный характер. Они связаны одновременно с техническими параметрами аппаратуры, организацией радиосетей, радиодисциплиной и действиями конкретного оператора. Даже современная цифровая радиостанция не исключает перегрузки канала, ухудшения прохождения радиосигнала или ошибок пользователей.

С точки зрения защищенности и специальных функций MOTOTRBO R7Ex имеет преимущества для особо сложных условий эксплуатации: производитель заявляет сертификацию ATEX/IECEx, защиту IP66/IP68, повышенную разборчивость речи, GNSS и функции экстренного оповещения. ТАКТ-301П, в свою очередь, представляет собой отечественное профессиональное решение с поддержкой цифрового и аналогового режимов, 32 каналами, GPS и заявленным устойчивым исполнением корпуса.

Соответственно, выбор радиостанции должен осуществляться не по принципу «какая марка лучше», а исходя из задач подразделения, требований к взрывозащите, совместимости с существующей радиосетью, условий распространения радиоволн, требований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы для самоподготовки «Связь на пожаре: телефон и радиостанция». Российское общество добровольных лесных пожарных. URL: https://forestfire.ru/volunteers/education/fire-communication (дата обращения: 06.10.2026).

2. Радиостанции, применяемые в пожарной охране, их тактико-технические данные. URL: https://studfile.net/preview/12721996/page:13/ (дата обращения: 06.10.2026).

3. Ведение радиообмена на пожаре и его фиксация: тема 1. URL: https://fireman.club/conspects/tema-1-poryadok-vedeniya-radioobmena-na-pozhare-i-ego-fiksacziya/ (дата обращения: 05.10.2026).

4. Об управлении радиосвязью при ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера подразделениями Государственной противопожарной службы. КиберЛенинка. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ob-upravlenii-radiosvyazyu-pri-likvidatsii-chrezvychaynyh-situatsiy-tehnogennogo-haraktera-podrazdeleniyami-gosudarstvennoy (дата обращения: 05.10.2026).

5. Проблемы использования систем сотовой связи в чрезвычайных ситуациях. Saga Telecom. URL: https://www.sagatelecom.ru/encyclopedia/protocol/problemy-ispolzovaniya-sistem-sotovoy-svyazi-v-chrezvychaynykh-situatsiyakh/ (дата обращения: 06.10.2026).

6. Аналоговые профессиональные радиостанции ТАКТ. Midland-rus. URL: https://www.midland-rus.ru/cat/takt (дата обращения: 06.10.2026).

7. Радиостанция ТАКТ-301П. Rads.ru. URL https://specdozor.com/catalog/raciya-takt-301-p-45?ysclid=muxz02gl9f59132494 (дата обращения: 06.10.2026).

8. Портативные радиостанции MOTOTRBO. Motorola Solutions. URL: https://www.motorolasolutions.com/ru_ru/products/mototrbo/portable-radios.html (дата обращения: 06.10.2026).

9. Портативная приемопередающая радиостанция MOTOTRBO R7Ex с сертификацией ATEX и IECEx. Motorola Solutions. URL: https://www.motorolasolutions.com/ru_ru/products/two-way-radios/mototrbo/portable-radios/mototrbo-r7ex.html (дата обращения: 06.10.2026).

УДК 614.849

В. В. Логинов, А. А. Белканов
Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСЧЕНОГО РАСХОДА ВОДЫ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

В статье рассмотрены вопросы обеспечения нормативных требований пожарной безопасности на объектах хранения и переработки нефтепродуктов. Предложены меры доведения до нормативных значений запаса воды, предназначенной для тушения и охлаждения объектов при пожаре. Сделаны выводы об условиях успешного применения предложенных мер.

Ключевые слова: пожары, нефтепереработка, противопожарная защита, пожарный резервуар

V. V. Loginov, A. A. Belkanov

ON THE ISSUE OF ENSURING THE CALCULATED WATER FLOW RATE FOR FIREFIGHTING AT PETROLEUM PRODUCT STORAGE AND PROCESSING FACILITIES

The article examines issues related to meeting regulatory fire safety requirements at facilities for the storage and processing of petroleum products. Measures are proposed to bring the water reserves intended for fire suppression and facility cooling up to regulatory levels. Conclusions are drawn regarding the conditions necessary for the successful implementation of the proposed measures.

Keywords: fires, oil refining, fire protection, firewater reservoir

В современных условиях для подразделений пожарной охраны особенно актуальным становиться вопрос обеспечения противопожарной защиты объектов хранения и переработки нефтепродуктов. Анализ состояния

© Логинов В. В., Белканов А. А., 2026

противопожарной защиты таких объектов показывает, что успешное тушение пожаров на них возможно, только при выполнении всех требований нормативных документов и учете всех факторов, влияющих на процесс пожаротушения.

В настоящее время, на каждый объект хранения и переработке нефтепродуктов разрабатывается оперативный план пожаротушения [1], однако требования к нему сохраняются на уровне закона о пожарной безопасности, ввиду того, что с 1 сентября 2025 года эти планы исключены из документов предварительного планирования [2]. Такое положение обусловлено ответственностью за достоверностью данных планирования должностными лицами пожарной охраны, тогда как определяющие характер тушения сведения, находятся у владельца объекта [3]. Данные обстоятельства затрудняют провести не только расчет необходимого количества сил и средств для тушения, но и заранее определить тактические действия подразделений.

Выполнение задач пожаротушения будет обеспечиваться:

– быстрым сосредоточением необходимого количества пожарных подразделений и подразделений экстренных оперативных служб;

– своевременным сбором сведений об оперативной обстановке на пожаре;

– организацией информационного и другого взаимодействия с силами и средствами министерств и ведомств, участвующих в процессе тушения или обеспечивающих его;

– выполнением мероприятий пожарной защиты объекта, согласно требованиям нормативных документов.

Крупные объекты хранения и переработки нефтепродуктов характеризуются:

– большим объёмом хранящихся нефтепродуктов;

– сложной системой технологии хранения и транспортировки;

– наличием средств обеспечения пожарной безопасности объекта, в том числе пожарного водопровода и запасом воды в пожарных резервуарах;

– наличием путей подвоза и погрузки нефтепродуктов как автомобильных, так и железнодорожных.

Анализ типовых замечаний к состоянию противопожарной защиты объектов нефтяного комплекса позволяет выделить наиболее характерные из них:

– отсутствие кольцевых проездов сливоналивных эстакад для пожарных машин;

– отсутствие съездов на параллельный обгонный путь для сливоналивных эстакад;

– ненормативное расстояние от резервуаров нефтепродуктов до проезжей части и до соседних объектов;

– неисправности внутреннего противопожарного водопровода и недостаточный запас воды в пожарных резервуарах.

Отсутствие необходимого нормативного запаса воды будет особенно остро проявляться при пожаре с угрозой перехода его на соседние объекты. По опыту учений, проводимых Екатеринбургской пожарно-спасательном гарнизоне для тушения стандартного изолированного резервуара 1000 м^3, требуется около 450 м^3 воды для охлаждения резервуаров и проведения пенного тушения. При отсутствии нормативного запаса воды в пожарных резервуарах, такое количество воды пожарными автоцистернами обеспечить крайне затруднительно, особенно если пожар будет масштабным и затронет несколько резервуаров.

В этих условиях для решения задач пожаротушения необходимо будет организовать своевременную доставку воды. В принципе резервуары объёмом до 5000 м^3 можно тушить мобильными средствами пожаротушения, но с учетом недостаточной пропускной способности подъездов к резервуарам, доставку воды обычными автоцистернами обеспечить невозможно. Между тем объекты хранения и переработки нефти, согласно требованиям нормативных документов [4] имеют развитую сеть пожарного водоснабжения и пожарные резервуары с запасом воды, обеспечивающим тушение пожара и охлаждение объектов.

Если на объектах нефтепереработки сеть противопожарного водоснабжения имеет водоотдачу ниже установленной расчетной, то планами пожаротушения придется предусматривать использование пожарных автоцистерн с лафетными стволами и устройствами подачи воздушно-механической пены. Учитывая малый объем воды в них, необходимо предусмотреть систему заправки водой.

Пожарные ёмкости с недостаточным запасом воды – частое нарушение требований нормативных документов на объектах нефтепереработки. Часто такое нарушение невозможно устранить и очень тяжело выполнить компенсационные мероприятия по данному нарушению.

Учитывая достаточно развитую железнодорожную сеть в районе объектов нефтепереработки, которая обеспечивает разгрузку не переработанных и погрузку переработанных нефтепродуктов, имеет смысл внести предложение – иметь на запасных железнодорожных путях, непосредственно или вблизи объекта, некоторого количества цистерн с водой как подвижного пожарного резервуара. Данный запас воды можно рассматривать как дополнительный источник противопожарного водоснабжения, вводимый в действие через некоторое время после начала тушения пожара.

Для использования состава с водой необходимо установка оборудования сливоналивной эстакады оборудованием, соединяющим систему пожарного водоснабжения с задвижками цистерн для обеспечения подачи воды или оборудование слива непосредственно для пополнения резервуаров.

Главной проблемой реализации данного предложения будет наличие во время пожара свободного маневрового тепловоза для подачи состава цистерна с водой и наличия времени для его вызова, прибытия, сцепки и доставки цистерн к месту подачи воды в систему противопожарного водопровода. Это потребует

организации тесного взаимодействия руководства тушения пожара с управляющим органом предприятия и подразделением предприятия, отвечающим за выполнение маневровых работ по подаче и отправке подвижного состава по железной дороге или руководством отделения железной дороги в зоне которого, работает предприятие.

Решение этой проблемы позволит повысить устойчивость функционирования предприятий, работающих в сфере нефтепереработки и снизить затраты на компенсационные мероприятия при невозможности выполнить требования нормативных документов, регламентирующих пожарную безопасность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по составлению планов тушения пожаров и карточек тушения пожаров / Утверждены главным военным экспертом МЧС России 27.02.2013, утратили силу с 1.01.2021// URL: https://docs.cntd.ru/document/542699600.

2. Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах и Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ./ Приказ МЧС России от 13.01.2025 № 19// URL: https://docs.cntd.ru/document/1311934687

3. Об организации работы по составлению, отработке и учету планов и карточек тушения пожаров/ Письмо МЧС России от 19.08.2025 N М-12-2149// URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_513535/

4. Свод правил СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» // URL: https://docs.cntd.ru/document/1200108948

УДК 614.841.3:656.71

Май Дань Зянг
Академия пожарно-спасательной службы Министерства общественной безопасности Социалистической Республики Вьетнам

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ДАННЫЕ И ЦИФРОВАЯ КАРТА РИСКОВ В УПРАВЛЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ МЕЖДУНАРОДНЫХ АЭРОПОРТОВ

На основе данных десяти международных аэропортов Вьетнама за 2018–2026 гг. выявлена разобщённость информации об объектах, опасностях и силах реагирования. Предложены двухуровневая архитектура данных, единые идентификаторы и цифровая карта рисков для интеграции оперативных систем.

Ключевые слова: аэропорт, пожарная безопасность, интегрированные данные, цифровая карта рисков, BIM, GIS

© Май Дань Зянг, 2026

Mai Danh Giang

INTEGRATED DATA AND DIGITAL RISK MAPPING FOR FIRE SAFETY MANAGEMENT AT INTERNATIONAL AIRPORTS

Based on data from ten international airports in Vietnam covering the period 2018–2026, a fragmentation of information regarding facilities, hazards, and response forces was identified. A two-level data architecture, unified identifiers, and a digital risk map were proposed to integrate operational systems.

Keywords: airport, fire safety, integrated data, digital risk map, BIM, GIS

Международный аэропорт объединяет терминалы, перроны, топливное хозяйство, ангары, грузовые и технические объекты, которыми управляют разные юридические лица. Их общие системы электроснабжения, водоснабжения, связи, контроля доступа и наземного движения формируют взаимную зависимость. Для предупреждения пожара и организации реагирования необходимы актуальные сведения не только о каждом здании, но и о связях между объектами, маршрутах доступа и доступных ресурсах. Требования ICAO к аварийному планированию и принципы системы управления безопасностью предполагают распределение ответственности, обмен информацией, выявление опасностей и документированную оценку риска [1-3].

Цель исследования состоит в разработке структуры интегрированных данных и цифровой карты рисков для управления пожарной безопасностью международных аэропортов. Использованы анализ нормативных и ведомственных документов, материалы обследования и сопоставление практики десяти международных аэропортов Вьетнама за период с августа 2018 г. по сентябрь 2026 г. Оценивались состав данных, порядок их обновления, возможность совместного использования и пригодность для профилактики, контроля и управления силами.

Цифровизация отдельных операций уже создала исходную основу. В 34 провинциях и городах все учтенные материалы по согласованию, экспертизе и приемке проектов принимались через государственные электронные услуги. В 2021 г. в аэропорту Дананг камеры наблюдения были подключены к центру аварийного управления. С 1 февраля 2024 г. Нойбай и Таншоннят применяют систему совместного принятия решений A-CDM. К январю 2026 г. аэропорты были синхронизированы с центром управления, передачей сообщений о происшествиях и базой данных пожарной безопасности, хотя часть расположенных на их территории объектов еще не завершила подключение [7, 8].

Несмотря на это, сведения о планировке, границах ответственности, источниках воды, опасных зонах, топливе, системах защиты, силах, средствах и нарушениях остаются в разных документах и информационных системах. Изменение назначения помещения, перекрытие проезда или вывод установки из работы не всегда одновременно отражается в плане, пожарной документации

и диспетчерской информации. Поэтому наличие электронных файлов само по себе не образует интегрированную систему и не гарантирует пригодность данных при пожаре.

Предлагаемая модель имеет два уровня. Общий профиль аэропорта содержит планировку, технологические связи, границы субъектов, общие системы, опасные зоны, ворота, маршруты, источники воды и ресурсы реагирования. Профиль объекта описывает владельца, назначение, число людей, пожарную нагрузку, источники зажигания, системы защиты, дежурные силы, историю происшествий, нарушений и корректирующих действий. Единые идентификаторы аэропорта, юридического лица, здания, зоны, системы и опасности обеспечивают двусторонний поиск и исключают смешение ответственности.

Таблица. **Состав интегрированной информационной модели аэропорта**

Уровень данных	Основное содержание	Назначение
Объекты и ответственность	Идентификаторы, владелец, границы, назначение	Учет, контроль, распределение задач
Пространство и инфраструктура	Планы, опасные зоны, ворота, маршруты, вода	Карта рисков и выбор доступа
Системы и ресурсы	Сигнализация, тушение, силы, техника, готовность	Оценка защиты и реагирования
События и соответствие	Пожары, проверки, нарушения, сроки, устранение	Приоритет и последующий контроль
Оперативные потоки	Извещения, камеры, датчики, диспетчерские данные	Подтверждение и управление при событии

Цифровая карта рисков является пространственным представлением этой архитектуры. Она должна показывать зоны повышенной опасности и возможного распространения огня, границы управления, ворота и маршруты пожарных автомобилей, источники воды, места сбора, состояние критических систем и расположение доступных сил. Для каждого слоя задаются владелец данных, периодичность проверки, источник подтверждения и время последнего обновления. Предусматриваются три режима актуализации: плановый; при изменении объекта или эксплуатации; немедленный при событии, влияющем на безопасность.

Сигналы пожарной автоматики, камеры, датчики, центр управления аэропортом и A-CDM подключаются избирательно, только когда их данные необходимы для подтверждения события или принятия решения. Доступ предоставляется по роли; действия пользователей регистрируются; для потери связи предусматривается автономный комплект актуальных планов. Такой порядок учитывает требования к авиационной безопасности, государственной и

служебной тайне, защите сети и ответственности за качество данных. Обязанность руководителя объекта вести и обновлять сведения, а также этапное подключение передачи извещений закреплены законодательством Вьетнама [6].

GIS связывает объекты аэропорта с координатами, дорожной сетью, зонами доступа и внешними ресурсами, а BIM предоставляет геометрию и семантические сведения о помещениях, конструкциях и инженерных системах. Их совместное применение позволяет моделировать распространение дыма, эвакуацию, внутреннюю навигацию и доступ пожарной техники. Исследования подтверждают применимость интегрированных BIM-GIS-слоев и механизмов обмена информацией для пожарного реагирования [4-5]. В аэропорту модель должна учитывать режимные зоны, состояние ворот, движение на перроне и возможность временного изменения маршрута.

Технология не должна подключаться непосредственно к эксплуатируемым системам без проверки. Последовательность включает формулирование задачи, прототип, моделирование, контролируемое испытание в аэропорту, независимую оценку и утверждение правил эксплуатации. Критериями служат полнота и точность данных, доля ложных сообщений, время обновления и поиска, совместимость, устойчивость резервного режима, стоимость жизненного цикла и возможность технического обслуживания. Искусственный интеллект допустим для предупреждения и анализа, но не заменяет решение руководителя тушения пожара или уполномоченного должностного лица.

Главным условием цифровой трансформации является не количество программ, а единая семантика данных, закрепленная ответственность и проверяемая актуальность. Пилотирование целесообразно провести в Нойбае, Таншонняте и Дананге, где уже имеются элементы цифровой инфраструктуры. Результат следует измерять полнотой обязательных полей, временем обновления изменений, длительностью определения места события и маршрута доступа, долей подтвержденных корректирующих действий и доступностью системы.

Интегрированные профили и цифровая карта рисков позволяют связать профилактику, контроль и оперативное реагирование. Они не заменяют нормативные требования, обследование на месте или профессиональное решение, а обеспечивают общую информационную основу. Расширение системы возможно после проверки качества данных, информационной безопасности и устойчивости работы в реальных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Департамент пожарной полиции и спасения Министерства общественной безопасности Вьетнама. Итоговые отчеты о пожарной безопасности и аварийно-спасательных работах за 2018-2025 гг. и первое полугодие 2026 г. Ханой, 2018-2026.

2. Корпорация аэропортов Вьетнама. Годовые отчеты и материалы о пожарной безопасности и аварийно-спасательных работах в аэропортах за 2018-2025 гг. Ханой, 2018-2025.

3. Национальное собрание Вьетнама. Закон о пожарной безопасности, пожаротушении и аварийно-спасательных работах № 55/2024/QH15 от 29 ноября 2024 г. Ханой, 2024.

4. Federal Aviation Administration. Advisory Circular 150/5200-37A. Safety Management Systems for Airports. Washington, DC, 2023.

5. International Civil Aviation Organization. Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation. Vol. I. Aerodrome Design and Operations. 9th ed. Montreal: ICAO, 2022.

6. International Civil Aviation Organization. Airport Services Manual. Part VII. Airport Emergency Planning. 2nd ed. Montreal: ICAO, 1991.

7. Isikdag U., Underwood J., Aouad G. An Investigation into the Applicability of Building Information Models in Geospatial Environment in Support of Site Selection and Fire Response Management Processes // Advanced Engineering Informatics. 2008. Vol. 22, no. 4. P. 504-519. DOI: 10.1016/j.aei.2008.06.001.

8. Wong M. O., Lee S. Indoor Navigation and Information Sharing for Collaborative Fire Emergency Response with BIM and Multi-user Networking // Automation in Construction. 2023. Vol. 148. Art. 104781. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104781.

УДК 614.841.3:656.71

Май Дань Зянг
Академия пожарно-спасательной службы Министерства
общественной безопасности Социалистической Республики Вьетнам

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В МЕЖДУНАРОДНЫХ АЭРОПОРТАХ НА ПРИМЕРЕ ВЬЕТНАМА

На основе данных десяти международных аэропортов Вьетнама за 2018–2026 гг. обоснован риск-ориентированный подход к управлению пожарной безопасностью. Выявлены разобщенность данных и незавершенность контроля устранения нарушений. Предложены связанный информационный профиль, шестиступенчатая оценка и четыре уровня риска.

Ключевые слова: аэропорт, пожарная безопасность, управление рисками, пожарный надзор, последующий контроль

© Май Дань Зянг, 2026

Mai Danh Giang

RISK-BASED FIRE SAFETY MANAGEMENT AT INTERNATIONAL AIRPORTS IN VIETNAM

Data from ten international airports in Vietnam for 2018-2026 are used to substantiate a risk-based fire safety management approach. Fragmented data and incomplete verification of corrective actions are identified. A linked information profile, six-step assessment and four risk levels are proposed.

Keywords: airport, fire safety, risk-based management, fire inspection, follow-up control

Международный аэропорт представляет собой комплекс взаимосвязанных объектов с различной пожарной нагрузкой и режимами эксплуатации. Пассажирские терминалы, перроны, склады топлива, ангары, грузовые терминалы и технические зоны используют общие системы электроснабжения, связи, водоснабжения и контроля доступа. Низкая частота пожаров не означает низкий риск: последствия зависят от числа людей, наличия воздушных судов и топлива, возможности распространения огня и продолжительности остановки перевозочного процесса. Требования ICAO и концепция системы управления безопасностью предполагают выявление опасностей, оценку риска и упреждающее управление мерами защиты [4-6].

Цель исследования состоит в обосновании организационной модели риск-ориентированного управления пожарной безопасностью международных аэропортов Вьетнама. Использованы анализ нормативных и ведомственных документов, описательная статистика и сопоставление результатов контроля. Исходные данные охватывают десять международных аэропортов за период с августа 2018 г. по сентябрь 2026 г. и включают сведения о проверках, предписаниях, административных санкциях, пожарах и выполнении корректирующих мероприятий. Ведомственная отчетность дополнена материалами обследования, выполненного автором. Различия в пассажиропотоке и количестве полетов не позволяли корректно ранжировать аэропорты, поэтому данные применялись для оценки организации работы, а не для сравнительной оценки уровня безопасности.

За исследуемый период подразделения пожарно-спасательной провели 2045 проверок. По их результатам выдано 176 предписаний об устранении нарушений и применены административные санкции в 32 случаях на общую сумму 1,63 млрд вьетнамских донгов. В среднем на 100 проверок приходилось 8,6 предписания и 1,6 случая привлечения к ответственности. Зарегистрировано пять пожаров, все в международном аэропорту Нойбай; погибших и пострадавших не было, а возгорания ликвидированы на начальной стадии силами объекта и специализированными подразделениями аэропорта [1].

Таблица. **Основные показатели контроля пожарной безопасности**

Показатель	Значение
Проведено проверок	2045
Выдано предписаний	176
Применено административных санкций	32
Общая сумма штрафов	1,63 млрд донгов
Зарегистрировано пожаров	5

Контроль охватывал содержание систем обнаружения и тушения пожара, пути эвакуации, источники водоснабжения, подъезды пожарных автомобилей, электрооборудование, обращение с горючими материалами, готовность объектовых формирований и проведение учений. Наиболее характерными нарушениями являлись переустройство помещений с изменением зон действия извещателей и оросителей, загромождение путей эвакуации, неудовлетворительное техническое состояние оборудования, нарушения при эксплуатации электроустановок и несвоевременное выполнение предписаний.

Анализ выявил три организационные проблемы. Во-первых, сведения об объектах, юридических лицах, инженерных системах и устранении нарушений хранятся в раздельных документах. Во-вторых, выбор приоритетов не всегда учитывает историю нарушений, изменение назначения помещений и возможные последствия пожара. В-третьих, последовательность действий от выявления нарушения до повторной проверки и подтверждения его устранения не образует единого замкнутого процесса. Поэтому количество проверок само по себе не характеризует снижение риска.

Предлагаемая модель включает общий информационный профиль аэропорта и отдельные профили объектов. Общий профиль отражает планировку, технологические связи, зоны повышенной опасности, общие системы, маршруты доступа, источники воды и доступные силы. Профиль объекта содержит сведения о владельце и границах ответственности, назначении, количестве людей, пожарной нагрузке, источниках зажигания, системах защиты, силах и средствах. Единые идентификаторы связывают конкретную опасность с объектом и инфраструктурой аэропорта.

Оценка выполняется в шесть этапов: определение объекта, границ ответственности и режима эксплуатации; сбор и проверка данных; выявление опасностей; построение сценария пожара; оценка вероятности, последствий, уязвимости и способности к реагированию; назначение мероприятий с последующей проверкой и повторной оценкой. Объектами оценки должны быть отдельные здания, зоны, общие системы и опасные операции, а не аэропорт в целом. Подобный подход соответствует представлению о пожарной безопасности как о сочетании технических, организационных и оперативных мер [2-4].

Предлагается четыре уровня риска. Очень высокий уровень требует немедленных мер, усиленного контроля и ограничения деятельности при наличии правовых оснований. Высокий уровень определяет приоритет проверки, распределения сил и контроля исполнения. Средний уровень предполагает периодический контроль, а низкий - мониторинг данных и выборочные проверки. Классификация устанавливает очередность действий, но не отменяет обязательных требований и установленных сроков контроля. Низкий уровень риска не может служить основанием для освобождения владельца от ответственности.

Перед проверкой профиль риска должен определять сценарии, критические системы и документы, подлежащие проверке. После проверки каждое нарушение связывается с объектом и фактором риска; в предписании фиксируются ответственный исполнитель, срок, временные меры и доказательства устранения. Просрочка или повторное нарушение изменяет уровень риска и план последующего контроля. Такой цикл связывает данные, оценку, проверку, корректирующие действия и повторную оценку, а эффективность работы измеряется не числом документов, а подтвержденным снижением опасности.

Риск-ориентированная модель позволяет согласовать государственный пожарный контроль с системой управления безопасностью аэропорта. Ее применение требует единых показателей, регулярного обновления данных и проверки качества оценки. Ошибки в исходных сведениях способны изменить очередность мер, а неодинаковые веса критериев - привести к несопоставимым решениям. Поэтому модель необходимо проверить на аэропортах различного масштаба, сопоставить результаты с обследованием на месте и периодически калибровать. Центральный орган должен устанавливать структуру данных и методику, а территориальные подразделения - подтверждать сведения и организовывать контроль.

Исследование подтверждает возможность перехода от учета количества мероприятий к управлению их результатом. Для международных аэропортов Вьетнама приоритетными являются связанные профили данных, оценка риска по отдельным объектам и сценариям, четырехуровневая классификация и контроль устранения нарушений до документального подтверждения. Модель должна применяться в пределах действующего законодательства и после пилотной апробации. Дальнейшие исследования должны включить нормированные показатели пассажиропотока, числа полетов, обращения топлива и времени недоступности систем, что позволит проверить устойчивость критериев и точнее распределять ресурсы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Департамент пожарной полиции и спасения Министерства общественной безопасности Вьетнама. Итоговые отчеты о пожарной безопасности и аварийно-спасательных работах за 2018-2025 гг. и первое полугодие 2026 г. Ханой, 2018-2026.

2. Зубков Б. В., Бочкарев А. Н. Комплексные системы и методы обеспечения авиационной и пожарной безопасности на объектах воздушного транспорта // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2008. № 127.

3. Сафонов С. К., Семенова Ю. С., Соловьева Ю. В. Обеспечение пожарной безопасности на аэродромах гражданской авиации // Транспорт России: проблемы и перспективы - 2019: материалы международной научно-практической конференции. 2019. Т. 2. С. 146-149.

4. International Civil Aviation Organization. Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation. Vol. I. Aerodrome Design and Operations. 9th ed. Montreal: ICAO, 2022.

5. Federal Aviation Administration. Advisory Circular 150/5200-37A. Safety Management Systems for Airports. Washington, DC, 2023.

6. Stolzer A. J., Sumwalt R. L., Goglia J. J. Safety Management Systems in Aviation. Boca Raton: CRC Press, 2023.

7. Chow W. K., Ng M. Y. Review on Fire Safety Objectives and Application for Airport Terminals // Journal of Architectural Engineering. 2003. Vol. 9, no. 2. P. 47-53. DOI: 10.1061/(ASCE)1076-0431(2003)9:2(47).

УДК 614.84

М. С. Макаров, А. П. Терентьева
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ПРОБЕЛЫ В РЕГЛАМЕНТАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РАЗВЕДКИ НА ПОЖАРЕ

В статье рассматриваются вопросы правового регулирования применения беспилотных летательных аппаратов подразделениями пожарной охраны. На основе анализа действующих нормативных актов и обобщения практического опыта выявлены расхождения между текущими нормами и реальными условиями эксплуатации техники. Предложены направления совершенствования нормативной базы.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, разведка пожара, Боевой устав подразделений пожарной охраны, техническое регулирование, сертификация.

M. S. Makarov, A. P. Terenteva

REGULATORY GAPS IN THE REGULATION OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR RECONNAISSANCE IN CASE OF FIRE

© Макаров М. С., Терентьева А. П., 2026

The article discusses the issues of legal regulation of the use of unmanned aerial vehicles by fire departments. Based on the analysis of current regulations and generalization of practical experience, discrepancies were revealed between the current standards and the actual operating conditions of the equipment. Proposed directions for improving the regulatory framework.

Key words: unmanned aerial vehicles, fire reconnaissance, Combat charter of fire brigade units, technical regulation, certification.

Применение беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) в интересах пожарной безопасности и аварийно-спасательных работ является одним из приоритетных направлений развития технологических возможностей Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России) [1]. Начиная с решения коллегии МЧС России от 12.11.2014 № 14/I, в ведомстве был заложен механизм системного внедрения беспилотных технологий, определивший три этапа развития (2015-2017, 2018-2020, 2021-2030 гг.) и задачи по нормативному обеспечению, подготовке персонала и внедрению систем группового управления БПЛА [2].

Несмотря на значительный прогресс в оснащении подразделений МЧС России беспилотными авиационными системами (далее – БАС), что закреплено приказом МЧС России от 10.05.2023 № 447 и приказом МЧС России от 27.06.2024 № 538, накопилось существенное количество нормативно-правовых пробелов, препятствующих эффективному и безопасному использованию БПЛА для проведения пожарно-спасательных операций, в первую очередь для разведки на пожаре [3, 4, 5, 6].

Целью данной работы является комплексный анализ действующей нормативно-правовой базы (далее – НПБ), регламентирующей применение БПЛА в интересах разведки на пожаре, и выявление пробелов, противоречий и неурегулированных вопросов, требующих правового урегулирования.

В настоящее время регулирование применения БПЛА в Российской Федерации строится на нескольких уровнях нормативных актов, каждый из которых охватывает отдельный аспект использования беспилотных авиационных систем.

Основным документом, регулирующим подготовку и выполнение полетов на беспилотных гражданских воздушных судах, является глава X Федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» (далее – ФАП-128), утвержденных приказом Минтранса России от 31.07.2009 № 128, с изменениями, внесенными приказом Минтранса России от 29.05.2023 № 195. Данная глава устанавливает требования к экипажу беспилотного воздушного судна, порядку предполетной подготовки, расчету запаса топлива или заряда аккумуляторных батарей, выбору площадок для взлета и посадки, а также обязательному оснащению БАС соответствующим оборудованием [7].

Также важными являются Приказ Минтранса России от 08.07.2024 № 236, устанавливающий зоны полетов БПЛА, и Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства РФ от 11.03.2010 № 138, с учетом изменений, внесенных в связи с развитием беспилотной авиации [8].

В структуре МЧС России применение БПЛА регулируется комплексом документов, представленных в таблице.

Таблица. **Внутриведомственные нормативно-правовые акты МЧС России [составлено авторами]**

№	Документ	Основное содержание
1	Решение коллегии МЧС России от 12.11.2014 № 14/I	Базовый документ, заложивший основы системного применения БПЛА. Определил три этапа развития, задачи по нормативному обеспечению и подготовке персонала
2	Приказ МЧС России от 10.05.2023 № 447	Утверждает количественные нормы оснащения БАС для территориальных органов и спасательных воинских формирований. Классифицирует БАС по типу, дальности и классу БВС
3	Приказ МЧС России от 27.06.2024 № 538	Включает подразделения БАС в состав государственной авиации специального назначения. Определяет структуру, задачи и функции авиации МЧС. Закрепляет, что полеты БАС осуществляются в соответствии с ФАП-275
4	Локальные инструкции подразделений	Регламентируют практическую эксплуатацию БАС: организацию полетов, меры безопасности, допуск операторов (не моложе 18 лет), оценку метеорологических условий, действия в аварийных ситуациях

Для БПЛА, применяемых при пожаротушении и аварийно-спасательных работах, разработан ГОСТ Р 70802-2023 «Беспилотные авиационные системы для обеспечения пожаротушения, аварийно-спасательных и других работ, выполняемых в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий. Общие требования» [9]. Настоящий стандарт устанавливает, что БАС для профессионального использования в экстремальных условиях должны обеспечивать выполнение работ в опасных зонах при воздействии поражающих факторов, характеристики которых приведены в ГОСТ Р 54344-2011. Стандарт определяет требования к продолжительности полета (не менее 30 мин для мультикоптеров и вертолетов с электроприводом, не менее 4 ч для самолетного типа и вертолетов с ДВС), бортовому оборудованию, полезной нагрузке (мониторинг в видимом и ИК-диапазонах, обнаружение радиационного и химического заражения).

Проведенный сопоставительный анализ действующей НПБ выявил ряд существенных пробелов и противоречий, препятствующих эффективному применению БПЛА для проведения пожарной разведки.

1. Отсутствие специализированного регламента для полетов в зоне чрезвычайной ситуации (далее – ЧС): ФАП-128 (глава X) устанавливает общие правила выполнения полетов на БВС для всех категорий гражданских воздушных судов, но не содержит специальных положений, учитывающих специфику пожарно-спасательных операций. В частности, отсутствует нормативное определение «зоны пожара» как особого элемента структуры воздушного пространства, где действуют повышенные риски для БПЛА из-за экстремальных температур, турбулентности, задымленности и наличия опасных газов. В то же время Постановление № 1701 и Приказ № 236 устанавливают ограничения для «элементов структуры воздушного пространства, в которых предусмотрены запреты или ограничения», однако конкретный порядок ввода таких ограничений непосредственно в зоне ЧС не регламентирован [8].

2. Недостаточная регламентация полетов в условиях задымления и экстремальных температур: ГОСТ Р 70802-2023 устанавливает общее требование к устойчивости функционирования БАС «в условиях воздействия агрессивных факторов в зоне ЧС» (п. 4.2.1.2) и к работе «в опасных зонах при воздействии одного или нескольких поражающих факторов» (п. 4.1.3), однако не содержит конкретных количественных нормативов [9]. Не регламентированы предельные значения температуры окружающей среды, плотности задымления (видимости), концентрации токсичных газов, при которых полеты БПЛА должны быть ограничены или запрещены. Согласно ФАП-128 (п. 10.3), командир воздушного судна обязан учитывать «сводки и прогнозы погоды», однако в условиях пожара метеорологические данные носят ориентировочный характер, а конкретные критерии допустимости полетов при задымлении воздуха или в условиях сильной задымленности отсутствуют.

3. Отсутствие нормативов безопасной дистанции до очага горения: в локальных инструкциях подразделений МЧС России указывается лишь общая мера безопасности – «безопасная дистанция при запуске не менее 50 м», что относится к процедуре запуска, но не к полетам в непосредственной близости от очага. Отсутствуют нормативы минимально допустимого расстояния БПЛА до зоны активного горения, зоны падающих конструкций, зоны возможного обрушения зданий. Это создает правовую неопределенность при планировании разведывательных полетов и ставит под угрозу безопасность как самого БПЛА, так и наземного персонала.

4. Недостаточная унификация локальных инструкций: в соответствии с п. 10 приказа № 538, планирование, выполнение и контроль полетов БАС осуществляют руководители территориальных органов МЧС России. При этом локальные инструкции (например, «Инструкция по организации и выполнению полетов») разрабатываются на уровне каждого подразделения и не имеют единой утвержденной формы на федеральном уровне [6]. Это приводит к тому, что требования к безопасности, допуску операторов, порядку документирования полетов и действиям в аварийных ситуациях существенно различаются в разных регионах. Отсутствие унифицированного порядка

документирования результатов пожарной разведки с БПЛА затрудняет использование полученных данных для последующего анализа и принятия управленческих решений.

5. Отсутствие регламента взаимодействия БПЛА с пилотируемой авиацией в зоне пожара: при одновременном применении БПЛА и пилотируемой авиации (вертолетов, самолетов) для тушения пожаров возникает потребность в координации воздушного движения. ФАП-128 содержит общие правила взаимодействия с органами обслуживания воздушного движения, однако специальные процедуры координации полетов БПЛА с экипажами пилотируемых воздушных средств в зоне пожара не регламентированы. Нет нормативного определения минимальных эшелонов, зон взаимодействия, порядка передачи информации о местоположении БПЛА экипажам пилотируемой авиации в зоне ЧС.

На основании проведенного анализа авторами сформулированы следующие рекомендации по совершенствованию НПБ применения БПЛА в интересах разведки на пожаре:

1. Разработка специального раздела в ФАП-128 или отдельного документа, регламентирующего порядок выполнения полетов БПЛА в зоне ЧС, с учетом специфики пожарно-спасательных операций.

2. Установление конкретных количественных нормативов безопасного расстояния БПЛА от очага горения, допустимых значений температуры и плотности задымления для каждого класса БВС.

3. Унификация локальных инструкций подразделений МЧС России по организации и выполнению полетов БПЛА – разработка и утверждение типового порядка на федеральном уровне.

4. Разработка процедур координации полетов БПЛА с пилотируемой авиацией в зоне ЧС, включая минимальные эшелоны, зоны взаимодействия и порядок обмена данными.

Проведенный анализ показывает, что в настоящее время в Российской Федерации отсутствует единый универсальный нормативный документ, целиком регламентирующий применение БПЛА для разведки на пожаре. Действующая НПБ представляет собой разрозненный комплекс федеральных авиационных правил, постановлений Правительства РФ, ведомственных приказов МЧС России и локальных инструкций подразделений, которые не в полной мере учитывают специфику применения БПЛА в пожарно-спасательных операциях. Рассмотрение предложенных рекомендаций поспособствует создать целостную и непротиворечивую НПБ, обеспечивающую безопасное и эффективное использование беспилотных технологий в интересах пожарной безопасности и ликвидации ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров, М. С. Перспективы использования и развития беспилотных летательных аппаратов в системе МЧС России / М. С. Макаров, В. Н. Матвеичев //

Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 491-496. – EDN RDCAUM.

2. Об использовании в подразделениях МЧС России робототехнических комплексов, беспилотных летательных аппаратов и дальнейшем развитии робототехники и технологии ее применения : решение коллегии МЧС России от 12.11.2014 № 14/I // Официальный сайт МЧС России. – URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/vse-dokumenty/1826 (дата обращения: 01.10.2026).

3. Кузнецов, А. В. Системы обнаружения пожара: основные функции и методы предварительной обработки изображений / А. В. Кузнецов, И. А. Кузнецов, Д. А. Тарасова // Актуальные вопросы пожаротушения : Сборник материалов III Всероссийского круглого стола, Иваново, 28–29 марта 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 118-123. – EDN FQSHBT.

4. Тарасова, Д. А. Использование беспилотных летательных аппаратов в процессе ранней локализации пожаров зданий / Д. А. Тарасова, А. В. Кузнецов // Актуальные вопросы организации управления в РСЧС : сборник научных трудов, Иваново, 08 июня 2023 года. Том Вып. 8.. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. – С. 161-166. – EDN EZFUHQ.

5. Ермилов, А. В. К вопросу оценки готовности мобильных средств пожаротушения к решению основной боевой задачи / А. В. Ермилов, А. В. Кузнецов // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения : Материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: 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, 2023. – С. 135-137. – EDN KROBYA.

6. Тарасова, Д. А. О вопросе поддержки служб реагирования при помощи беспилотных летательных аппаратов в борьбе с лесными пожарами / Д. А. Тарасова, А. В. Кузнецов // Информационные и графические технологии в профессиональной и научной деятельности : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 25–26 октября 2023 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 240-244. – EDN HTSHRF.

7. Об утверждении норм обеспечения беспилотными авиационными системами территориальных органов МЧС России и спасательных воинских формирований МЧС России : приказ МЧС России от 10.05.2023 № 447 // Гарант. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406948136/ (дата обращения: 01.10.2026).

8. Об утверждении Положения об организации деятельности государственной авиации специального назначения, используемой МЧС России : приказ МЧС России от 27.06.2024 № 538 // Официальный сайт МЧС России. – URL:

https://mchs.gov.ru/dokumenty/bazovye-normativnye-pravovye-akty/normativnye-pravovye-akty-mchs-rossii/7665 (дата обращения: 01.10.2026).

9. Об утверждении Федеральных авиационных правил "Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации" : приказ Минтранса России от 31.07.2009 № 128 (ред. от 29.05.2023) // КонсультантПлюс. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902172421/titles/A9O0NR (дата обращения: 01.10.2026).

10. Об установлении зон полетов беспилотных воздушных судов : приказ Минтранса России от 08.07.2024 № 236 // Гарант. – URL: https://base.garant.ru/409559613/ (дата обращения: 01.10.2026).

11. Беспилотные авиационные системы для обеспечения пожаротушения, аварийно-спасательных и других работ, выполняемых в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий. Общие требования : ГОСТ Р 70802-2023 : утв. и введен в действие приказом Росстандарта от 03.07.2023 № 473-ст // Гарант. – URL: https://base.garant.ru/407409888/ (дата обращения: 01.10.2026).

УДК 677.017:614.841.4

Н. А. Макарова[1], М. А. Козлова[2]
[1]Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)
[2]Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НА ПРИМЕРЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассмотрены вопросы обеспечения эксплуатационной надежности и пожарной безопасности специализированных текстильных материалов, применяемых в общественном транспорте. На примере аналогов образцов транспортных тканей, используемых в качестве обивочных материалов для пассажирских сидений в вагонах метрополитена традиционного и современного подвижного состава, проведен сравнительный анализ физико-механических и пожарно-технических характеристик. Установлено, что исследуемые образцы обладают достаточным уровнем эксплуатационных и пожарно-технических показателей для применения в общественном транспорте, в частности подвижном составе метро.

Ключевые слова: текстильные материалы, общественный транспорт, эксплуатационные свойства, пожарная опасность.

© Макарова Н. А., Козлова М. А., 2026

N. A. Makarova, M. A. Kozlova

ANALYSIS OF FIRE HAZARD AND OPERATIONAL PROPERTIES USING MODERN TEXTILE MATERIALS FOR PUBLIC TRANSPORT AS AN EXAMPLE

The article examines the issues of ensuring the operational reliability and fire hazard of specialized textile materials used in public transport. Using examples of analogues of transport fabric samples used as upholstery materials for passenger seats in traditional and modern metro cars, a comparative analysis of their physical and mechanical and fire-technical characteristics was carried out. It was established that the studied samples have a sufficient level of operational and fire-technical indicators for use in public transport, in particular in metro rolling stock.

Keywords: textile materials, public transport, performance properties, fire hazard.

Транспортная инфраструктура представляет собой одну из наиболее критичных отраслей экономики, где надежность и безопасность перевозок неразрывно связаны с видом и качеством применяемых материалов.

Согласно статистическим данным [1] доминирующее положение в структуре общественного пассажирского транспорта занимает наземный автомобильный транспорт. На его долю приходится свыше 70 % пассажирооборота, что соответствует объему более 10 млрд. перевезенных пассажиров автобусами, трамваями и троллейбусами. Метрополитеном обеспечивается порядка 20 % пассажирских перевозок, рельсовым транспортом около 12 % от общего объема. Оставшаяся доля пассажиропотока распределяется между воздушным, водным и морским транспортом.

В связи с интенсивной эксплуатацией и массовостью пассажиропотока наиболее нагруженным в общественном транспорте становятся посадочные места, которые должны обеспечивать комфорт, удобство, безопасность, быть экономически целесообразными и ремонтопригодными. Поэтому в конструкциях салонов автобусов, трамваев, троллейбусов, вагонов метрополитена и железнодорожного транспорта преимущественно применяются сиденья с обивкой из специализированных текстильных материалов.

Использование обивочных текстильных материалов позволяет создавать:

- оптимальный микроклимат в «посадочной» зоне снижая тепловой дискомфорт при длительных поездках и перепадах температур;
- визуальную маскировку поверхностных загрязнений за счет использования тканей с хаотичными узорами, неоднородными рисунками (часто жаккардового переплетения), эффективно скрывающими пятна, потертости и следы повседневного износа;
- износостойкость и антивандальные свойства;
- экономическую эффективность.

Одним из ключевых требований, предъявляемых к транспортным материалам, является их пожарная безопасность. Материалы должны быть огнестойкими, не поддерживающими горение, не тлеть, не выделять токсичных веществ при нагревании [2].

Для изучения поведения текстильных обивочных материалов в условиях, приближенных к реальной эксплуатации, были исследованы аналоги образцов текстильных полотен, применяемых в вагонах метрополитена моделей 81-717.5М (традиционный подвижной состав) и 81-775 «Москва» (современное поколение).

В таблице 1 приведены технические характеристики образцов.

Таблица 1. **Физико-механические и пожарно-технические характеристики аналогов образцов транспортных тканей, используемых в вагонах метро**

Наименование показателя	**Аналог ткани обивочной артикул С-81**	**Аналог ткани обивочной артикул ТТ-350**
Сырьевой состав, %	шерсть – 52, полиэфир – 48	полиэфир – 100
Поверхностная плотность, г/м², не более	520	350
Толщина, мм, не более	2,8	1,8
Разрывная нагрузка (основа), Н, не менее - по основе - по утку	 1200 980	 950 820
Кислородный индекс (КИ), %, не менее	28	32
Дымообразующая способность (Dm max), $м^2$/кг, не более	280	180
Токсичность продуктов горения (группа)	Т2	Т1
Стойкость к порезу, Н, не менее	18,5	32,0
Водопоглощение, %, не более	12,5	2,1
Усадка после мокрой обработки, %, не более	2,5	0,8
Светостойкость (по шкале серых эталонов), балл	3-4	5

Значения эксплуатационных показателей (физико-механических характеристик) рассматриваемых образцов определяли по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ 29104.4-91 [3], ГОСТ ISO 5077-2022 [4], ГОСТ 3816-81 [5], ГОСТ ISO 13997-2016 [6], ГОСТ ISO 105-A02-2013 [7].

Результаты полученных экспериментальных данных показаны в виде нормированной линейчатой диаграммы на рисунке.

Из диаграммы, представленной на рисунке видно, что более высокие показатели разрывной нагрузки образцов транспортной ткани С-81 обусловлены их большей поверхностной плотностью и толщиной по сравнению с образцами ткани ТТ-350.



Рисунок. Диаграмма сравнительных экспериментальных показателей физико-механических характеристик исследуемых образцов

Различия в значениях показателей устойчивости к прорезанию, усадки после мокрой обработки, водопоглощения у образцов тканей С-81 и ТТ-350 связаны с волокнистым составом исследуемых образцов. В макромолекулах полиэфирных волокон отсутствуют гидрофильные группы, что обуславливает их низкое водопоглощение и усадку.

При этом образцы ткани С-81 подвержены фотодеструкции за счет содержания в своем составе волокон шерсти, поэтому для таких образцов балл светостойкости не превышает 4, в то время как полиэфирные волокна обладают высокой химической инертностью и устойчивостью к УФ-излучению, что обеспечивает образцам ткани ТТ-350 высокую светостойкость.

Для определения пожаро-технических характеристик исследовали воспламеняемость рассматриваемых образцов транспортных тканей С-81 и ТТ-350 в соответствии с ГОСТ Р 50810-95 [8].

Результаты полученных данных представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Значения пожаро-технических характеристик образцов транспортных тканей С-81, ТТ-350**

Артикул образца транспортной ткани	Время остаточного пламенного горения, сек	Средняя длина обугленного участка, мм	Поверхностная вспышка, мм	Прогорание до кромки, мм
С-81	2	45	отсутствует	отсутствует
ТТ-350	0	20	отсутствует	отсутствует

Полученные экспериментальные данные показывают, что образцы ткани ТТ-350 обладают более высокими показателями огнестойкости по сравнению с образцами ткани С-81. Образцы ткани ТТ-350 продемонстрировали полное отсутствие остаточного пламенного горения (0 с) и минимальную длину обугленного участка (20 мм), тогда как образцы ткани С-81 имели остаточное горение в течение 2 секунд и обугливание на 45 мм.

Такие результаты определены комплексом факторов, связанных с волокнистым составом и структурными характеристиками образцов.

Полученные данные коррелируются с ранее представленными значениями кислородного индекса: КИ образцов ткани ТТ-350 составляет 32%, что выше КИ образцов ткани С-81 на 4%. Более высокое значение КИ показывают, что для поддержания горения образцов ткани ТТ-350 требуется более высокая концентрация кислорода в атмосфере, что и обуславливает отсутствие остаточного горения (0 с) и быстрое самозатухание образца. Присутствие горючего материала в зоне воздействия пламени у образцов ткани С-81 способствует более интенсивному пиролизу и увеличению длины обугленного участка до 45 мм.

Таким образом, рассмотренные образцы аналогов транспортных тканей С-81 и ТТ-350 показали, что оба исследуемых материала обладают достаточным уровнем эксплуатационных и пожарно-технических характеристик для применения в общественном транспорте, в частности подвижном составе метро.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдович А.Р., Сыркова И.С. Современное состояние пассажирских перевозок в Российской Федерации // Региональные проблемы преобразования экономики, 2026. №1. С. 92-98.

2. ФЗ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» с изменениями.

3. ГОСТ 29104.4-91 Ткани технические. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. Межгосударственный стандарт: издание официальное: дата введения 1993-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, переиздание 2004. 7 с.

4. ГОСТ ISO 5077-2022 Материалы и изделия текстильные. Метод определения изменения размеров после стирки и сушки. Межгосударственный стандарт: издание официальное: дата введения 2023-08-01. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. 9 с.

5. ГОСТ 3816-81 Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. Государственный стандарт союза ССР: издание официальное: дата введения 1982-07.01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1981. 14 с.

6. ГОСТ ISO 13997-2016 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Метод определения сопротивления порезу острыми

предметами. Межгосударственный стандарт: издание официальное: дата введения 2017-09.01. – М.: Стандартинформ, 2019. 13 с.

7. ГОСТ ISO 105-A02-2013 Материалы текстильные. Определение устойчивости окраски. Часть А02. Серая шкала для оценки изменения окраски. Межгосударственный стандарт: издание официальное: дата введения 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2015. 7 с.

8. ГОСТ Р 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация. Государственный стандарт РФ: издание официальное: дата введения 1995-23-10. – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 1995. 12 с.

УДК: 614.84

Е. Н. Малёмина, А. Г. Фирсов, Т. А. Чечетина
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ С ОБРАЩЕНИЕМ ВЗРЫВЧАТЫХ И ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

В статье приведены результаты исследований, связанные с обеспечением пожарной безопасности объектов с обращением взрывчатых и пиротехнических веществ. Проанализированы основные причины роста количества таких объектов и их пожарная опасность. Осуществлен анализ пожаров на объектах защиты от пиротехнических изделий и взрывных зажигательных устройств. Авторами рассмотрена структура долевого распределения выявленных и устраненных нарушений требований пожарной безопасности. Рассмотрены основные меры обеспечения пожарной безопасности анализируемых объектов, в т.ч. возможность использования средств искусственного интеллекта.

Ключевые слова: пиротехнические и взрывчатые вещества, объект защиты, пожарная опасность, пожар, нарушение требований пожарной безопасности, IT-технологии.

E. N. Malomina, A. G. Firsov, T. A. Chechetina

ENSURING FIRE SAFETY AT FACILITIES PROTECTED BY EXPLOSIVE AND PYROTECHNIC SUBSTANCES AND MATERIALS

The article presents the results of research related to ensuring fire safety at facilities handling explosives and pyrotechnic substances. The main reasons for the increase in the number of such facilities and their fire hazard are analysed. An analysis of fires at facilities protected from pyrotechnic products and explosive incendiary devices has been carried out. The authors examined the structure of the share distribution of identified and eliminated fire

© Малёмина Е. Н., Фирсов А. Г., Чечетина Т. А., 2026

safety violations. The main measures to ensure fire safety at the analysed facilities are considered, including the possibility of using artificial intelligence tools.

Key words: Pyrotechnic and explosive substances, protected object, fire hazard, fire, violation of fire safety requirements, IT technologies.

Объекты, связанные с производством, хранением и утилизацией пиротехнических, взрывчатых веществ и материалов (далее – взрывчатых веществ) относятся к пожаро-взрывоопасным объектам, требующим повышенного внимания в вопросах обеспечения пожарной безопасности. Пожарная опасность таких объектов защиты с одной стороны характеризуется значительной пожарной нагрузкой в виде различных высокоэнергетических пожаро-взрывоопасных компонентов производства (нитраты и перхлораты, тротил и гексоген, сера, уголь и алюминий, селитра и др.), горючих и легковоспламеняющихся жидкостей (растворители и экстрагенты), используемых в технологическом процессе производства. При измельчении, смешивании и фильтрации сыпучих компонентов также образуются пылевоздушные пожаро-взрывоопасные смеси, например, угольная пыль и алюминиевая пудра. Используемые в производстве вещества и материалы крайне чувствительны к внешнему воздействию, в частности, к детонации, химическому контакту, нагреву, изменению параметров давления, статическому электричеству и т.п.

С другой стороны, опасность объектов по производству взрывчатых веществ заключается в сложности существующих технологических процессов производства. Это продиктовано многостадийностью цепочек производства, наличием реакторов периодического и непрерывного действия, использованием систем трубопроводов и насосного оборудования, а также теплообменных аппаратов. Данное производственное оборудование работает под высоким давлением в условиях высоких температур. Наиболее опасными являются следующие технологические стадии производства:

синтез инициирующих взрывчатых веществ;

производство промышленных взрывчатых веществ;

изготовление пиротехнических составов.

Объекты по производству взрывчатых веществ, учитывая их высокую пожарную опасность, относятся к разряду поднадзорных объектов. На рис. 1 приведена динамика количества поднадзорных объектов по производству взрывчатых веществ. Увеличение количества таких объектов защиты связано с соответствующим ростом инвестиционной активности в горнодобывающую отрасль и развитием различных инфраструктурных проектов экономики. Так количество объектов по производству взрывчатых веществ за 6 месяцев 2026 г. увеличилось с 4 253 ед. в 2024 г. до 5 322 ед. Совокупный объем производства взрывчатых веществ в целом по России за первый квартал 2026 г. составил более 36 044 млн руб. Причем более 36,6 % данного объема приходится на Сибирский федеральный округ [5].

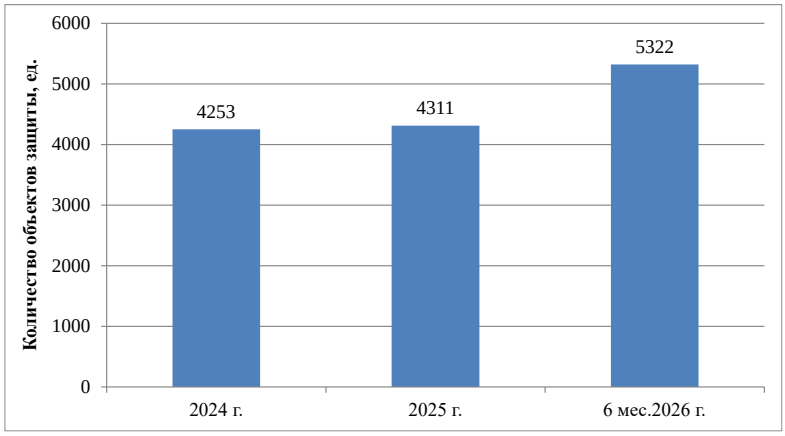


Рис. 1. Динамика количества поднадзорных объектов по производству взрывчатых веществ за период 2024–2026 гг.

Анализ пожаров от взрывчатых веществ, приведенный на рис. 2, показал следующее. Пожары от пиротехнических изделий характеризуются четкой тенденцией снижения числовых значений с 146 ед. в 2020 г. до 81 ед. в 2025 г. Снижение количества пожаров связано с ограничением использования пиротехнических изделий. А пожары от взрывных и зажигательных устройств наоборот имеют тенденцию роста числовых значений с 221 ед. в 2020 г. до 314 ед. в 2025 г. Причем наибольшее количество пожаров от указанных взрывчатых веществ отмечалось в 2022 и 2023 гг. [2, 3].

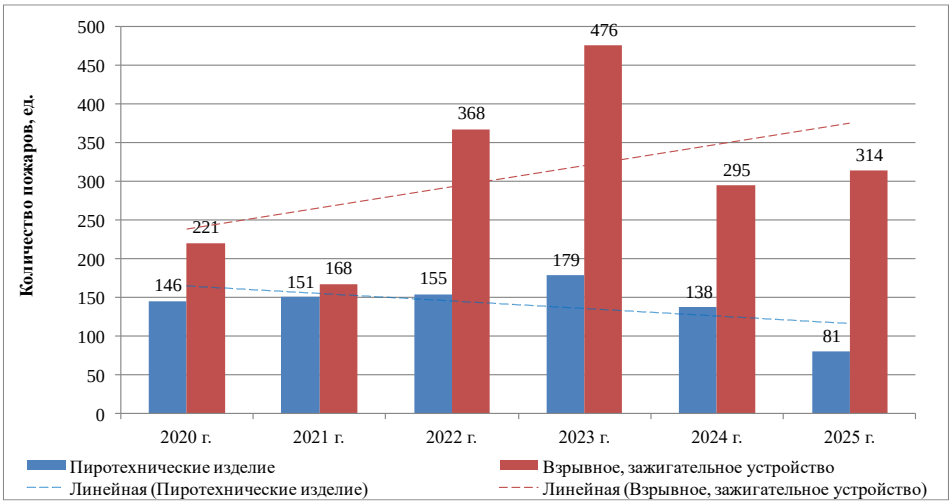


Рис. 2. Динамика количества пожаров от взрывчатых веществ за период 2020–2025 гг.

В среднем за период 2024-2026 гг. на объектах по производству взрывчатых веществ органами государственного пожарного надзора в ходе проведения контрольных (надзорных) мероприятий выявлялось до 750 нарушений требований пожарной безопасности в год. А устранялось за этот же период в среднем более 197 нарушений требований пожарной безопасности, что составляло всего 26 %. Структура долевого распределения количества выявленный и устраненных нарушений требований пожарной безопасности на объектах по производству взрывчатых веществ, зафиксированных при проведении контрольной (надзорной) деятельности за период 2024-2026 гг. приведено на рис. 3.

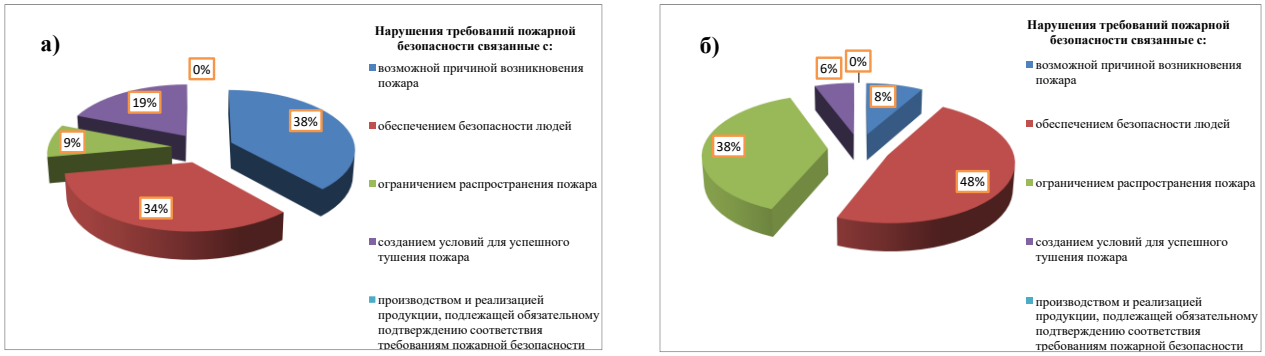


Рис. 3. Структура долевого распределения выявленный нарушений требований пожарной безопасности (а) и устраненных нарушений требований пожарной безопасности (б) на объектах по производству взрывчатых веществ при осуществлении контрольной (надзорной) деятельности за период 2024-2026 гг.

Более половины всех выявленных нарушений требований пожарной безопасности связано с возможной причиной возникновения пожара (38 %) и обеспечением безопасности людей (34 %). Порядка 19 % приходится на нарушение условий для успешного тушения пожара и 9 % на ограничение распространения пожара. Что касается устраненных нарушений требований пожарной безопасности, то здесь сложилась следующая картина. Около 48 % приходится на устранение нарушений связанных с обеспечением безопасности людей, 38 % с ограничением распространения пожара. Наименьшая доля приходится на устранение нарушений связанных с возможной причиной пожара (8 %) и созданием условий успешного тушения пожара (6 %). Также следует отметить, что нарушений требований пожарной безопасности связанных с производством и реализацией продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия требованиям пожарной безопасности, не зафиксировано.

Основные меры обеспечения пожарной безопасности к объектам по производству взрывчатых веществ и материалов изложены в ряде нормативных документов [1, 4]. В обобщенном виде к данным мерам обеспечения пожарной безопасности относятся:

соблюдение установленных технологических регламентов производства;

герметизация оборудования с целью исключения образования взрывоопасных смесей;

максимальная автоматизация процесса производства для исключения человеческого фактора;

постоянный мониторинг за ключевыми параметрами производственного процесса (температура, давление, концентрация веществ и материалов);

использование взрывозащищенного оборудования;

изоляция токсичных и пожароопасных производственных процессов в помещениях оборудованных эффективной вентиляционной системой;

систематическое обучение персонала технике безопасности и пожарной безопасности (инструктажи, тренировки по эвакуации людей и действиями при возникновении нештатной ситуации);

обеспеченность и использование обслуживающим персоналом средств индивидуальной защиты;

техническое обслуживание производственного оборудования и устранение выявленных неисправностей;

разделение технологических потоков с разными классами опасности.

Использование современных IT-технологий, в частности, средств искусственного интеллекта позволит значительно повысить существующую безопасность объектов защиты связанных с производством взрывчатых веществ. В частности, могут быть использованы умные пожарные датчики и газоанализаторы с целью раннего обнаружения пожара. Внедрение машинного зрения позволит выявить не только нарушение технологического процесса производства, но и потенциальные нарушения требований пожарной безопасности.

Система безопасности объектов надзора, созданная на основе средств искусственного интеллекта, должна объединить в себе все существующие на объекте системы защиты. В том числе, пожарную сигнализацию, систему передачи информации о пожаре, систему дымоудаления, систему обеспечения своевременной эвакуации людей, также систему тушения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Основные требования безопасности для объектов производств боеприпасов и спецхимии» от 26 ноября 2020 – docs.cntd.ru URL: https://docs.cntd.ru/document/573113868 (дата обращения – 8.09.2026).

2. Пожары и пожарная безопасность в 2024 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025. 112 с. URL: https://vniipo.ru/ufiles/ufiles/2025_sbornik_pozhary_i_pozh._bezop._v_2024_g._ 11.06.25_.pdf (дата обращения – 8.09.2026).

3. Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2026. 113 с. URL: https://vniipo.ru/ufiles/ufiles/Reestry/Sbornik-pojary-2025-18.06.26.pdf (дата обращения – 8.09.2026).

4. Постановление Госгортехнадзора РФ от 30.01.2001 № 3 – Редакция от 30.01.2001 – Контур.Норматив URL: https://www.kontur-extern.ru/info/normativ/document/1/46021-postanovlenie-gosgortekhnadzora-rf-ot-30-01-2001-n-3 (дата обращения – 8.09.2026).

5. Производство взрывчатых веществ и пиротехнической продукции в России март 2026: рост на 22,3% и лидерство Сибирского федерального округа – Alto Consulting Group (ACG) URL: https://alto-group.ru/new/17069-proizvodstvo-vzryvchatyh-veschestv-i-pirotehnicheskoj-produkcii-v-rossii-mart-2026-rost-na-223-i-liderstvo-sibirskogo-federalnogo-okruga.html (дата обращения – 8.09.2026).

УДК 614.8.084

А. В. Медведев
Академия гражданской защиты МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕРОВНОТЫ ПО ДИАМЕТРУ ВОЛОКОН НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН

Рассматриваются вопросы проектирования нетканых материалов с заданными физико-химическими и механическими свойствами. Нетканые волокнистые маты их диоксида кремния могут быть использованы как армирующие наполнители в композиционных материалах. Композиционные материалы на основе волокон оксида кремния применяются для теплозащиты ответственных узлов энергетического оборудования от высоких температур.

Ключевые слова: структурная неровнота, нетканые материалы, диоксид кремния, тепловая защита, композиционные материалы.

A. V. Medvedev

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF UNEVENNESS IN FIBER DIAMETER ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF NONWOVEN FABRICS

The paper addresses the issues of designing nonwoven materials with specified physical, chemical, and mechanical properties. Nonwoven fibrous mats made of silicon dioxide can be used as reinforcing materials in composite materials. Composite materials based on silicon oxide fibers are used for thermal protection of critical components of power equipment against high temperatures.

Keywords: structural irregularity, nonwoven materials, silicon dioxide, thermal protection, composite materials.

Неровнота в продукции текстильной промышленности — это неравномерность распределения свойств составных элементов и готового изделия в целом. Неровнота является одним из отрицательных свойств текстильных изделий, влияющая на их эксплуатационные свойства.

Нетканые материалы изготавливаются по способу механического или аэродинамического формирования из стеклянных штапельных волокон, получаемым двумя способами: раздувом воздухом расплава и резкой комплексных нитей. Штапельные волокна, получаемые раздувом неоднородны по диаметру, в то время как волокна из комплексных нитей и ровинга имеют меньшие отклонения по геометрическим характеристикам и являются более предпочтительными для высокотемпературной изоляции. Из геометрических

© Медведев А. В., 2026

характеристик, влияющих на эксплуатационные свойства нетканых материалов наибольшее влияние оказывает неровнота волокон по диаметру.

Неровнота стеклянных волокон по диаметру обуславливается нестационарностью технологических процессов производства, несовершенством оборудования и другими причинами. Неровнота физико-механических и теплофизических свойств нетканых материалов для теплозащитных изделий определяется неровнотой по диаметру, по массе, теплофизическим свойствам и т.д.

В текстильном материаловедении при исследовании изменения строения продукта как правило разделяют структурную неровноту продукта на две группы: качественную структурную неровноту и геометрическую структурную неровноту [1].

Для нетканых материалов в большей мере характерна качественная структурная неровнота, включающая неровноту по диаметру и физико-механическим свойствам. По известным параметрам указанных свойств строятся кривые распределения волокон и определяются числовые характеристики: среднее и модальное значение, дисперсия и квадратическая неровнота.

Приведены исследования влияния неровноты по диаметру штапельных волокон из диоксида кремния в нетканых полотнах аэродинамического способа формования: мат кварцевый низкой плотности (МКНП) [2] и мат из кремнеземных волокон Суперсилика [3].

Определений диаметра волокон выполнялось по ГОСТ 6943.2 – 2015 [4]. Волокна перед исследованием на оптическом микроскопе заливались иммерсионным маслом с показателем преломления nd = 1,515. В результаты определения диаметра штапельных волокон представлены в таблице.

Таблица. **Результаты определения диаметра штапельных волокон**

Наименование материала	**Количество измерений, шт.**	**Значение диаметра волокна, мкм**			**Коэфф. вариации, %**
		Среднее	**Мини-мальное**	**Макси-мальное**	
МКНП	300	4,8	3,2	6,9	27,31
Суперсилика	300	7,9	5,5	10,9	35,36

На рисунке представлено распределение волокон по диаметру в МКНП и Суперсилика (С10). Как можно видеть, распределение волокон в исследуемых образцах нетканого материала МНКП более близко к нормальному распределению, чем у образцов материала Суперсилика.

С целью получения значений качественной структурной неровноты исследованы неровнота по массе и по плотности в условиях сжимающих нагрузок. Определены теплофизические свойства материалов.

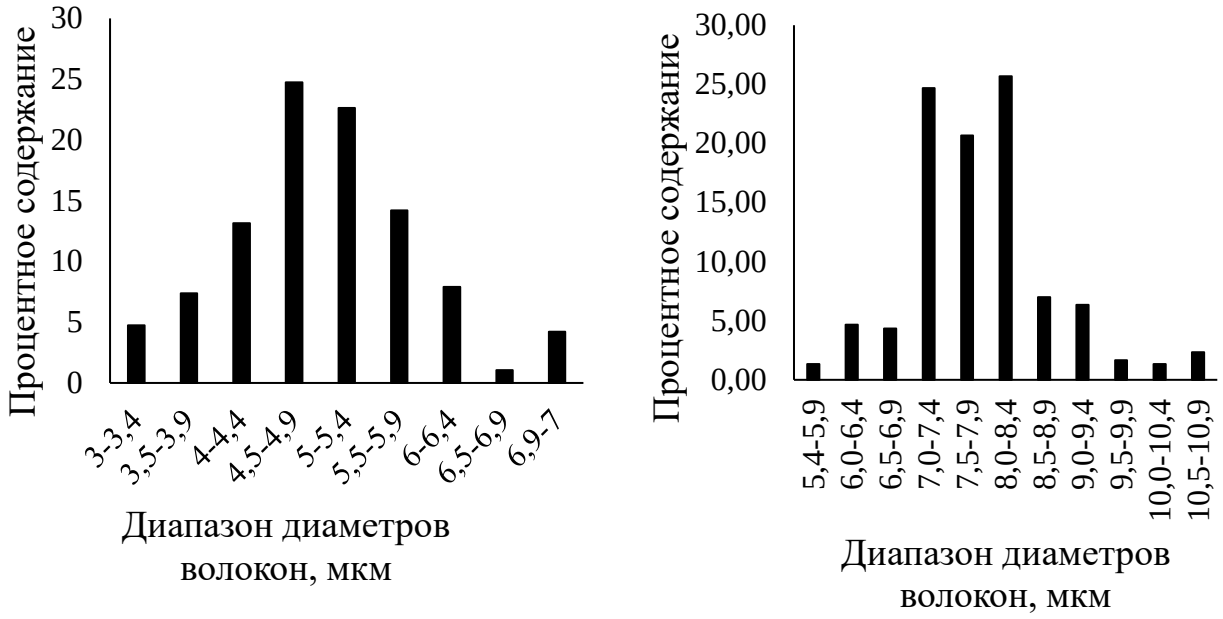


Рисунок. Распределение волокон по диаметру в матах МКНП и Суперсилика

Неровноту образцов по массе оценивали методом определения массы на единицу площади [5]. Степень связанности случайных величин между удельной нагрузкой и плотностью образцов определялась в виде коэффициента корреляции r(X; Y).

Результаты исследования структурной неровноты показали, что неровнота образцов по массе материала МНКП равна 14 %, образцов материала Суперсилика – 19 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Севостьянов, А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности / А.Г. Севостьянов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 648 с.

2. Медведев А.В., Разумеев К.Э., Вагнер В.И. Гибкая тепловая защита летательных аппаратов из отечественных высокотемпературных текстильных материалов/ А.В. Медведев, К.Э. Разумеев, В.И. Вагнер//Химические волокна. – 2025. – №3. – С. 11-13.

3. ЗАО «РЛБ СИЛИКА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://supersilika.ru/product/kremnezemnye-maty/kremnezemnyy-netkanyy-mat-spersilika-bazovyy/(дата обращения 08.10.2026).

4. ГОСТ 6943.2 – 2015. (ISO 1888:2006). Материалы текстильные, стеклянные. Методы определения диаметра элементарных нитей и волокна; введ. 01.06.2016. – М.: Стандартинформ. 2015. – 12 с.

5. ГОСТ 6943.16-94 (ИСО 4605-78). Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Методы определения массы на единицу площади; введ. 01.07.1966. – М.: Стандартинформ. 1996. – 14 с.

УДК 620.16

И. В. Медведев*, Е. В. Зарубина**
*****ООО «ЭКСПЕРТ», г. Киров
******Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАПОРНЫХ УСТРОЙСТВА

Поиск эффективных решений, направленных на комплексную защиту системы внутреннего пожарного водопровода.

Ключевые слова: пожарный рукав, защита от кражи, внутренний пожарный водопровод, пожарный кран, шкаф, запорное устройство для пожарных соединительных головок, охрана.

I. V. Medvedev, E. V. Zarubina

METHODS OF USING CLOSURE DEVICES

Search for effective solutions aimed at comprehensive protection of the internal fire water supply system.

Keywords: fire hose, theft protection, internal fire water supply, fire faucet, cabinet, locking device for fire connection heads, security.

В рамках анализа особенностей систем внутреннего пожарного водопровода (ВПВ) были выявлены ключевые проблемы, возникающие на этапах проектирования и эксплуатации данных систем на защищаемых объектах. В процессе исследования было установлено, что существующие конструкции и материалы, используемые в ВПВ, не всегда соответствуют современным требованиям пожарной безопасности и эффективности.

Для устранения выявленных недостатков были разработаны запорные и защитные устройства для ВПВ, адаптированные к объектам различного функционального назначения. Эти устройства, основанные на передовых технологиях и материалах, обеспечивают повышенную надежность и функциональность систем пожаротушения, что позволяет значительно повысить уровень пожарной безопасности на защищаемых объектах.

Актуальность подтверждается введением Изменения №1 в СП 10.13130.2020, *пункт 7.2, Примечание 3. «В местах соединения патрубка ПК-с с напорным пожарным рукавом допускается установка защитного устройства, предназначенного для защиты пожарных соединительных головок от несанкционированного доступа и/или вмешательства третьих лиц»*.

Защитное устройство монтируется на стыке двух соединительных головок пожарного рукава и ствола (по ГОСТ Р 53279-2009) только после их полного смыкания. Это необходимо для надежного соединения полутруб устройства и фиксации встроенным или навесным замком, который открывается специальным ключом. Ключи и соответственно замки для защитных и запорных устройств выбираются в зависимости от их функционала. Схемы замков и ключа приведены на рис. 1–3.

© Медведев И. В., Зарубина Е. В., 2026

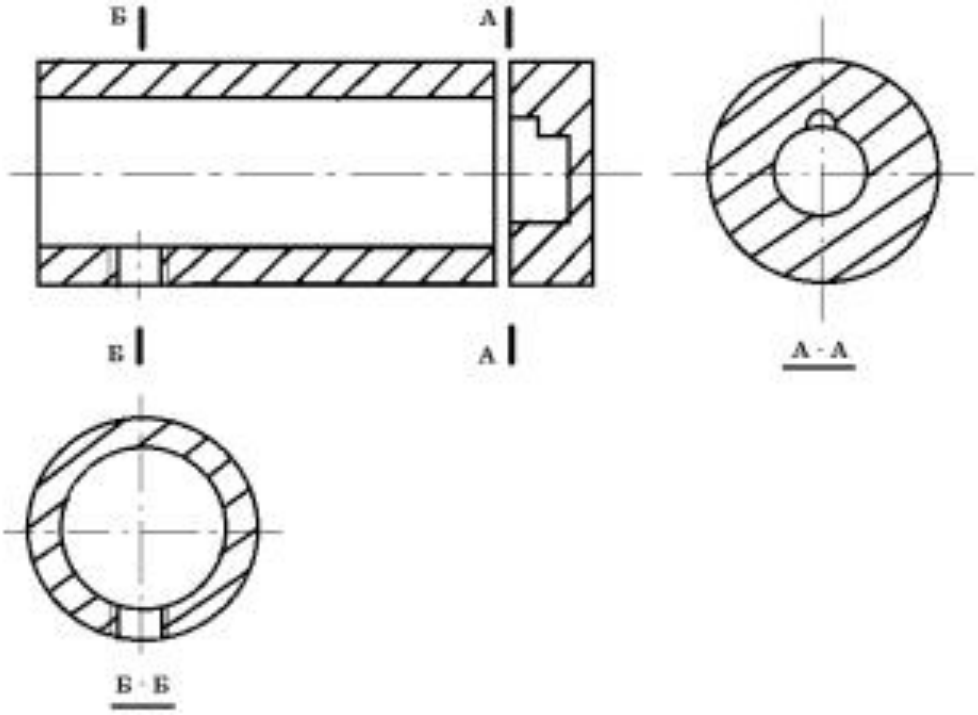


Рис. 1. Схема корпуса замка защитного устройства «МИВ 1», «МИВ 2» и «МИВ 3» в разрезе

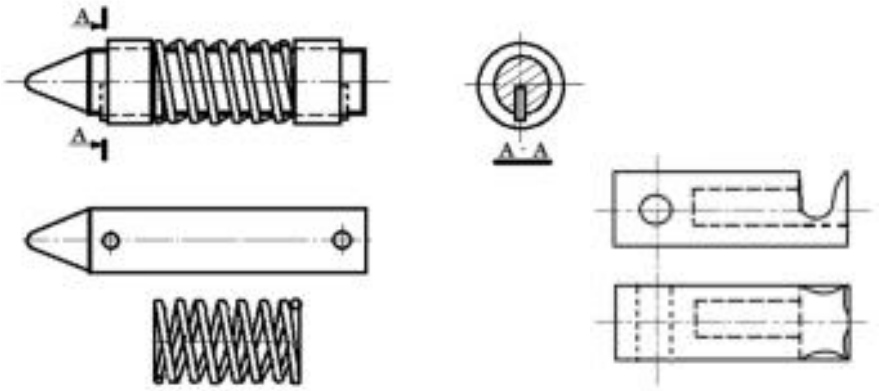


Рис. 2. Схема механизма замка защитного устройства «МИВ 1», «МИВ 2» и «МИВ 3» и ключа в разрезе

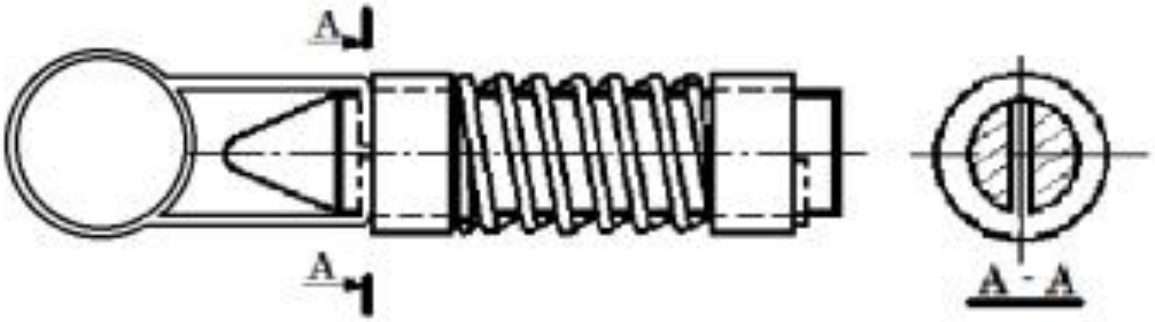


Рис. 3. Схема механизма замка защитного устройства «МИВ 1» исп.-02, «МИВ 2» исп.-02 и «МИВ 3» исп.-02 в разрезе

Представленный на рис. 3 метод фиксации демонстрирует реализацию комплекса технических решений, обеспечивающих высокую эффективность и надёжность эксплуатации в различных условиях:

1. Применение данного способа предотвращает протирание пожарных рукавов в процессе их прокладки, что минимизирует риск механического повреждения и обеспечивает длительный срок службы оборудования.
2. Конструкция позволяет использовать метод как при горизонтальной, так и при вертикальной прокладке, что расширяет спектр применения и делает его универсальным для различных сценариев использования.
3. В случае повреждения пожарных рукавов, например, при потере манжеты или нарушении целостности одного из клыков, данный метод фиксации сохраняет возможность их эксплуатации, что существенно повышает экономическую целесообразность и снижает затраты на замену оборудования.
4. Особое внимание уделено надёжности соединения полугаек, что гарантирует стабильность и безопасность работы системы в экстремальных условиях, минимизируя вероятность аварийных ситуаций и обеспечивая высокий уровень защиты.



Рис. 4. Соединение напорных пожарных рукавов

Комплексный подход к внедрению защитных устройств в системах пожарной безопасности представляет собой многоуровневый процесс, включающий стратегическое планирование, тщательный выбор оборудования, его установку, регулярное техническое обслуживание и проведение специализированного обучения персонала.

Четкая маркировка защитных устройств важна для их быстрого распознавания и правильного использования. Эти устройства должны устанавливать квалифицированные специалисты, соблюдая все нормы пожарной безопасности. Стоит подчеркнуть, что данные защитные устройства были учтены во ВНИИПО МЧС России. С 1 сентября 2026 года они внесены в пункт 7.2, примечание 3, изменение 1 СП 10.13130.2020.

После установки необходимо проверить надежность и работоспособность защитных устройств.

Комплексный подход к проектированию, внедрению и эксплуатации систем пожаротушения является ключевым фактором, обеспечивающим их надёжное функционирование. Такой подход позволяет минимизировать риски возникновения и распространения пожаров, а также эффективно защищать жизни людей и материальные ценности. Игнорирование любого из компонентов этой системы может привести к катастрофическим последствиям в случае возгорания.

Анализ вышеизложенного позволяет сформулировать следующие выводы. Во-первых, необходимо обеспечить регулярное техническое обслуживание и диагностику всех элементов систем пожарной безопасности, включая первичные средства пожаротушения, автоматические системы обнаружения и тушения пожаров, а также системы оповещения и эвакуации. Во-вторых, крайне важно проводить систематические инструктажи и обучение персонала всех организаций по вопросам правильного использования и обслуживания защитных устройств на объектах защиты. Эти меры не только способствуют повышению уровня безопасности, но и могут стать решающим фактором в предотвращении материального ущерба и спасении человеческих жизней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение №1 в СП 10.13130.2020.

2. Медведев И.В., Зарубина Е.В. Разработка шкафа для увеличения надежности противопожарной защиты объектов // Сборник материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России - с.278-280.

3. Медведев И.В., Зарубина Е.В. Запорное устройство для пожарных соединительных головок // Сборник материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России - с.280-283.

4. Медведев И.В., Зарубина Е.В. Разработка предложений по применению запорных устройств для пожарных соединительных головок // Сборник материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России - с.284-286.

5. Патент на полезную модель №188164 Российская Федерация, МПК A62C 33/04 (2006.01), F16K 35/06 (2006.01). Запорное устройство для соединительных головок: № 2018127967, заявл. 30.07.2018: опубл. 01.04.2019 Бюл. № 10/ Медведев И.В.: ил. – Текст: непосредственный.

6. Патент на полезную модель № 234798 Российская Федерация, МПК A62C 33/00 (2006.01), F16K 35/06 (2006.01). Запорное устройство для соединительных головок: № 2025103020, заявл. 12.02.2025: опубл. 29.05.2025 Бюл. № 18/ Медведев И.В.

УДК: 621.8

Р. А. Мекин, А. А. Покровский
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

КОМПЛЕКТАЦИЯ МОБИЛЬНОГО ПОЖАРНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОЗГОРАНИЙ

В работе проанализированы конструктивные особенности мобильного противопожарного модуля, смонтированного на базе одноосного прицепного шасси. Данное оборудование предназначено для задач локализации и ликвидации возгораний в природной среде. Описаны основные технические параметры и перечень пожарно-технического вооружения, входящего в комплектацию агрегата. Внедрение предложенной конструкции способствует оптимизации времени реагирования и снижению экономических издержек при проведении работ по борьбе с лесными и ландшафтными пожарами.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, мобильный пожарный модуль, пожарное оборудование, ранец противопожарный, рукав пожарный.

R. A. Mekin, A. A. Pokrovsky

MOBILE FIRE MODULE EQUIPMENT FOR FIRE EXTINGUISHING

This paper analyzes the design features of a mobile firefighting module mounted on a single-axle trailer chassis. This equipment is designed for containing and extinguishing wildfires. The main technical parameters and a list of firefighting equipment included with the unit are described. Implementation of the proposed design helps optimize response times and reduce costs when fighting forest and landscape fires.

Key words: landscape fire, mobile fire module, fire equipment, fire-fighting backpack, fire hose.

Ежегодно в Российской Федерации происходит от десяти до тридцати тысяч ландшафтных пожаров, площадь которых составляет порядка двух тысяч гектар, что приводит к разрушению экологических систем регионов. В этой связи приобретают особую значимость вопросы, связанные с оптимизацией способов и технических средств пожаротушения для ликвидации данных пожаров.

В основном работы по тушению ландшафтных пожаров ведут на кромке пожара или на опорных рубежах. В первом случае ликвидация пожара происходит без дополнительных потерь природных ресурсов. Во втором случае требуется создание опорных рубежей, что в последующем ведет к выгоранию дополнительной территории между опорными рубежами и кромкой пожара.

Одним из основных приемов борьбы с ландшафтными пожарами является отжиг. Он применим для остановки распространения как верхового, так и низового огня. Применяют несколько видов отжига. Метод ступенчатого

© Мекин Р. А., Покровский А. А., 2026

отжига подразумевает формирование разделительных участков с шагом не более 30 метров. Начальная полоса создается на удалении, составляющем примерно треть ширины зоны, требуемой для локализации пожара. Альтернативный способ предполагает организацию точек возгорания с периодом до 5 метров как вдоль, так и поперек линии огня. На открытых пространствах широко используется встречное горение, при котором формируется обширная выжженная территория, блокирующая дальнейшее распространение пламени. Ключевым минусом отжига является низкая скорость продвижения огня против ветра в сторону фронта пожара.

На сегодняшний день для ликвидации природных пожаров используют различные технические средства такие как ранцевые огнетушители, мотопомпы, автоцистерны, гусеничные бульдозеры, зажигательные аппараты и т.д. Колесная и гусеничная техника имеет существенные недостатки в плане мобильности и автономности, поэтому актуальной задачей становится разработка мобильных, автономных и автоматизированных технических средств. Данные малые мобильные средства пожаротушения разрабатываются отечественной и зарубежной промышленностью.

К одним из таких изделий относятся пожарные мотоциклы, оснащенные малогабаритными и высокоэффективными установками пожаротушения. Для тушения пожаров в начальной стадии актуальным является использование квадроциклов. Инновационные разработки в этой области принадлежат двум конкурирующим фирмам Magirus и Rosenbauer.

К мобильным транспортным средствам пожаротушения относятся транспортируемые прицепные пожарные модули различной комплектации. Чаще всего данные прицепные устройства оснащаются емкостью для воды, насосом высокого давления или мотопомпой, ранцевыми огнетушителями и ручным инструментом. Транспортировка модуля может осуществляться любым транспортным средством на базе шасси различной грузоподъемности и конструктивного исполнения. Часто используют мобильные транспортные средства на базе легкового шасси, так как грузовые автомобили, имея большую стоимость, требуют больших затрат на техническое обслуживание и ремонт. Опыт локализации и тушения степных пожаров с помощью пожарных модулей показал, что их транспортировку эффективнее проводить квадроциклами или багги. Данные транспортные средства, имея незначительную массу и повышенную проходимость, могут доставить к месту пожара в условиях бездорожья личный состав и необходимые технические средства.

Для тушения ландшафтных пожаров предлагается конструктивное решение прицепного пожарного модуля, представленного на рисунке. Прицепной модуль предназначен, в первую очередь, для тушения степных пожаров. Объем пожарного оборудования, размещенного в одноосном прицепе, предназначен для группы пожарных, состоящей из трех человек. Прицепной модуль может буксироваться к месту пожара любым транспортным средством, имеющим шаровое сцепное устройство.

Технические характеристики мобильного пожарного модуля:

- масса прицепа 130 кг;
- масса перевозимого груза 460 кг;
- масса модуля в снаряженном состоянии 590 кг;
- габаритные размеры прицепа длина 2300х1640х1200 мм;
- дорожный просвет 480 мм.



Рисунок. Прицепной пожарный модуль

Комплектация мобильного пожарного модуля включает в себя:

- металлическую емкость для воды емкость для воды;
- секционный ящик рундук;
- высоконапорную самовсасывающую мотопомпу;
- рукав пожарный 77 мм;
- ключи для полугаек 77 мм (2 шт.);
- ранец противопожарный Ермак-18 (3шт.);
- аккумуляторная установка для тушения;
- канистра для ГСМ;
- пожарная колонка.

Проведя разведку пожара, расчет, используя пожарные ранцы «Ермак-18», приступает к остановке распространения огня. Затем при помощи мотопомпы производится подача огнетушащего вещества на кромку пожара. В зависимости от складывающейся оперативно-тактической обстановки и природного ландшафта в комплектацию пожарного модуля могут вносится изменения. Использование данного устройства позволит обеспечить надежную защиту территории и объектов от ландшафтных пожаров, а также быструю ликвидацию очагов возгорания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кропотова Н.А., Легкова И.А., Покровский А.А., Колобов М.Ю. Инженерно-технические решения создания комплекса для тушения ландшафтных пожаров на базе квадроцикла // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. - 2021. - № 3 (67). - с. 83-94.

2. Покровский А.А., Киселев В.В., Кропотова Н.А. Разработка компоновки мобильного средства на базе легкового шасси повышенной проходимости для тушения ландшафтных пожаров // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2026. - № 1 (306). - Т.8 - с. 3-6.

3. Кропотова Н.А., Покровский А.А. Роль иммерсивных технологий при оценке рисков возникновения ландшафтных пожаров // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции с

международным участием – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – с. 176-179.

4. Покровский А.А., Киселев В.В., Пучков П.В., Сидоров А.А. Анализ конструкций мобильных устройств для тушения ландшафтных пожаров // Современные проблемы гражданской защиты. - 2024. - №3 (55). – с. 53-61.

5. Вонский С.М., Наумов В.Б., Жданко В.А. Лесные пожары и способы их тушения. – Ленинград, 1989. – 56 с.

УДК 614.841.42

Е. А. Москвилин, Е. А. Соина
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России»

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК К ВОДЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВИАТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

В работе проведена серия экспериментов по тушению модельных очагов, имитирующих низовой и верховой лесные пожары, водой и различными растворами. Выполненные на стенде эксперименты подтвердили возможность моделирования тушения лесных пожаров авиационными способами.

Ключевые слова. моделирование тушения лесных пожаров авиационными способами, эффективность тушения лесных пожаров, добавки к воде

E. A. Moskvilin, E. A. Soina

THE EFFECT OF ADDITIVES TO WATER ON THE EFFICIENCY OF NATURAL FIRE EXTINGUISHMENT

The study conducted a series of experiments on extinguishing model fire sources that simulate ground and crown forest fires using water and various solutions. The experiments carried out on the test bench confirmed the possibility of modeling the suppression of forest fires using aerial methods.

Keywords. Modeling of forest fire suppression using aerial methods, the effectiveness of forest fire suppression, additives to water

Проблема борьбы с природными пожарами всегда очень остро стояла в Российской Федерации. Ежегодно регистрируется от 15 до 30 тысяч пожаров, охватывающих площадь от нескольких сотен до нескольких миллионов гектаров. Ликвидацию массовых лесных пожаров зачастую осложняют труднодоступность районов тушения и удаленность их от источников

© Москвилин Е. А., Соина Е. А., 2026

водоснабжения, и порой невозможность привлечения автотранспорта для доставки воды [1-2].. На сегодняшний день использование авиационной техники является одним из наиболее перспективных средств тушения лесных пожаров.

Для повышения эффективности тушения лесных пожаров с применением авиации рекомендуются различные добавки к воде. Однако условия тушения пожаров с применением наземных и авиационных средств существенно различаются. Поэтому при выборе типа добавок к воде химических веществ и оценки эффективности подачи полученного раствора на очаг пожара с применением авиационных средств необходимо проводить либо дорогостоящие натурные испытания, либо разработать специальные методики, которые моделировали бы сброс раствора с авиационного средства.

В ФГБУ ВНИИПО МЧС России был создан стенд для оценки эффективности добавок к воде при авиационном способе тушения лесных пожаров и проведен ряд экспериментов по тушению двух типов очагов моделирующих лесной пожар – верховой и низовой.

В частности, удалось получить на стенде дисперсность капель воды, близкую к реальному спектру при сбросе с авиационных средств. Были получены данные, позволившие сделать ряд важных выводов об использовании добавок при авиационном тушении. Подтвердилась гипотеза, что эффект тушения зависит от спектрального состава размеров капель и состава огнетушащего раствора. Так, добавка к воде смачивателя обеспечила тушение только двух очагов пожара, а тушение модельных очагов пожара растворами с использованием бишофита показало незначительное повышение эффективности тушения. При тушении очагов пожара растворами ПАВ увеличивается количество капель меньшего размера, что ведет к непроизводительным затратам – уносу и испарению капель конвективными потоками. Это объясняется тем, что механизм действия растворов ПАВ (или смачивателей) состоит в значительном уменьшении поверхностного натяжения и улучшении смачивающего действия. Уменьшение поверхностного натяжения увеличивает растекаемость воды по горящей поверхности, способствует дроблению ее на мелкие капли, проникновению в капилляры горящего твердого тела [3–4]. Однако при сбросе с авиационной техники это ведет к увеличению непроизводительных затрат.

Одним из способов повышения огнетушащей эффективности воды является увеличение вязкости раствора. Этого можно достичь введением в него высокомолекулярных соединений [4–6]. При поиске добавок к воде, целесообразно выбирать вещества, имеющие большую вязкость, например перспективным является применение порошкового бентонита.

Тушение модельных очагов пожара растворами воды с примесью бентонита в целом показало уменьшение времени тушения по сравнению с водой и другими добавками. При этом после подачи растворов очаги покрываются слоем глины (бентонита) и надежно препятствуют повторному

возгоранию. Это позволяет применять его в качестве огнепреграждающего средства для создания заградительных полос

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Сафронов М.А. Крупные лесные пожары. //Москва, наука, 1979,-200 с.

2. Гришин, А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними/ А.М. Гришин. – Новосибирск: Наука, 1992. – 404 с.

3. Казаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. М., Стройиздат, 1977. - 81 с.

4. Казаков М.В., Моисеенко В.М., Одинец М.В. Влияние добавок высокомолекулярных соединений на огнезащитные свойства воды // Пожарная техника и тушение пожаров: сб. тр. М.: ВНИИПО, 1981. С. 112–116.

5. ГОСТ 33-2000. Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости

6. ГОСТ 18995.1-73. Продукты химические жидкие. Методы определения плотности.

УДК 614.841

Т. А. Мочалова, С. А. Шабунин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ ПО ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ

В статье рассматривается новая методика определения скорости распространения пламени по текстильным материалам при их вертикальной и горизонтальной пространственной ориентации и ее экспериментальное обоснование. Авторами проведен сравнительный анализ существующих отечественных и зарубежных стандартов, предложена схема испытательной установки, позволяющей фиксировать временные интервалы скорости прохождения пламени по текстильному материалу.

Ключевые слова: методика испытаний, скорость распространения пламени, текстильные материалы, пожарная опасность.

T. A. Mochalova, S. A. Shabunin

TEST METHOD FOR DETERMINING THE RATE OF FLAME SPREAD ON TEXTILE MATERIALS

© Мочалова Т. А., Шабунин С. А., 2026

The article examines a new method for determining the flame spread rate across textile materials in both vertical and horizontal orientations, along with the experimental validation of this method. The authors present a comparative analysis of existing domestic and international standards and propose a design for a test apparatus capable of recording the time intervals of flame propagation across the textile material.

Keywords: testing methods, flame spread rate, textile materials, fire hazard.

Текстильные материалы широко применяются людьми во всех сферах жизни и деятельности. Они окружают нас в повседневной жизни (одежда, мебель, интерьер помещений и др.), их используют в строительстве, промышленности, на транспорте. При этом следует помнить, что текстильные материалы обладают пожарной опасностью, что оказывает существенное влияние на развитие и распространение пожаров.

Следовательно, необходимы понимание и точная оценка пожароопасных свойств текстильных материалов различного функционального назначения ввиду того, что это напрямую влияет на обеспечение безопасности людей. Для определения степени пожарной опасности текстиля существуют как отечественные, так и зарубежные стандартизированные методы испытаний, которые позволяют определить показатели, характеризующие его поведение при воздействии высоких температур и открытого пламени [1-8]. И в странах Европы, Америки, и в нашей стране используются схожие методики определения пожарной опасности тканей, каждая из которых имеет свои особенности и области применения. С помощью данных методов оценивают степень горючести, воспламеняемости, уровень дымообразования и другие характеристики текстильных материалов, которые являются определяющими в предотвращении и уменьшении риска возникновения и развития пожаров.

Для определения скоростных параметров развития пожара в помещениях необходимо знать скорость распространения горения по текстильным материалам. Однако анализ литературы показал, что методики определения данного показателя в российских ГОСТах отсутствуют. Американский стандарт ASTM E84 [7] акцентирован на оценке пожарной опасности строительных материалов, включая текстильные настенные и потолочные покрытия. Стандарт NFPA 701 «Standard Methods of Fire Tests for Flame Propagation of Textiles and Films» [6], разработанный национальной ассоциацией противопожарной защиты США (National Fire Protection Association, NFPA), представляет собой разновидность методов для тестирования текстильных материалов на распространение пламени, но делает акцент на потере массы образца и горении капель расплава.

В рамках выполнения НИР «Разработка базы данных «Пожарная опасность текстильных материалов в целях судебной пожарно-технической экспертизы» Плана научной работы Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России на 2024 и 2025 годы нами была разработана методика определения скорости распространения пламени по текстильным материалам [9, 10].

Для проведения испытаний по определению скорости распространения пламени при горизонтальной и вертикальной ориентации образцов нами была взята за основу специальная установка Gibitre Flammabiliti Tester (производства Италии) (рис.1), которая включает в себя камеру, выполненную из жаростойкой нержавеющей стали с закаленным стеклянным окном, снабженную системой отводы дыма. Внутри камеры расположена горелка Bunsen (согласно стандарту ASTM D 5025), держатель для установки угла пламени (0°, 20°, 45°); штативы для закрепления и регулировки положения держателя-рамки образцов.

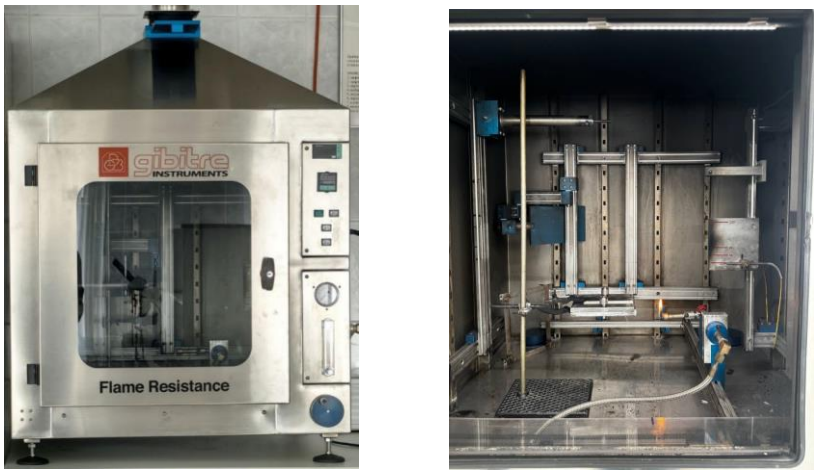


Рис. 1. Внешний вид и внутренняя часть установки для проведения испытаний

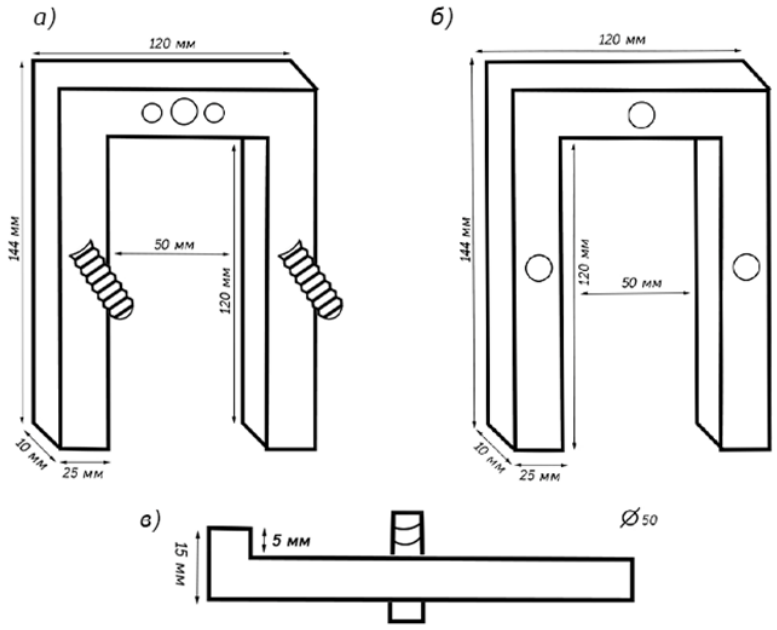


Рис. 2. Схема рамки-держателя
а) основание, б) прижимная пластина, в) боковая часть основания

Держатель горелки может перемещаться по металлическому основанию в горизонтальном направлении к образцу и от него. Держатель горелки обеспечивает возможность установления горелки в разных положениях: как к вертикали, так и к горизонтали. Горелка, с помощью которой осуществляется зажигание образца, работает на сжиженном газе пропан-бутан.

Снаружи установка оборудована манометром и расходомером для регулирования потока газа, цифровым таймера (0,1 сек) для установки времени испытания.

Данная установка необходима для создания стандартных условий при проведении испытаний, чтобы движение воздуха не влияло на процесс распространения пламени.



а) б)

Рис. 3. Внешний вид рамки-держателя: а) прижимная пластина, б) основание

Перед началом испытаний газовую горелку нагревали на протяжении двух минут. Рекомендуемая высота пламени от 38 до 42 мм.

До начала испытаний готовили 5 образцов ткани размером 95×130 мм, затем их помещали в рамку-держатель и зажимали с помощью гаек (рис. 4).



Рис. 4. Исследуемый образец на рамке-держателе

Рамку-держатель закрепляли в камере в либо вертикальном, либо в горизонтальном положении (рис. 5) для проведения непосредственного испытания. Высота пламени горелки регулировалась в вертикальном положении и составляла 40 мм.



Рис. 5. Рамка-держатель с исследуемым образцом,
установленная в горизонтальном и вертикальном положении

Для определения скорости распространения пламени при вертикальной ориентации образца рамку-держатель устанавливали вертикально. С помощью горелки производили зажигание образца с кромки под углом 45°. В случае определения скорости распространения пламени по горизонтали рамку-держатель располагали горизонтально. Горелка также была расположена горизонтально. Расстояние между образцом и горелкой подбиралось таким образом, чтобы край пламени горелки касался кромки образца. После воспламенения образца и прохождения фронтом пламени 10 мм от его края включали секундомер. Выключали секундомер при выполнении одного из двух условий: если фронт пламени достиг противоположного края рамки-держателя; если происходило затухание пламени. После затухания пламени определялась максимальная длина обугленного участка образца, с помощью штангенциркуля.

Скорость распространения пламени рассчитывалась по формуле:

$$v = \frac{l}{t}, \text{ мм/с} \qquad (1)$$

где l – максимальная длина обугленного участка, мм;

t – время горения образца, с.

Итоговое значение скорости распространения пламени принималось как среднее значение между 5 или 10 сходящимися результатами.

Далее рассмотрим обоснование минимального достаточного количества проведенных опытов.

Результаты испытания образцов бязи представлены в таблице.

Таблица. **Результаты исследования образцов бязи на скорость распространения пламени**

Бязь суровая (хлопок 100 %)												
№	**горизонтальная ориентация образца**						**вертикальная ориентация образца**					
	по основе			**по утку**			**по основе**			**по утку**		
	l, мм	**τ, с**	$v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$ **мм/с**	**l, мм**	**τ, с**	$v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$ **мм/с**	**l, мм**	**τ, с**	$v_{\text{р.п.}}^{\text{верт.}}$ **мм/с**	**l, мм**	**τ, с**	$v_{\text{р.п.}}^{\text{верт.}}$ **мм/с**
1	110±0,1	40,0	2,75	111,6±0,1	36,8	3,03	110±0,1	6,4	17,19	110±0,1	5,5	20
2	112±0,1	37,1	3,03	110,0±0,1	36,1	3,05	110±0,1	7,2	15,28	110±0,1	5,4	20,37
3	111,2±0,1	38,9	2,86	110,1±0,1	35,1	3,14	110±0,1	6,6	16,67	110±0,1	5,6	19.64
4	110±0,1	39,2	2,81	111,5±0,1	38,0	2,93	110±0,1	6,9	15,94	110±0,1	5,8	18,96
5	110±0,1	37,3	2,95	110±0,1	38,3	2,87	110±0,1	6,1	18,03	110±0,1	6,1	18,03
	Итоговая $v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$, мм/с для 5 измерений		2,88 ± 0,04	Итоговая, $v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$ мм/с для 5 измерений		3,00 ± 0,03	Итоговая, $v_{\text{рп.}}^{\text{верт.}}$, мм/с для 5 измерений		16,62 ± 1,33	Итоговая $v_{\text{рп.}}^{\text{верт.}}$, мм/с для 5 измерений		19,4 ± 1,14
6	111±0,1	40,4	2,75	111±0,1	37,1	2,99	110±0,1	7,1	15,49	110±0,1	5,7	19,30
7	110±0,1	36,7	3,0	110±0,1	37,8	2,91	110±0,1	6,2	17,74	110±0,1	5,3	20,75
8	110±0,1	36,5	3,01	110±0,1	38,2	2,88	110±0,1	7,0	15,71	110±0,1	5,5	20
9	110±0,1	39,7	2,77	110±0,1	36,5	3,01	110±0,1	5,9	18,64	110±0,1	6,2	17,74
10	110±0,1	38,1	2,89	110±0,1	35,6	3.09	110±0,1	7,1	15,50	110±0,1	5,8	18,96
	Итоговая $v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$, мм/с для 10 измерений		2,88 ± 0,01	Итоговая $v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$, мм/с для 10 измерений		2,99 ± 0,01	Итоговая $v_{\text{рп.}}^{\text{верт.}}$, мм/с для 10 измерений		16,62 ± 0,86	Итоговая, $v_{\text{р.п.}}^{\text{верт.}}$, мм/с для 10 измерений		19,34 ± 0,70

Оценка погрешностей измерений проводилась с использованием коэффициента Стьюдента (для значения доверительной вероятности 0,95).

Согласно данным таблицы минимальным достаточным количеством образцов для испытаний при горизонтальной ориентации является 5 штук. При этом разброс между максимальным и минимальным значениями скорости распространения пламени не должен превышать 0,3 единицы. При вертикальной ориентации минимальным достаточным количеством образцов для испытаний является 10 штук.

Сведения о пожароопасных свойствах текстильных материалов позволят получить информацию о поведении тканей в условиях пожара, которая может быть использована экспертами в установлении места и времени возникновения пожара, причин и путей его распространения, причинно-следственной связи между нарушениями в области пожарной безопасности и наступившими последствиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация.

2. ГОСТ 25076-81 «Материалы неметаллические для отделки интерьера автотранспортных средств. Метод определения огнестойкости».

3. ГОСТ Р 53294-2009 «Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость».

4. Международный стандарт ISO 6940:2018 «Textile fabrics – Burning behaviour – Measurement of flame spread properties of vertically oriented specimens».

5. Европейский стандарт EN 1021-1/2 «Furniture – Assessment of the ignitability of upholstered furniture».

6. Стандарт NFPA 701 «Standard Methods of Fire Tests for Flame Propagation of Textiles and Films».

7. Американский Стандарт ASTM E84 «Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials».

8. Британский стандарт BS 5852 «Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources».

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624963 Российская Федерация. База данных по пожарной опасности текстильных материалов в целях судебной пожарно-технической экспертизы: заявл. 30.10.2025: опубл. 07.11.2025 / О.Г. Циркина, С.А. Сырбу, В.Г. Спиридонова [и др.]; заявитель РФ, от имени которой выступает Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – EDN STOFCI.

10. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2026620321 Российская Федерация. База данных по пожарной опасности текстильных материалов в целях судебной пожарно-технической экспертизы: заявл. 30.12.2025: опубл. 21.01.2026 / О.Г. Циркина, О.Е. Сторонкина, Т.А. Мочалова [и др.]; заявитель РФ, от имени которой выступает Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – EDN EHNIGB.

УДК: 614.84

О. В. Надточий, А. Г. Фирсов, Е. С. Преображенская
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ПОЛИМЕРЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОСЛЕ ПОРАЖЕНИЯ ИХ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

В статье рассмотрено использование специальных композитных полимеров для обеспечения герметичности резервуаров и трубопроводов с нефтепродуктами после поражения их беспилотными летательными аппаратами. Приведена классификация существующих полимеров, их основные свойства, а также перечень полимерных составов используемых в ремонте резервуаров. Даны предложения по дальнейшему использованию полимеров в целях обеспечения пожарной безопасности резервуаров.

Ключевые слова: критически важный объект, пожарная безопасность, резервуар с нефтепродуктами, пожар, беспилотный летательный аппарат, специальные полимеры.

O. V. Nadtochiy, A. G. Firsov, E. S. Preobrazhenskaya

POLYMERS IN ENSURING FIRE SAFETY OF TANKS CONTAINING PETROLEUM PRODUCTS AFTER THEY HAVE BEEN DAMAGED BY UNMANNED AERIAL VEHICLES

The article examines the use of special composite polymers to ensure the sealing of tanks and pipelines containing petroleum products after they have been damaged by unmanned aerial vehicles. It provides a classification of existing polymers, their main properties, and a list of polymer compositions used in tank repair. The article also presents proposals for the further use of polymers to ensure the fire safety of tanks.

Key words: Critical facility, fire safety, petroleum storage tank, fire, unmanned aerial vehicle, special polymers.

Критически важные объекты – это объекты инфраструктуры (социальной, производственной, инженерно-транспортной, энергетической, информационно-коммуникационной и иной), нарушение или прекращение функционирования, которых может привести к серьезным негативным последствиям для государства, общества или экономики [3]. Все критически важные объекты требуют повышенного внимания в обеспечении их пожарной безопасности.

К таким объектам в т.ч. относятся резервуарные парки с жидкими углеводородами (нефтепродуктами) и магистральные нефтепроводы. Это связано с наличием большого количества различных горючий и легковоспламеняющихся нефтепродуктов, обладающих высокой

© Надточий О. В., Фирсов А. Г., Преображенская Е. С., 2026

потенциальной пожарной опасностью. Тушение таких пожаров может осуществляться в течение длительного времени (до нескольких суток) и требует концентрации значительного количества сил и средств пожарно-спасательных подразделений. Также необходимо наличие большого количества огнетушащих веществ, направленных на тушение самого пожара и охлаждение соседних резервуаров.

Сегодня российское общество столкнулось с новыми вызовами – пожарами на объектах топливной энергетики в результате атак беспилотных летательных аппаратов и иных средств поражения (далее – БПЛА). Такие пожары на резервуарах с нефтепродуктами осложняются тем, что в результате удара БПЛА пожар возникает не на одном, а одновременно на нескольких резервуарах. Дополнительно поражаются осколками от БПЛА соседние резервуары и трубопроводы (см. рисунок). В результате чего из посеченных осколками резервуаров происходит утечка нефтепродуктов, что значительно осложняет процесс тушения пожара и создает угрозу воспламенения соседних резервуаров. Также существует угроза повторных ударов БПЛА. Поэтому в идеале для снижения уровня пожарной опасности целесообразно перед началом тушения устранить образовавшиеся течи нефтепродуктов в резервуарах не подверженных горению. Одним из таких способов устранения течи может стать использование специальных полимерных составов.



Рисунок. Примеры поражения резервуаров с нефтепродуктами осколками БПЛА

Сначала рассмотрим, что из себя представляет полимер как вещество и его основные свойства. В обобщенном виде под полимером понимается вещество, молекулы которого состоят из набора длинных цепей бесконечного числа повторяющихся структурных звеньев (мономеров), соединенных между собой определенными химическими связями, образующими макромолекулы разной длины и структуры [2]. Полимеры классифицируются по происхождению (искусственные, природные и синтетические), своему строению (линейные, разветвленные и сетчатые), поведению при нагреве (термопласты и реактопласты). Они получаются в процессе полимеризации или поликонденсации исходного материала в качестве которого чаще используется углеводородное сырье. Одно из главных качеств полимерных материалов – это прочность и легкость, что позволяет их использовать в строительстве, промышленности, медицине, транспорте, общепите и даже в космической

отрасли. Другие формы полимеров (эластомеры) наоборот обладают эластичностью и способностью возвращаться в исходное геометрическое состояние (например, резинотехнические изделия). Еще одно важное качество полимеров связано с их диэлектрическими свойствами. Поэтому они используются в изоляции электрических проводов и электронных приборов. Некоторые полимеры можно плавить, вытягивать в волокна или вспенивать, что позволяет получать из них конечные композиционные изделия с заранее заданными свойствами и параметрами. Причем практически подавляющее количество полимеров не разрушается при контакте с водой, кислотами, щелочами и солями [6]. Учитывая выше перечисленные свойства, полимеры могут быть использованы для устранения течей образовавшихся от попадания осколков БПЛА.

Основные преимущества использования полимеров заключаются в следующем: наносится холодным способом (без использования электро-газосварочных работ), устанавливается под давлением (не требуется осуществлять слив нефтепродуктов), быстрая герметизация отверстия (3-10 мин.), высокий показатель температуростойкости (от -50^{0}С до +180^{0}С), хорошая адгезия к металлам на отрыв (до 150 кг/см^2), обеспечивает хорошие показатели на сжатие (до 1,2 т/см^2). По виду функционального действия они делятся на: металлополимеры, жидкие полимеры и армированные полимерные системы.

Для ремонта резервуаров и трубопроводов используются только специально разработанные для этой цели полимеры. Перечень основных специальных полимерных составов, используемых в ремонте резервуаров и трубопроводов с нефтепродуктами, приведен в таблице [4].

Таблица. **Перечень специальных полимерных составов, используемых в ремонте резервуаров и трубопроводов с нефтепродуктами**

Название полимерного состава	**Тип дефекта**	**Слив продукта**	**Давление**	**Назначение**
ПромКлюч «Аварийный»	Свищи, капельные течи	Не нужен	Да	Быстрая остановка течи
Belzona 9611 (стержень)	Активная протечка	Не нужен	Низкое	Аварийная герметизация
Belzona 1212 + пластина	Течь под давлением	Не нужен	Повышенное	Остановка течи через дренаж
Belzona SuperWrap II	Сквозные дефекты, утонение	Не нужен	Расчетное	Постоянный композитный ремонт
СТОПКИТ + РКМ	Сквозной дефект	Не нужен	До 56 бар	Аварийная остановка + постоянный ремонт
INTRA КРМ	Сквозные	Не нужен	По расчету	Постоянный

Название полимерного состава	Тип дефекта	Слив продукта	Давление	Назначение
	дефекты стенки/днища			ремонт резервуаров
Полиуретановые герметики	Отпотевание по швам	Не нужен	Низкое	Герметизация стыков

Одним из видов специальных полимерных составов являются двухкомпонентные эпоксидные составы, используемые для локального ремонта небольших отверстий, которые можно наносить на влажную поверхность.

Другой вид – это полиуретановые составы. Они хорошо адгезируют к металлу, устойчивы к нефтепродуктам и перепадам температур. Иногда их используют как промежуточный слой или в комбинации с др. материалами.

Третий вид полимеров, используемых для ремонта, представляет собой набор различных композиционных материалов. Комбинация полимерного связующего и армирующего элемента (стекловолокно, углеволокно) в итоге дает высокую прочность, перераспределяет механические нагрузки на армирующую основу, восстанавливает несущую способность ремонтируемого участка.

Однако надо отметить, что несмотря на казалось бы простое действие по герметизации отверстия данные работы считаются пожароопасными и должны проводиться специально подготовленными специалистами объекта защиты. При этом обязательно должен быть оформлен соответствующим образом наряд-допуск, использоваться газоанализатор и средства индивидуальной защиты.

Таким образом, применение специальных полимеров в совокупности с др. мерами защиты (противодронные сетки, РЭП) позволит значительно снизить потенциальную пожарную опасность и возможные риски угрозы жизни и здоровью пожарных при ликвидации пожаров от БПЛА на резервуарах и трубопроводах с нефтепродуктами. Для определения эффективности предлагаемого подхода необходимо осуществить ряд научных исследований и натурных экспериментов, связанных с подбором наиболее оптимального типа полимера и поведением его в условиях реального пожара. На основе полученных результатов исследований должны быть разработаны методические рекомендации по использованию специальных полимеров для герметизации резервуаров и трубопроводов с нефтепродуктами при тушении пожара и ликвидации чрезвычайной ситуации.

Наука не стоит на месте и появляются новые виды полимеров. Одним из таких направлений является разработка умных полимеров которые меняют свои свойства в зависимости от изменения внешних условий. К ним относятся полимеры с эффектом памяти формы и самовосстанавливающегося покрытия [1, 5]. Такие решения уже применяются в медицине (гидрогелевые покрытия), электронике (адаптивные корпуса) и космосе (самораскрывающаяся анатена). Вполне вероятно, что в будущем такое полимерное покрытие сможет само

реализовать герметизацию резервуаров и трубопроводов с нефтепродуктами в случае возникновения нештатной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Van Tittelboom K., De Belie N. Self-Healing in Cementitious Materials - A Review. Materials, 2013, Vol. 6, pp. 2182-2217.

2. Полимеры / сайт Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0% (дата обращения – 8.09.2026).

3. Постановление Правительства РФ от 14.08.2020 № 1225 «Об утверждении Правил разработки критериев отнесения объектов всех форм собственности к критически важным объектам» / ГАРАНТ URL: https://base.garant.ru/74523898/?ysclid=mtrfwh2hwz328443160 (дата обращения – 8.09.2026).

4. Ремонт (герметизация) течей / отпотеваний нефти и нефтепродуктов полимерными ремонтными материалами / Сайт компании ПромКлюч URL: https://promkluch.ru/solutions/remont-germetizacziya-techej-otpotevanij-nefti-i-nefteproduktov-polimernymi-remontnymi-materialami/?ysclid=mtr9ooqvep562521874 (дата обращения – 9.09.2026).

5. Самовосстанавливающиеся композиционные материалы: механизмы восстановления, эффективность до 85% и применение в авиации и строительстве / Сайт компании INNER URL: https://inner.su/articles/samovosstanavlivayushchiesya-kompozitsionnye-materialy-mekhanizmy-vosstanovleniya-effektivnost-do-85/?ysclid=mtsqt1s6b538606533 (дата обращения – 9.09.2026).

6. Что такое полимеры – свойства и применение в современной жизни / Сайт СБЕР Про URL: https://sber.pro/publication/ot-sustavov-do-skafandrov-chto-takoe-polimeri-i-kak-oni-menyayut-nashu-zhizn/?ysclid=mtr41kldsg320958068 (дата обращения – 8.09.2026).

УДК 699.814

Ч. Ц. Наранов, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАРКИРОВКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В данной статье рассматривается маркировка зданий и сооружений пожарно-техническими характеристиками как потенциально важный элемент системы обеспечения пожарной безопасности, который информирует личный состав пожарно-спасательных подразделений, обслуживающий персонал и посетителей о ключевых параметрах объекта, определяющих его поведение при пожаре.

Ключевые слова: класс конструктивной пожарной опасности; класс

© Наранов Ч. Ц., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г., 2026

функциональной пожарной опасности; степень огнестойкости; здания; сооружения; табличка; маркировка.

Ch. Ts. Naranov, S. N. Nakonechnyy, A. G. Azovtsev

TECHNICAL ASPECTS OF MARKING BUILDINGS AND STRUCTURES WITH FIRE-TECHNICAL CHARACTERISTICS

This article examines the labeling of buildings and structures with fire-technical characteristics as a potentially important element of the fire safety system, serving to inform fire and rescue personnel, maintenance staff, and visitors about key facility parameters that determine its behavior during a fire.

Key words: structural fire hazard class; functional fire hazard class; fire resistance rating; buildings; structures; plate; marking.

Информационные таблички с пожарно-техническими характеристиками на зданиях и сооружениях и производственных должны применяться для визуального оповещения персонала, проверяющих органов и пожарных подразделений [1-3]. Требования к их размещению и содержанию необходимо регулировать нормативными документами по пожарной безопасности [4-6].

Таблички, отображающие степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности объекта, должны соответствовать ряду технических, экономических и эргономических требований [3]. Ниже рассмотрены основные вопросы, связанные с техническими особенностями и требованиями к такой маркировке.



Рисунок. Пример оформления здания информационной табличкой с пожарно-техническими характеристиками

1. Характеристики объекта, подлежащие маркировке (рисунок).

На объектах (в зависимости от их назначения – производственные, складские, общественные, жилые) целесообразно наносить следующие основные параметры:

- степень огнестойкости здания (I, II, III, IV, V). Показывает способность

конструкций сопротивляться воздействию огня и сохранять несущую способность.

- класс конструктивной пожарной опасности (С0, С1, С2, С3). Характеризует степень участия строительных конструкций в развитии пожара.

- класс функциональной пожарной опасности (Ф1.1, Ф1.2, Ф2.1 и т.д.). Отражает характер использования здания и особенности пребывания в нем людей (например, детские сады, больницы, зрелищные учреждения).

- категория по взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий (для производственных и складских объектов) обозначается буквами А, Б, В1–В4, Г, Д. Эта информация критически важна для выбора тактики тушения и применяемых огнетушащих веществ.

2. Технические требования к знакам и средствам маркировки.

К элементам маркировки следует предъявлять следующие требования:

- устойчивость к внешним факторам, долговечность. Поскольку знаки должны размещаться на фасадах зданий, материалы должны быть устойчивы к ультрафиолету, осадкам, перепадам температур, химическим веществам и механическим повреждениям (оцинкованная сталь, атмосферостойкий пластик толщиной не менее 3–4 мм, алюминиевые сплавы).

- устойчивость к воздействию высоких температур. Сами таблички и средства их крепления не должны разрушаться или терять информацию при кратковременном воздействии высоких температур в зоне пожара.

- фотолюминесцентные свойства. Таблички должны светиться в темноте при задымлении или отключении электроэнергии. Нанесение методом прямой УФ-печати либо с использованием световозвращающей (светоотражающей) пленки, чтобы табличку было хорошо видно в темное время суток при свете фар пожарных автомобилей.

- цветографическое исполнение. Таблички должны имеют строго регламентированные цвета (например, черный контур и текст на желтом или белом фоне с прямоугольной рамкой), что обеспечивает их мгновенное визуальное распознавание. Шрифт должен быть контрастным и четким, без мелких завитушек, чтобы текст легко читался с расстояния не менее 3–5 метров.

3. Место для размещения маркировки.

Размещение табличек лучше производить на видимом месте, при входе в здание, на фасаде рядом с адресной табличкой на высоте от 2,0 до 2,5 метров от уровня земли (чтобы исключить вандализм и обеспечить видимость при задымлении или загромождении территории). Размер таблички – не менее 300х400 мм.

Важно, чтобы применяемая терминология и обозначения соответствовали действующим нормативным документам и были единообразны на всей территории страны. Обозначения должны быть однозначными, читаемыми, устойчивыми к условиям эксплуатации и размещёнными там, где их можно своевременно увидеть. Для производственных и складских помещений

обозначения размещают в местах, предусмотренных действующими требованиями, в частности на дверях помещений, если это требуется для данного объекта

Главная задача пожарно-технической маркировки – минимизация времени принятия решений руководителем тушения пожара (РТП).

Прибывший на место расчет за считанные секунды считывает информацию с таблички у входа или на двери помещения и понимает:

- можно ли применять воду для тушения (например, категория «Г» и «Д» допускают стандартные методы, а в помещениях с категориями «А» или «Б» могут находиться взрывоопасные вещества);
- сколько времени здание способно выстоять при определенной интенсивности пожара (исходя из степени огнестойкости), что позволяет рассчитать безопасное время работы пожарных внутри объекта.

Таким образом, маркировка зданий и сооружений должна быть точной, актуальной и согласованной с проектной документацией и применимыми нормами. Её корректное применение способствует безопасной эксплуатации объекта и снижает риск ошибок при эвакуации и проведении действий по тушению пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О проблеме определения степени огнестойкости зданий по внешним признакам / А.Г. Азовцев, С.Н. Наконечный, А.И. Вакуленко // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2025 год., Иваново, – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2026. – С. 7-9.

2. К вопросу определения предельных состояний по огнестойкости строительных конструкций / С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 4(53). – С. 79-84.

3. Маркировка зданий и сооружений по огнестойкости и пожарной опасности / Р.Р. Лайпанова, М.И. Шавшин, С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, Иваново, 22 октября 2025 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – с. 229-233.

4. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

5. Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения" (ТР ЕАЭС 043/2017).

6. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

УДК 614.841

Нгуен Выонг Ань, Киеу Ван Дунг
Академия пожарно-спасательной службы Министерства общественной безопасности Социалистической Республики Вьетнам

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ ВЫСОТНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МЕРАМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ВО ВЬЕТНАМЕ

В статье рассмотрено состояние обучения жителей высотных жилых зданий во Вьетнаме вопросам пожарной безопасности, выявлены основные недостатки и предложены меры по повышению эффективности подготовки населения к действиям при пожарах и чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: высотные жилые зданий, противопожарная безопасность, пожаротушение и спасение, распространение знаний и навыков в области противопожарной безопасности, пожаротушения и спасения.

Nguyen Vuong Anh, Kieu Van Dung

IMPROVING THE SYSTEM FOR TRAINING HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDING RESIDENTS IN FIRE SAFETY AND RESCUE MEASURES IN VIETNAM

The article examines the current state of fire safety training for residents of high-rise residential buildings in Vietnam, identifies key shortcomings, and proposes measures to enhance the effectiveness of preparing the population for actions during fires and emergency situations.

Keywords: high-rise apartment buildings, fire safety, fire and rescue, knowledge and skills dissemination, residents.

В условиях урбанизации и роста числа многоэтажных жилых зданий повышение уровня знаний и навыков жителей в области пожарной безопасности и эвакуации приобретает особое значение. Согласно статистике Главного управления пожарной охраны и аварийно-спасательной службы (ГУПО и АСС) Вьетнама, с 1 января 2018 года по 1 января 2026 года по всей стране произошло 25421 пожар, в результате которых погибли 779 человек, 987 получили ранения, а ущерб имуществу оценивается примерно в 290 миллионов долларов США; из них 311 пожаров произошли в многоквартирных домах, что составляет около 1,23 % от общего числа пожаров [5]. В связи с этим необходимо оценить современное состояние обучения жителей, выявить его основные проблемы и причины, а также разработать более эффективные

© Нгуен Выонг Ань, Киеу Ван Дунг, 2026

содержание, методы и формы подготовки, ориентированные на практические навыки и реальные сценарии пожаров и спасательных работ [1-4].

В последние годы во Вьетнаме активно распространяются знания о пожарной безопасности, пожаротушении и спасательных работах среди жителей многоэтажных домов. Информационное содержание постепенно адаптируется к особенностям зданий и включает профилактику пожаров, обнаружение и первоначальное тушение, вызов помощи и безопасную эвакуацию. Для распространения информации используются различные формы и каналы, включая собрания, местные СМИ, плакаты, листовки, веб-сайты, социальные сети и цифровые платформы [6].

Согласно статистике ГУПО и АСС, с 2018 по декабрь 2025 года по всей стране было проведено 34478 прямых информационных кампаний в многоэтажных жилых домах; за этот период было опубликовано 8491 новостная статья и репортаж, а также распространено около 951000 информационных листовок [5]. Эти мероприятия проводились в разное время и в разных контекстах, включая пиковые периоды противопожарной и спасательной деятельности, мероприятия в ответ на Национальный день противопожарной и пожарной безопасности Вьетнама, а также информационные программы в жилых комплексах [6].

Помимо информационной работы, в многоэтажных жилых домах проводятся практические занятия и тренировки по пожарной безопасности и эвакуации с использованием различных сценариев пожаров. В их организации участвуют пожарно-спасательная полиция, местные власти, инвесторы, управляющие структуры и сотрудники противопожарных служб. В целом работа сочетает информирование, практическое обучение и учения, создавая основу для формирования у жителей необходимых навыков первоначального реагирования и эвакуации.

Несмотря на проводимую работу, распространение знаний по пожарной безопасности среди жителей многоэтажных домов имеет ряд ограничений. Основные проблемы связаны с неравномерным доступом к информации, недостаточной адаптацией содержания к особенностям зданий и групп жильцов, преобладанием теоретического информирования над практической подготовкой, слабой оценкой фактических навыков, а также недостаточной координацией и ресурсным обеспечением [6]. Поэтому дальнейшее совершенствование должно быть направлено не столько на увеличение количества мероприятий, сколько на повышение их доступности, практической направленности, адресности и эффективности.

Ограничения информационно-просветительской работы обусловлены несовершенством организационных механизмов, различиями в возможностях исполнителей, недостаточной ориентацией на практические навыки, неодинаковым уровнем координации и ресурсного обеспечения, а также постоянной изменчивостью состава жильцов. Для повышения эффективности необходимо совершенствовать единый механизм взаимодействия, адаптировать

содержание и методы к особенностям зданий и групп жителей, регулярно проводить практические занятия и учитывать появление новых жильцов.

Исходя из вышеизложенной ситуации, ограничений и причин, повышение эффективности пропаганды, распространения знаний и обучения навыкам пожарной безопасности и спасения для жителей многоэтажных жилых домов должно осуществляться на практическом, регулярном уровне, с учетом особенностей здания и с акцентом на способность жителей к реагированию. Предложенные автором решения включают в себя:

Во-первых, стандартизацию содержания пропаганды в соответствии с характеристиками каждого многоквартирного дома и каждой группы жильцов. Содержание должно разрабатываться с учетом архитектурных особенностей, функций, систем пожарной безопасности и спасения, путей эвакуации, зон повышенного риска и планов реагирования на инциденты каждого здания. Помимо профилактических знаний, следует уделять особое внимание основным навыкам, таким как распознавание пожарной опасности, сообщение о пожаре, выбор путей эвакуации, работа с дымом и координация действий с функциональными подразделениями. Содержание также должно быть дифференцировано с учетом потребностей пожилых людей, детей, лиц, нуждающихся в помощи, и групп жильцов с различными особенностями восприятия информации.

Во-вторых, внедрение инновационных методов коммуникации в сторону визуальных, интерактивных подходов и применение цифровых технологий. Помимо традиционных методов, следует расширить использование видеороликов, наглядных изображений, схем эвакуации, имитационных сценариев и цифровых платформ здания для предоставления краткой и легкодоступной информации. Каждое здание может разработать собственную информационную систему пожарной безопасности, предоставляющую информацию о маршрутах эвакуации, местах сбора, использовании противопожарного оборудования и действиях в случае чрезвычайной ситуации.

В-третьих, следует улучшить практическую подготовку, тренировки и развитие навыков жильцов. Коммуникационные усилия должны сместиться от простого предоставления информации к сочетанию «знания» и «умения действовать». Тренинги должны предоставлять жильцам возможность практиковать базовые навыки, такие как использование противопожарного оборудования, включение пожарной сигнализации, ориентирование на маршрутах эвакуации и действия в смоделированных ситуациях. Регулярно организовывать тренировки, адаптированные к конкретным условиям каждого многоквартирного дома, делая акцент на реальном участии жильцов, а не только на специализированном персонале.

В-четвертых, следует четко определить обязанности и улучшить координацию между заинтересованными сторонами. Пожарно-спасательная должна обеспечивать профессиональное руководство; местные власти должны осуществлять управление и надзор; Инвестор, правление и оперативное подразделение несут ответственность за проведение регулярных

информационных кампаний в здании; а пожарная служба на месте должна напрямую поддерживать, направлять и организовывать практические учения и тренировки. Необходимо создать единый механизм координации для обеспечения актуальности информации, доступа жильцов к знаниям и непрерывного проведения информационных кампаний.

В-пятых, необходимо внедрить инновации в проверку и оценку эффективности информационных кампаний. Эффективность следует оценивать не только по количеству информационных сессий, количеству участников или количеству распространенных материалов, но и по поэтапной оценке уровня понимания жильцами информации и их способности применять полученные знания. Для выявления недостающего или неподходящего контента можно использовать опросы, тематические исследования, практические тесты и оценки после тренировок. Результаты оценки следует использовать для корректировки содержания, методов и частоты проведения информационных кампаний по предотвращению пожаров и спасению в каждом многоквартирном доме.

Синхронизированное внедрение этих решений будет способствовать переходу от предоставления информации в первую очередь к развитию осведомленности, навыков и практических возможностей реагирования жильцов в рамках информационных кампаний по предотвращению пожаров и спасению. Это важнейшая основа для повышения активной роли жителей в предотвращении пожаров, оказании первой помощи и безопасной эвакуации, а также для эффективной поддержки деятельности подразделений в случае пожаров, взрывов или других инцидентов в многоэтажных жилых домах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон о предотвращении, тушении пожаров и спасении № 55/2024/QH15, Национальное собрание, Ханой, 2024. – 43 с.

2. Постановление Правительства № 50/2024/НД-КП от 10 мая 2024 г., вносящий изменения и дополнения в некоторые статьи Указа № 136/2020/НД-КП и Указа № 83/2017/НД-КП. Ханой, 2024. – 124 с.

3. Постановление Правительства № 105/2025/ND-CP от 15 мая 2025 г., подробно описывающий реализацию Закона о предотвращении пожаров, тушении пожаров и спасении, Ханой, 2026. – 181 с.

4. Постановление Правительства № 106/2025/ND-CP от 15 мая 2025 г., устанавливающий административные санкции за нарушения в области предотвращения пожаров, тушения пожаров и спасения, Ханой, 2025. – 36 с.

5. Ежегодный сводный отчет о работе по предотвращению пожаров, тушению пожаров и спасению Главного управления пожарной охраны и аварийно-спасательной службы (2018-2025). Ханой, 2026. – 25 с.

6. Сводный отчет Департамента полиции за период с 2020 года по май 2024 года. Полиция города Ханоя по предотвращению и контролю пожаров и Спасение. Ханой, 2024. – 10 с.

УДК 614.841

Нгуен Выонг Ань, Май Дань Зянг
Институт пожарной безопасности Министерства общественной безопасности Социалистической Республики Вьетнам

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ УГЛЕКИСЛОТНЫХ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ

В статье анализируются механизм образования зарядов, связанные риски и меры предотвращения электростатических опасностей при эксплуатации CO_2-огнетушителей. Углекислотные (CO_2) огнетушители широко применяются в системах противопожарной защиты как на промышленных, так и на гражданских объектах. Однако при выбросе CO_2 с высокой скоростью через сопло или раструб может происходить накопление статического электричества, что приводит к электростатическому разряду. Это явление может вызвать значительные риски, такие как вторичные взрывы или пожары в средах с горючими газами или пылевыми смесями, а также опасность поражения электрическим током для оператора.

Ключевые слова: пожар; статическое электричество; углекислотный огнетушитель; электростатический разряд; управление безопасностью; профилактика пожаров.

Nguyen Vuong Anh, Mai Danh Giang

ENSURING SAFETY IN THE STORAGE AND USE OF CARBON DIOXIDE FIRE EXTINGUISHERS

This article analyzes the mechanism of charge generation, associated risks, and measures to prevent electrostatic hazards when using CO_2 fire extinguishers. Carbon dioxide (CO_2) fire extinguishers are widely used in fire protection systems in both industrial and civil facilities. However, when CO_2 is released at high velocity through a nozzle or flare, static electricity can build up, leading to electrostatic discharge. This phenomenon can cause significant risks, such as secondary explosions or fires in environments with flammable gases or dust mixtures, as well as the risk of electric shock to the operator.

Keywords: fire; static electricity; carbon dioxide fire extinguisher; electrostatic discharge; safety management; fire prevention.

Углекислотные огнетушители широко применяются благодаря своей чистоте, диэлектрическим свойствам и эффективности при тушении пожаров классов B и C. Однако помимо известных рисков (удушье, холодовые ожоги) существует менее изученная опасность — накопление и разряд статического электричества. Поэтому исследование механизмов, оценка рисков и разработка мер предотвращения являются актуальными задачами для обеспечения

© Нгуен Выонг Ань, Май Дань Зянг, 2026

безопасности и совершенствования нормативной базы в области пожарной безопасности.

При приведении огнетушителя в действие CO_2 (под давлением около 5,5–6,0 МПа при 20 °C) выходит через сопло малого диаметра и подвергается адиабатическому расширению. Часть CO_2 переходит в газовую и твердую фазу (сухой лед), температура резко падает (< −60 °C). Высокоскоростной поток взаимодействует со стенками сопла и частицами твердого CO_2, вызывая перенос электронов по трибоэлектрическому механизму [1,2]. Образовавшиеся заряды накапливаются на поверхности и при достижении критической напряженности электрического поля возникает искровой разряд.

Теоретическая скорость потока CO_2 через отверстие определяется выражением:

$$v = \sqrt{\frac{2.\Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

где: v - скорость потока (м/с), ΔP - перепад давления (Па), ρ - плотность (кг/м³).

На практике скорость ограничена эффектом «захлёбывания потока» и не превышает скорость звука (примерно 250–350 м/с).

Массовый расход при критическом течении:

$$\dot{m} = C_d . A . \rho_0 . \sqrt{\frac{\gamma}{R.T_0}} \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} \quad (2)$$

где: $\dot{m}$ - массовый расход (кг/с), C_d - коэффициент расхода (коэффициент истечения) (безразмерный), учитывающий влияние трения, сужения потока, шероховатости и отклонений от идеального газа; обычно составляет 0,8–0,95 для хорошо обработанных отверстий (*orifice*), A - площадь выходного отверстия (м²); при диаметре d: $A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$, p_0 - полное (стагнационное) давление перед отверстием (Па), $T_0 -$ полная (стагнационная) температура перед отверстием (К), $\gamma -$ показатель адиабаты (отношение теплоёмкостей c_p/c_v) (безразмерный), для CO_2 при обычных температурах принимается примерно равным 1,30 (незначительно зависит от температуры и давления), R - удельная газовая постоянная (Дж/(кг·К)), для CO_2 примерно равна 188,9 Дж/(кг·К).

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (3)$$

где: R_e - число Рейнольдса, ρ - плотность жидкости или газа (кг/м³), v - характерная скорость потока (м/с), μ - динамическая вязкость (Па·с), D - характерный диаметр, для отверстия (*orifice*) принимается равным диаметру выходного отверстия (м).

При значениях порядка 10^5поток становится турбулентным, что усиливает трибоэлектрические эффекты.

Накопленный заряд:

$$Q = C \cdot V \quad (4)$$

где: Q - накопленный электрический заряд (Кулон, Кл), C - электрическая ёмкость (Фарад, Ф), V - разность потенциалов (напряжение) (Вольт, В).

Даже небольшая энергия (порядка миллиджоулей) может превышать минимальную энергию воспламенения (*MIE*) некоторых газов, например водорода или пропана, что создаёт риск взрыва.

Условия пробоя газа описываются законом Пашена. Для воздуха при нормальных условиях пробой происходит примерно при 3 кВ/мм.

Время релаксации заряда:

$$\tau = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (5)$$

где: τ - время диэлектрической релаксации (с), ε - диэлектрическая проницаемость среды (Ф/м), для газа или вакуума: $\varepsilon \approx \varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}$Ф/м, для других материалов: $\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$, σ - электрическая проводимость (См/м).

В сухом воздухе заряд может сохраняться до 15 минут, тогда как при высокой влажности — исчезает за доли секунды. Человеческое тело также участвует в накоплении заряда (ёмкость 100–200 пФ). При разряде ток может достигать нескольких миллиампер, вызывая ощутимый удар. Экспериментальные данные показывают, что напряжение может достигать 2–5 кВ и более в сухих условиях [6,7].

Явление накопления и разряда статического электричества при распылении углекислотных (CO_2) огнетушителей невозможно полностью исключить, однако его можно контролировать и минимизировать за счёт комплексного применения технических, организационных, эксплуатационных и нормативных решений [3, 4]. Комплексная реализация данных мер позволяет снизить вероятность образования искрового разряда с энергией, превышающей минимальную энергию воспламенения (*MIE*) горючих газов или пыли, обеспечивая безопасность оператора и окружающей среды [3].

Заземление и уравнивание потенциалов:

Это наиболее важная мера, направленная на нейтрализацию электрических зарядов сразу после их возникновения. Все металлические части огнетушителя, корпус сопла, опоры, тележки для транспортировки и рабочие площадки должны быть подключены к системе защитного заземления с сопротивлением ≤ 10^6 Ом. При использовании переносных CO_2-огнетушителей рекомендуется применять заземляющие провода (*antistatic cable*) или автоматические зажимы заземления для обеспечения выравнивания

потенциалов между огнетушителем, оператором и поверхностью пола. Для стационарных систем трубопроводы CO_2 должны иметь точки заземления с интервалом ≤ 30 м, а также регулярно проверяться на проводимость соединений в соответствии с нормативами [5].

Выбор материалов сопел и проводящих компонентов:

Сопла и раструбы являются зонами интенсивного трения потока газа о поверхность, что способствует образованию трибоэлектрических зарядов. Материалы с высоким поверхностным сопротивлением, такие как ПВХ или тефлон, следует ограниченно использовать в зонах повышенного риска. Предпочтение следует отдавать антистатическим материалам или металлам с тонким изоляционным покрытием, которые обеспечивают механическую прочность и контролируемое рассеивание зарядов.

Для высоконапорных сопел рекомендуется применять закруглённые кромки вместо острых, что снижает коэффициент усиления электрического поля и предотвращает концентрацию зарядов в вершине, уменьшая вероятность локального разряда. Моделирование потоков показывает, что увеличение радиуса кривизны с 0,5 мм до 3 мм может снизить максимальную напряжённость электрического поля до 40 %, тем самым существенно уменьшая вероятность искрообразования [5].

Контроль относительной влажности:

Влажность играет ключевую роль в рассеивании электрических зарядов. В сухой среде (RH < 40 %) заряд может сохраняться в течение десятков минут, тогда как при влажности > 60 % он нейтрализуется за несколько секунд. Поэтому в химических складах, машинных отделениях судов и закрытых производственных помещениях с использованием CO_2 рекомендуется поддерживать относительную влажность на уровне 50–65 % с помощью систем кондиционирования или увлажнения. Датчики влажности следует устанавливать в зоне работы оператора для оперативного контроля.

Для обеспечения электростатической безопасности необходимо использовать антистатические средства защиты, заземлённые рабочие поверхности и проводить регулярный контроль. Стационарные системы проверяются ежегодно, а переносные огнетушители дополнительно испытываются на накопление статического заряда перед допуском к эксплуатации.

Статическое электричество при распылении CO_2 представляет собой скрытый, но управляемый риск. При комплексном применении технических решений, безопасных эксплуатационных процедур и нормативного регулирования данный риск может быть эффективно снижен. Выявление и управление этим фактором способствует не только повышению уровня пожарной безопасности, но и развитию технической стандартизации и национальных норм, направленных на создание безопасных, эффективных и экологически устойчивых систем углекислотного пожаротушения в условиях современной индустриализации и урбанизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Butterworth, G. J. (1981). Electrostatic effects with portable CO_2 fire extinguishers. Journal of Electrostatics, 11(2), 165-171. DOI:10.1016/0304-3886(81)90075-9.

2. IET Proceedings A (1980). Electrostatic hazard involved in discharging CO_2 fire extinguisher. DOI:10.1049/ip-a-1.1980.0020.

3. Hedlund, F. H. (2017). Carbon dioxide not suitable for extinguishment of smouldering silo fires: Static electricity may cause silo explosion. Biomass and Bioenergy, 106, 157–164. DOI:10.1016/j.biombioe.2017.11.009.

4. Guo, J., Zhang, Y., et al. (2023). Research and Application of CO2 Fire Prevention Mechanism and Key Technologies in Mines: A Review. Fire 2024, 7(10), 353; Doi.org/10.3390/fire7100353.

5. IEC 60079-32-1 (2019). Explosive atmospheres – Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance.

6. NFPA 12 (2022). Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.

7. U.S. Coast Guard (2023). Portable CO_2 Fire Extinguisher Grounding Safety. Safety Bulletin 011-23.

УДК 614.841.411

А. Л. Никифоров, И. А. Легкова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕРМОЗАЩИТНЫХ КОСТЮМОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

Статья посвящена разработке новых материалов для термозащитной одежды, предназначенной для работников горячих цехов, сварщиков и пожарных. Проведен анализ требований к защитной одежде, рассмотрены традиционные и современные огнестойкие ткани, обоснована актуальность применения полимерных композиционных материалов. Отмечено, что использование интумесцентного покрытия и многослойной структуры обеспечивает надежную защиту от пламени, тепловых потоков и ожогового травматизма.

Ключевые слова: защитная рабочая одежда, огнезащита, текстильный материал, интумесцентное покрытие, композиционный материал, боевая одежда пожарного.

A. L. Nikiforov, I. A. Legkova

DESIGNING NEW MATERIALS FOR THERMAL-PROTECTIVE SUITS USED IN SPECIALIZED PROTECTIVE CLOTHING

© Никифоров А. Л., Легкова И. А., 2026

This article focuses on the development of new materials for thermal protective clothing designed for workers in high-temperature industrial environments, welders, and firefighters. It analyzes the requirements for protective apparel, examines both traditional and modern flame-resistant fabrics, and justifies the relevance of using polymer composite materials. It is noted that the application of an intumescent coating combined with a multi-layered structure provides reliable protection against flames, heat flux, and burn injuries.

Keywords: protective work clothing, fire protection, textile material, intumescent coating, composite material, firefighter turnout gear.

Основная функция рабочей одежды заключается в обеспечении защиты человека от вредных условий производственной среды. Для различных профессий к рабочей одежде и материалам для ее изготовления предъявляются обоснованные требования, обеспечивающие максимальную защиту рабочего и его комфорт.

Для некоторых профессий, таких как сварщик, пожарный и др., важна не только прочность и износостойкость рабочей одежды, она должна защищать от воздействия высоких температур, открытого пламени, теплового излучения, искр и брызг расплавленного металла, поэтому к выбору такой экипировки предъявляются особые требования, выходящие далеко за рамки обычных стандартов качества [1]. В отличие от обычной рабочей одежды, здесь важна не просто плотность ткани, а способность материала не гореть и не плавиться под воздействием экстремального тепла [2, 3].

Например, для сварщика важна защита от искр, брызг расплавленного металла и ультрафиолетового излучения дуги [4]. Защитные костюмы для них обычно шьют из брезента с огнестойкой пропиткой или из арамидных тканей, в зонах максимального риска имеются накладки.

Для металлургов и сталеваров главный враг – тепловое излучение и брызги расплавленного металла [5]. Для них применяют многослойные костюмы с алюминизированным внешним слоем, который отражает до 90% тепла. Такая одежда тяжелее и жестче, но она дает драгоценные секунды, чтобы отойти от источника опасности.

Для пожарного одежда должна выдерживать прямой контакт с пламенем и тепловым потоком [6]. Боевая одежда пожарного (БОП) состоит из нескольких слоев: внешний термостойкий слой, влагонепроницаемая мембрана и теплоизолирующая подкладка. Она рассчитана на кратковременное пребывание в зоне высокой температуры и при этом должна оставаться достаточно подвижной, чтобы не сковывать движения при работе. В случае работы пожарных следует также отметить опасность механического травмирования элементами горящих разрушающихся конструкций.

В результате анализа информации из нормативной литературы для всех перечисленных сфер деятельности выделим основные свойства, которым должна соответствовать рабочая защитная одежда:

- устойчивость к пламени: одежда не должна поддерживать горение и плавиться под воздействием высокой температуры, а также не должна поддерживать самостоятельного горения после удаления источника огня;
- низкая теплопроводность материала: он должен плохо проводить тепло, чтобы защитить человека от ожогового травматизма;
- прочность и износостойкость: одежда должна быть устойчива к механическим повреждениям;
- комфорт при длительной работе: материал костюма должен «дышать» для исключения перегрева; важен также его вес, тяжелый костюм при длительной работе приводит к переутомлению и снижает производительность работы. Современные тенденции направлены на повышение комфорта: даже самый защитный костюм бесполезен, если он мешает работать.

Основой термо- и огнезащитной рабочей одежды служат специальные ткани.

Используют, во-первых, традиционные натуральные материалы (хлопок, лен или смесовые ткани) с огнестойкой пропиткой. Обработка антипиренами замедляет воспламенение и не дает пламени распространяться. Такие ткани надежны, но могут быть тяжелее и объемнее, чем материалы с «врожденной» защитой [7].

Во-вторых, хорошо защищает от теплового излучения шерстяное сукно, широко используется для костюмов сталевара, но сукно также тяжелое и может быть некомфортным при длительной работе.

К материалам нового поколения относятся ткани с врожденной огнестойкостью, это современные арамидные и модакриловые ткани. Арамидные волокна не плавятся и не горят, а лишь обугливаются, сохраняя структуру, и выдерживают интенсивное тепловое воздействие. Модакрил используется в трикотаже, так как имеет высокий кислородный индекс (плохо поддерживает горение). Защитные свойства таких материалов заложены прямо в химической структуре волокна. Преимуществом таких тканей является то, что защита не смывается и не исчезает после стирки, в отличие от пропиток [7].

Несмотря на то, что уже разработано большое количество моделей специальной защитной одежды, совершенствование их продолжается, учитывая индивидуальные особенности профессиональной деятельности и различные уровни защиты. При разработке и совершенствовании спецодежды должно уделяться внимание защите человека не только от неблагоприятных производственных условий, но и различных видов травматизма, в том числе ожогового, обусловленного воздействием внешних негативных факторов (открытое пламя, капли расплавленного металла и др.) [8, 9].

Это делает актуальным вопрос, связанный с разработкой новых материалов для защитной одежды. На наш взгляд будущее за разработкой и использованием полимерных композиционных (многослойных) материалов, где каждый слой выполняет свою вполне конкретную задачу защиты.

Так, например, для более эффективной защиты от воздействия пламени ткань может быть выполнена в виде трех слоев (рис. 1).

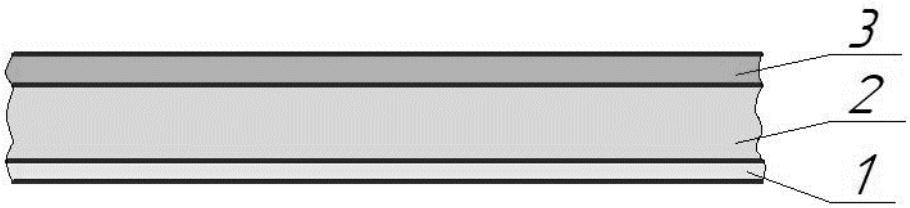


Рис. 1. Схема композиционного материала для специальной защитной одежды:
1 – подкладочная ткань; 2 – брезент, 3 – интумесцентный слой

Именно наличие нескольких слоев переводит защитный материал в категорию композиционных материалов, состоящих из разнородных по назначению и составу полимерных слоев:

1. подкладочная ткань;
2. прочная основа (брезент);
3. интумесцентный слой, вспучивающийся под воздействием огня.

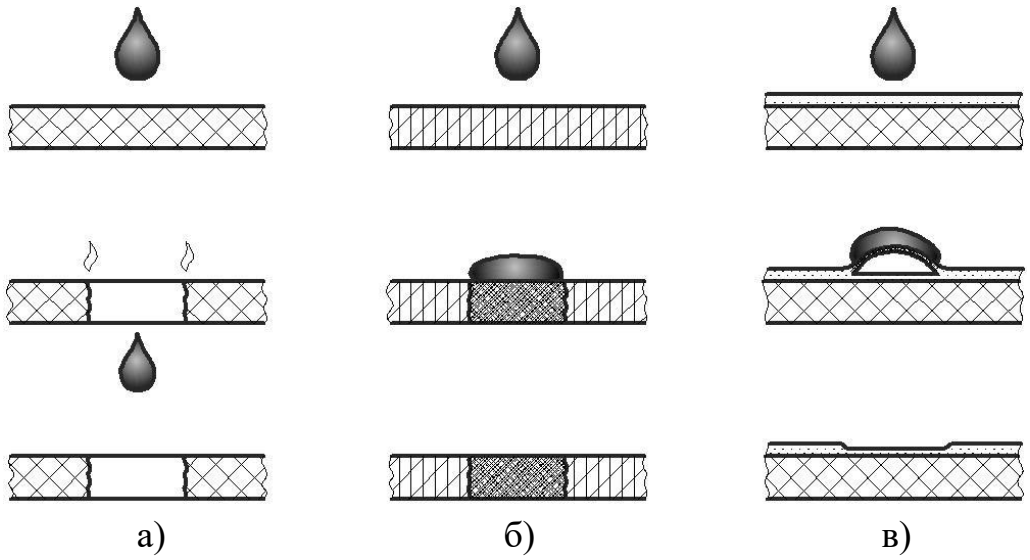


Рис. 2. Поведение ткани при контакте с расплавленным металлом:
а) брезентовая ткань в исходном виде; б) ткань, обработанная огнезащитным составом; в) ткань с нанесенным на поверхность интумесцентным покрытием

Отличительная особенность огнезащитного действия такого материала представлена на рис. 2. [10]. Для необработанной брезентовой ткани при контакте с каплей расплавленного металла происходит воспламенение и сквозное прогорание образца (рис. 2а). На огнезащищенном образце брезента (рис. 2б) разрушается структура ткани с образованием прогара и выделением дыма.

При контакте капли расплавленного металла с интумесцентным покрытием (рис. 2в) происходит вспучивание защитного слоя с образованием пузыря с карбонизованной стенкой. После остывания и удаления угольного остатка с поверхности ткани текстильная основа остается целой и не поврежденной. А значит такая ткань будет защищать и от ожогового травматизма [11, 12].

Именно принцип многослойной защиты и наличие интумисцентного покрытия позволяет обеспечить надежную защиту от тепловых потоков высокой интенсивности и открытого пламени.

Особого внимания требует разработка материала для боевой одежды пожарного. В процессе выполнения боевых задач они используют пожаротушащие жидкости, а интенсивный характер работ приводит к усиленному потоотделению. При использовании традиционных схем защитной одежды эти жидкости сорбируются текстильными материалами, находящимися в контакте с кожными покровами (манжеты и воротники курток). Под воздействием внешних тепловых потоков влага испаряется и горячий пар приводит к ожоговому травматизму пожарного. В существующих моделях БОП это обстоятельство не учитывается. Поэтому новый композиционный материал должен обеспечивать защиту от такого поражающего фактора, то есть не только противостоять огню, но и эффективно отводить тепло и влагу. Ткань должна обладать хорошей гигроскопичностью и воздухопроницаемостью, чтобы предотвратить перегрев и обеспечить комфортный микроклимат под одеждой. Решить эту проблему можно за счет применения слоев из мембранных материалов, способных пропускать влагу водном направлении. Таким образом более сложный вариант защитной ткани может состоять из большего количества слоев (рис. 3).

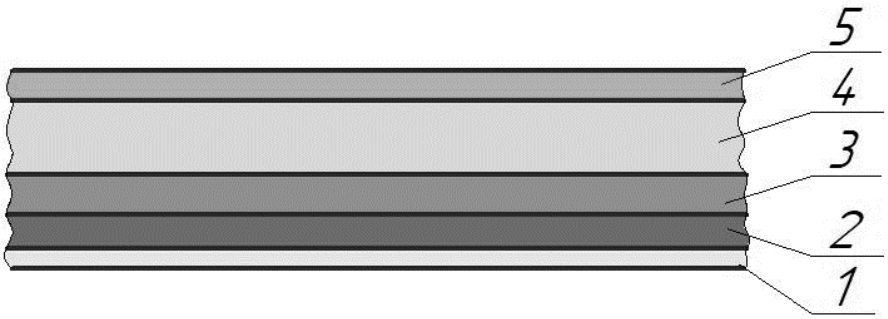


Рис. 3. Схема композиционного материала для БОП:
1 – подкладочная ткань; 2 – мембрана; 3 – негигроскопичный наполнитель;
4 – брезент, 5 – интумесцентный слой

На приведенном рисунке каждый слой выполняет отдельную функцию, например:

1. подкладочная ткань, обработанная водоотталкивающим составом для обеспечения комфортной эксплуатации костюма;
2. мембранная ткань, пропускающая влагу в одном направлении;
3. негигроскопичный слой, необходимый для отвода влаги, которая не должна скапливаться;
4. прочная основа (брезент), обеспечивающая работу всего пакета материалов при действии внешних механических нагрузок;
5. интумесцентный слой, предназначенный для защиты от предельно высоких тепловых потоков и открытого пламени.

Считаем, что предлагаемый подход к разработке концепции современных композиционных огнезащитных материалов, использующихся для пошива специальной одежды, позволит повысить эффективность защиты человека от ожогового травматизма.

Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- существующие текстильные материалы для изготовления специальной защитной одежды работников горячих цехов, сварщиков и пожарных не способны в достаточной мере обеспечить защиту работников от ожогового травматизма;
- актуальным вопросом является разработка новых защитных материалов на основе использования современных полимеров и текстильных материалов;
- более эффективным для специальной защитной одежды будет использование предложенного многослойного материала из тканей и полимерных пленок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Румянцева В.Е., Легкова И.А., Шарабанова И.Ю. Защита целлюлозных материалов от воздействия высоких температур и открытого пламени. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2 (410). С. 207-212.

2. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Сорокин Д.В., Никифоров А.Л. Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей различного функционального назначения. Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 126-133.

3. Никифоров А.Л., Легкова И.А., Ульева С.Н., Колобов М.Ю. Пожарная опасность тепловых процессов, основанных на использовании волнового нагрева. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2026. №1(85). С. 150-157.

4. ГОСТ 12.4.250-2019. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла. Технические требования.

5. ГОСТ Р 12.4.297-2013. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени. Технические требования и методы испытаний.

6. ГОСТ Р 53264-2019. Техника пожарная. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний.

7. tent-tkani.ruttex.ru.

8. Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Румянцева В.Е. Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 121-133.

9. Сабирзянова Р.Н., Красина И.В. Современные тенденции в производстве огнестойких текстильных материалов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. Т. 16, № 8. С. 75-79.

10. Ульева С.Н., Легкова И.А., Никифоров А.Л., Титов В.А., Колбашов М.А. Разработка пожаробезопасных композиционных материалов на текстильной основе. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 5 (419). С. 357-364.

11. Осмоловская А.А., Сторонкина О.Е. Мочалова Т.А. Анализ поведения текстильных материалов при высокотемпературном воздействии. Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 3(52). С. 46-52.

12. Никифоров А.Л., Легкова И.А. Новый подход к огнезащите текстильных материалов, древесины и ее производных. Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. С. 281-286.

УДК 667.6

Р. У. Нурмагомедов, В. П. Зарубин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕРМОСТОЙКИЕ КРАСКИ ПО МЕТАЛЛУ: ВИДЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

В статье рассматриваются термостойкие краски по металлу как специализированный класс лакокрасочных материалов, способных сохранять защитные и декоративные свойства при воздействии высоких температур. Проведён анализ основных видов термостойких покрытий по химическому составу: акриловых, алкидных и эпоксидных.

© Нурмагомедов Р. У., Зарубин В. П., 2026

Ключевые слова: обзор, термостойкие краски, огнеупорные покрытия, эмали, лакокрасочные материалы, теплостойкость, пожарная безопасность, пожаротушение, огнезащита металлоконструкций, антикоррозионная защита, температурная стойкость.

R. U. Nurmagomedov, V. P. Zarubin

HEAT-RESISTANT METAL PAINTS: TYPES AND APPLICATIONS IN FIRE PROTECTION

The article examines heat-resistant metal paints as a specialized class of coatings capable of retaining their protective and decorative properties when exposed to high temperatures. An analysis of the main types of heat-resistant coatings based on chemical composition acrylic, alkyd, and epoxy is presented.

Keywords: review, heat-resistant paints, fire-resistant coatings, enamels, paints and varnishes, heat resistance, fire safety, fire suppression, fire protection of metal structures, anti-corrosion protection, temperature resistance.

Термостойкие краски по металлу представляют собой специализированный класс лакокрасочных материалов, способных сохранять защитные и декоративные свойства при воздействии высоких температур. В отличие от обычных красок, которые при нагреве выше 80–100 °С начинают разлагаться, трескаться и отслаиваться, термостойкие покрытия выдерживают нагрев от 200 до 1200 °С и более. Актуальность применения таких материалов в области пожаротушения обусловлена необходимостью защиты металлических конструкций, оборудования и коммуникаций, подвергающихся воздействию открытого пламени, теплового излучения или экстремального нагрева в процессе эксплуатации.

Целью данной работы является систематизация сведений о видах термостойких красок по металлу и определение возможностей их применения в системах пожаротушения и смежных областях.

Современный рынок лакокрасочных материалов предлагает несколько основных типов термостойких покрытий, различающихся по химическому составу, температурному диапазону и эксплуатационным характеристикам. По составу, термостойкие краски можно разделить на следующие четыре группы [1].

Акриловые краски.

Акриловые термостойкие краски отличаются быстрым высыханием и отсутствием резкого запаха. Однако их температурный диапазон ограничен – как правило, они выдерживают нагрев не выше 100–120 °С. Такие покрытия подходят для окрашивания бытовых радиаторов и котлов, но не могут использоваться в условиях воздействия открытого пламени. Срок службы акриловых покрытий составляет 3–5 лет с необходимостью периодического обновления.

Алкидные краски.

Алкидные термостойкие эмали выдерживают нагрев до 150 °С и служат до 10 лет. Они применяются для окраски радиаторов, котлов и каминов, обеспечивая приемлемую защиту при умеренных температурах. Однако при контакте с открытым пламенем или при нагреве выше указанного предела алкидные покрытия теряют свои свойства.

Эпоксидные краски.

Эпоксидные термостойкие составы (например, «Эпостат-Термо») обладают более высокой температурной стойкостью – до 300 °С. Они применяются для антикоррозионной защиты чёрных и цветных металлов, а также железобетонных конструкций. Эпоксидные покрытия отличаются высокой механической прочностью и химической стойкостью, однако, как и алкидные, не предназначены для эксплуатации в условиях прямого воздействия пламени.

Кремнийорганические краски.

Кремнийорганические (силиконовые) эмали представляют собой наиболее термостойкий класс лакокрасочных материалов. Они выдерживают нагрев до 600–1000 °С и способны противостоять прямому воздействию открытого пламени. Именно этот тип покрытий находит наиболее широкое применение в промышленности и системах пожаротушения.

Кремнийорганические эмали марок КО-811, КО-813, КО-822, КО-835 предназначены для антикоррозионной окраски стальных, титановых и алюминиевых поверхностей с температурой эксплуатации от 300 до 500 °С. Более современные составы, такие как эмаль «Лакра PROF IT» на основе полиорганосилоксановой смолы, обеспечивают защиту в интервале от минус 60 до плюс 1200 °С в зависимости от цвета и могут наноситься даже при отрицательных температурах до минус 30 °С.

По степени устойчивости к высоким температурам термостойкие краски подразделяются на две основные категории: термостойкие краски (условно до 200 °С) выдерживают нагрев, но теряют свойства при контакте с открытым пламенем; огнеупорные краски (от 300 °С и выше) защищают как от нагрева, так и от открытого пламени [2]. К термостойким относятся акриловые, алкидные и часть эпоксидных составов к огнеупорным – кремнийорганические эмали.

Следует отметить, что граница между этими категориями достаточно условна, поскольку современные кремнийорганические составы могут обеспечивать защиту до 1200 °С и выше, что позволяет использовать их в экстремальных условиях.

Область применения указанных выше красок расширяется за счет возможности их использования при высоких и экстремально высоких температурах. Кроме защиты от коррозии в обычных условиях некоторые из лакокрасочных составов сохраняют свои защитные свойства и при высоких температурах и тем самым находят широкое применение в области пожаротушения. Металлические конструкции (опоры, рамы, крепления

трубопроводов) могут подвергаться воздействию высоких температур при пожарах. Применение кремнийорганических термостойких покрытий позволяет: защитить металл от коррозии в условиях повышенной влажности и перепадов температур; сохранить целостность покрытия при кратковременном воздействии пламени; обеспечить визуальный контроль состояния конструкций благодаря стабильности цвета покрытия. Так, например, трубопроводы систем пожаротушения, особенно в промышленных условиях, могут подвергаться нагреву от близкорасположенного оборудования или при аварийных ситуациях. Термостойкие покрытия на основе кремнийорганических смол обеспечивают антикоррозионную защиту и сохраняют работоспособность при температурах до 500–600 °С. Для окраски поверхностей, контактирующих с открытым пламенем, могут применяться кремнийорганические эмали с рабочей температурой до 900 – 1200 °С.

Для качественной защиты изделий подверженных нагреву при эксплуатации важно не только подобрать правильную краску, но и соблюдать технологию ее нанесения на поверхность. В случае нарушения этапов подготовки и нанесения защитных составов нельзя гарантировать качество и долговечность покрытия.

Подготовка поверхности заключается в последовательном проведении следующих мероприятий: удаление ржавчины, окалины, старых отслаивающихся покрытий; очистка поверхности от масел, жиров, пыли и загрязнений; обеспечение шероховатости поверхности для улучшения адгезии [3]. Для термостойких покрытий обычно не требуется применение обычных грунтов, поскольку стандартные грунты имеют значительно более низкую температурную стойкость и могут стать причиной нарушения целостности слоя покрытия. В ряде случаев рекомендуется использование специальных термостойких грунтов, обеспечивающих дополнительную антикоррозионную защиту.

Нанесение термостойких эмалей производится, в основном методами пневматического распыления, кистью или валиком. Любой из выбранных способов должен обеспечивать равномерный по толщине слой без пропусков. Для аэрозольных составов рекомендуется нанесение нескольких тонких слоёв вместо одного толстого, что обеспечивает более равномерное покрытие и предотвращает образование подтёков.

Важным этапом в процессе нанесения термостойких красок является процесс полного отверждения нанесенного покрытия. В настоящее время есть составы, которые образуют порочный слой в процессе высыхания при комнатной температуре, и есть краски, требующие нагрева до 160–200 °С и выдержки в течение 20–30 минут.

Таким образом выбор защитного лакокрасочного покрытия для применения в области пожаротушения должен осуществляться с учетом следующих факторов:

1. Температурный диапазон – покрытие должно выдерживать максимально возможные температуры, которые могут возникнуть в условиях эксплуатации или аварийной ситуации.

2. Адгезия – краска должна обеспечивать надёжное сцепление с конкретным типом металла (углеродистая сталь, нержавеющая сталь, алюминий).

3. Химическая стойкость – покрытие должно противостоять воздействию воды, пенообразователей и других огнетушащих веществ.

4. Скорость и температура полимеризации – в случае нанесения защитных составов на изделия больших размером достаточно трудно создать условия высыхания краски при высоких температурах. В таких условиях лучше применять краски с температурой высыхания 15–20 °С.

Термостойкие краски по металлу представляют собой важный класс лакокрасочных материалов, нашедших применение в различных отраслях промышленности, включая системы пожаротушения. Наиболее перспективными для использования в этой области являются кремнийорганические эмали, способные выдерживать температуры до 1000–1200 °С и противостоять прямому воздействию пламени.

Применение термостойких покрытий в системах пожаротушения позволяет повысить надёжность и долговечность металлического оборудования, обеспечить его антикоррозионную защиту и сохранить работоспособность в экстремальных условиях. Выбор конкретного типа краски должен основываться на анализе температурных режимов эксплуатации, типа защищаемой поверхности и требований к химической стойкости покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таблица параметров термостойких эмалей: [Электронный ресурс] URL: https://emal.su

2. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов: [Электронный ресурс] URL: https://e.lanbook.com.

3. Зарубин, В. П. Влияние способа подготовки металлических конструкций для нанесения огнезащитных материалов на прочность покрытия / В. П. Зарубин, С. М. Хаджиев // Общенаучные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России: Сборник трудов XXXIV Международной научно-практической конференции, Химки, 01 марта 2024 года. – Химки: АГЗ МЧС РФ, 2024. – С. 129-133.

4. Лашкин, М. Д. Разработка активной системы защиты пожарного автомобиля от теплового воздействия / М. Д. Лашкин, И. А. Легкова, В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XX Международной научно-практической конференции, посвящённой 35-й годовщине со дня образования МЧС России, Иваново, 13–14 ноября 2025 года. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС РФ, 2025. – С. 605-611.

5. Лашкин, М. Д. Разработка предложений для термозащиты пожарных автомобилей / М. Д. Лашкин, И. А. Легкова, В. П. Зарубин // Актуальные вопросы эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов: Сборник трудов

Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 20 ноября 2025 года. – Химки: АГЗ МЧС РФ, 2025. – С. 86-91.

УДК 614.84

В. И. Осипчук
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ: ЗАЩИТА СКЛАДОВ ОТ УГРОЗ, СВЯЗАННЫХ С АТАКАМИ БПЛА

В статье рассмотрены современные научно-технические решения для защиты объектов от пожаров, инициированных атаками беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проанализированы особенности развития пожара на крупных складских комплексах (на примере пожаров на складах Wildberries летом 2026 года), характеризующихся высокой удельной пожарной нагрузкой и быстрым распространением горения вследствие сброса зажигательных средств с воздуха. Предложена многоуровневая система противопожарной защиты, включающая средства раннего обнаружения БПЛА (радиолокационные станции, акустические и оптико-электронные системы, радиочастотный мониторинг), радиоэлектронную нейтрализацию угрозы, а также физические барьеры (защитные сетки над уязвимыми участками кровли). Показана интеграция данных решений с традиционными системами автоматического пожаротушения и противодымной защиты. Оценка эффективности системы выполнена с учётом нормативных требований, установленных Федеральным законом № 123-ФЗ и сводами правил СП 485.1311500.2020 и СП 486.1311500.2020.

Ключевые слова: противопожарная защита, система обнаружения БПЛА, пожарный риск, беспилотные летательные аппараты, многоуровневая система защиты.

V. I. Osipchuk

MODERN SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF DEVELOPMENT OF FIRE PROTECTION SYSTEMS FOR FACILITIES: PROTECTION OF WAREHOUSES FROM THREATS ASSOCIATED WITH UAV ATTACKS

The article examines modern scientific and technical solutions for protecting facilities from fires initiated by attacks by unmanned aerial vehicles (UAVs). The analysis focuses on the specific features of fire development in large warehouse complexes (using

© Осипчук В. И., 2026

the example of fires at Wildberries warehouses in the summer of 2026), which are characterized by a high specific fire load and rapid spread of combustion due to the dropping of incendiary devices from the air. A multi-level fire protection system has been proposed, which includes early detection tools for UAVs (radar stations, acoustic and optoelectronic systems, radio frequency monitoring), electronic threat neutralization, and physical barriers (protective nets over vulnerable roof sections). The integration of these solutions with traditional automatic fire suppression and smoke protection systems is demonstrated. The system's effectiveness has been assessed in accordance with the regulatory requirements established by Federal Law No. 123-FZ and the SP code of rules.

Keywords: Fire protection, UAV detection system, fire risk, unmanned aerial vehicles, multi-level protection system.

Традиционные системы противопожарной защиты такие как сигнализация и противодымная вентиляция проектируются под классические сценарии возникновения пожара (треугольник пожара) — короткое замыкание, перегрузка, большое переходное сопротивление, самовозгорание, неосторожное обращение с огнём. Но при рассмотрение современных угроз, включая атаки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с взрывными устройствами, требуются иные меры противопожарной защиты. Включая принципиально иной подход как при первоначальном обнаружении, так и при предотвращении самого попадания источника возгорания на объект.

На примере крупных складских комплексов (в том числе объектов маркетплейсов Wildberries, где летом 2026 года произошли крупные пожары, связанные с попаданием БПЛА) становится очевидной необходимость интеграции в систему противопожарной защиты элементов радиоэлектронной защиты от дронов. Для объектов с высокой плотностью горючей нагрузки (картон, плёнка, упаковка) попадание зажигательного заряда способно вызвать лавинообразное распространение огня. Это требует перехода к концепции «защиты по периметру и над объектом».

С точки зрения экспертизы пожаров при применении традиционной системе, типично фиксируется:

- **крайне короткое время от начала горения до объёмного распространения** — обусловлено высокой удельной пожарной нагрузкой и большой высотой складирования;
- **множественные очаги**, возникающие практически одновременно. Характерный признак сброса зажигательных средств с воздуха;
- **быстрое обрушение конструкций** из-за локального перегрева несущих элементов кровли и ферм.

Это означает, что тушение уже после возгорания будет недостаточно. Необходимо создание системы, которая не допускает возгорания вообще либо локализует угрозу до попадания на горючие материалы.

Современные научно-технические решения для защиты складов предполагают реализацию комплексного подхода, в основе которого лежит многоуровневая система противодействия угрозам, связанным с атаками

беспилотных летательных аппаратов. Основным элементом выступает многоуровневое обнаружение угрозы, которое позволяет своевременно, точно и быстро выявить приближение БПЛА. Для данного подхода система должна включать несколько каналов обнаружения. Радиолокационные станции малой дальности дают возможность вычислять дроны не зависимо от времени и погодных условий на дистанции 1–4км. Такие станции могут быть легко интегрированы в периметр склада. Дополнительную пользу дают акустические датчики, которые будут полезны на дистанциях до 500 м , которые позволят распознать ложные срабатывания, вызванные, например, пролетающими птицами или самолетами. Значимую роль играют оптико-электронные системы, объединяющие камеры и алгоритмы искусственного интеллекта: за счёт компьютерного зрения система способна классифицировать объект БПЛА и определять траекторию и дистанцию его полёта.

Одним из наиболее действенных методов компонентов защиты нейтрализации дронов считается применение технологий радиоэлектронной борьбы. При своевременном подавлении каналов связи и систем спутниковой навигации (GPS) удаётся лишить дрон управления, из-за чего он теряет способность выполнять поставленную задачу. Эффективным направлением считается использование дронов-перехватчиков: автономные аппараты способны либо физически блокировать угрозу, либо сбивать её с курса, в том числе с помощью специальных сетей (например, концепция counter-UAV). Ключевую роль играют физические барьеры. Над крышей здания можно установить сетки из негорючих материалов, которые предотвратят падение зажигательного устройства непосредственно на горючие материалы. Защитные сетки допустимо изготавливать из стальной проволоки либо из композитных нитей, дополнительно обработанных антипиреновой пропиткой, что повышает их устойчивость к воздействию огня и делает конструкцию более надёжной в условиях потенциальной атаки.

События лета 2026 года на складах Wildberries показали, что защита от атак дронов должна стать частью комплексной системы противопожарной защиты. Подход в концепции – обнаружение, нейтрализация, физическая преграда, тушение, локализация позволяет снизить риск возникновения крупных пожаров на объектах с высокой пожарной нагрузкой или стратегически важных и минимизировать ущерб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». - Базовый документ, на который ссылаются при обосновании мер защиты и оценке пожарного риска.

2. СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». - Для части про традиционные системы пожаротушения (спринклеры, дренчеры и т. п.).

3. СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации». - Для обоснования зон защиты и требований к складским объектам. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

4. Макаренко С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. - СПб.: Наукоемкие технологии, 2020. — 204 с.

5. Иванов И. И., Петров П. П. Методы раннего обнаружения БПЛА на промышленных объектах // Системы управления, связи и безопасности. - 2025. - № 3. - С. 45–60.

6. Комплекс обнаружения и нейтрализации БПЛА «Сапсан-Бекас»: техническое описание. - АО «Концерн Автоматика». - URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Автоматика_Сапсан-Бекас_Мобильный_комплекс_обнаружения_и_противодействия_БПЛА?otr=&n_this_page=all] (дата обращения: 26.08.2026).

УДК 621.865.8:531.8

Д. А. Остапук, С. И. Герасименко, Т. М. Мартыненко, О. О. Смиловенко
Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОХОДИМОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРЕПЯТСТВИЯ РОБОТОМ-ШАРОМ

Предложена математическая модель взаимодействия сферического мобильного робота с вертикальным препятствием, описывающая перекатывание оболочки через кромку уступа. Модель позволяет определить предельную высоту преодолеваемого препятствия, необходимое смещение центра масс и минимальный крутящий момент привода. На основе уравнений статического равновесия получены критерии успешного преодоления, учитывающие устойчивость движения и отсутствие опрокидывания. При исходных параметрах робот не способен полностью завершить перекатывание, что согласуется с теоретическими предсказаниями.

Ключевые слова: сферический мобильный робот, математическая модель, проходимость, вертикальное препятствие, центр масс, крутящий момент, устойчивость.

D. A. Ostapuk, S. I. Gerasimenko, T. M. Martynenko, O. O. Smilovenko

ANALYTICAL EVALUATION OF CROSS-COUNTRY ABILITY OF VERTICAL OBSTACLE BY ROBOT BALL

© Остапук Д. А., Герасименко С. И., Мартыненко Т. М., Смиловенко О. О., 2026

A mathematical model of interaction of a spherical mobile robot with a vertical obstacle is proposed, which describes rolling of the shell through the ledge edge. The model allows you to determine the maximum height of the obstacle to be overcome, the required displacement of the center of mass and the minimum torque of the drive. On the basis of static equilibrium equations, criteria for successful overcoming were obtained, taking into account the stability of movement and the absence of overturning. With the initial parameters, the robot is not able to completely complete the rolling, which is consistent with theoretical predictions.

Key words: spherical mobile robot, mathematical model, cross-country ability, vertical obstacle, center of mass, torque, stability.

Сферические мобильные роботы обладают герметичной оболочкой, защищающей внутренние компоненты, и способны перемещаться в любом направлении без переориентации корпуса. Управление движением осуществляется за счет смещения внутреннего центра масс, что создает вращающий момент и заставляет оболочку катиться. Однако практическое применение ограничено низкой проходимостью – способностью преодолевать вертикальные уступы, бордюры и ступени. В отличие от колесных платформ, где проходимость определяется диаметром колеса и клиренсом, для сферического робота решающим фактором является положение центра масс относительно геометрического центра сферы. В данной работе предлагается аналитический метод оценки проходимости, который позволяет на этапе проектирования определить, способен ли робот преодолеть заданное препятствие, а также найти рациональные значения управляющих параметров. Метод не требует полномасштабного динамического моделирования и дает быструю инженерную оценку. Рассмотрим сферическую оболочку радиуса R, катящуюся по горизонтальной поверхности и встречающую вертикальную ступень высоты h (рисунок – схематично).

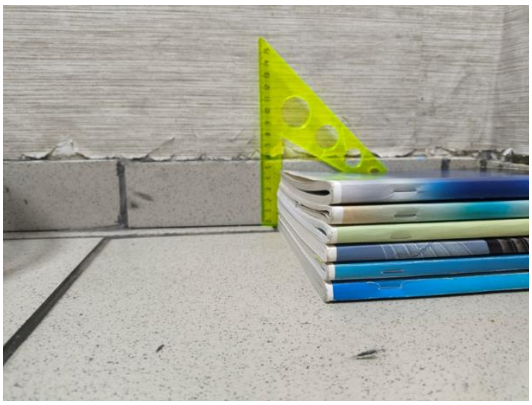


Рисунок. Внешний вид экспериментальной установки для исследования проходимости робота-шара

В момент контакта с кромкой препятствия образуется точка опоры O, относительно которой происходит вращение. Положение центра масс робота (суммарного, включая оболочку и внутренний механизм) задается радиус-вектором $r = (x_c, y_c)$ в системе координат, связанной с центром сферы. Угол

поворота оболочки относительно вертикали обозначим θ. Условие начала вращения относительно кромки имеет вид:

$$M_{\text{прив}} > M_{\text{тяж}} = mg \cdot l \ ,$$

где m – полная масса робота, l – плечо силы тяжести относительно точки O, которое определяется как горизонтальное расстояние от вертикальной проекции центра масс до кромки. В свою очередь:

$$l = \sqrt{(R-l)^2 + x_c^2 \cdot sin(\theta+\varphi) - x_c \cdot cos(\theta+\varphi)} \ ,$$

где φ – угол между радиус-вектором центра масс и вертикалью. Точное выражение зависит от текущего угла наклона. Момент, создаваемый внутренним приводом, передается на оболочку через пару сил и равен $M_{\text{прив}}$ (задается характеристиками двигателя и передаточным механизмом). Для успешного перекатывания необходимо, чтобы на всех фазах движения (от касания кромки до момента, когда центр сферы окажется над верхней плоскостью ступени) выполнялось два условия:

– моментное неравенство $M_{\text{прив}}(\theta) > M_{\text{сопр}}(\theta)$ для всех углов;

– условие отсутствия отрыва – нормальная реакция опоры $N > 0$, что гарантирует сохранение контакта с поверхностью и исключает опрокидывание.

Аналитически N определяется из проекции сил на нормаль к поверхности в точке контакта:

$$N = mgcos(\theta+\alpha) - m\dot{\theta}^2 R \ ,$$

где α – угол наклона поверхности в точке контакта (для вертикальной кромки $\alpha = 0$ на первой фазе, но в процессе перекатывания геометрия меняется). Предельная высота препятствия $H_{\text{пред}}$ находится из условия равенства максимально достижимого момента привода и максимального момента сопротивления (обычно в положении, когда центр масс находится над кромкой). Для заданной высоты h и известного $M_{\text{прив}}$ можно вычислить минимальное необходимое смещение Δx_c (или Δy_c) внутреннего механизма, при котором условие (1) выполняется на всем интервале. Это смещение достигается перемещением подвижного груза внутри робота. В расчетах координаты центра масс определялись методом статического равновесия для фиксированных положений груза, что позволяло построить карту достижимых значений x_c, y_c.

В работе предложена аналитическая модель оценки профильной проходимости сферического робота при встрече с вертикальным препятствием. Модель позволяет рассчитывать предельную высоту преодолеваемой ступени, определять минимально необходимое смещение центра масс и требуемый крутящий момент, а также прогнозировать устойчивость движения (отсутствие

опрокидывания). Для исходных параметров робота установлено, что полное перекатывание через препятствие не достигается, что согласуется с теоретическими предсказаниями. Полученные результаты служат основой для дальнейшей оптимизации конструкции и разработки систем управления движением в условиях неровного рельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Inoue, M. Yamamoto, Y. Mae, T. Takubo, and T. Arai, "'Search balls': sensor units for searching inside rubble," Advanced Robotics, vol. 21, no. 8, pp. 861-878, 2007. DOI: 10.1163/156855307780998430.

2. K. Inoue, Y. Mae, and T. Arai, "Design of search balls with wide field of view for searching inside of rubble," in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA), 2005, pp. 3397-3402.

3. Анализ применения сферических роботов для поиска в завалах / Б.Н. Сухов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24, № 5. – С. 240 – 248.

4. Цурикова Т.С. Анализ функционального состава робота для поиска людей в завалах // Научная сессия ТУСУР-2016: Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Ч. 4. – Томск: ТУСУР, 2016. – С. 79-82.

УДК 621.865.8:531.8

Д. А. Остапук, С. И. Герасименко, Т. М. Мартыненко, О. О. Смиловенко
Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь

ПРИНЦИП РАБОТЫ СФЕРИЧЕСКОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Рассмотрен принцип работы сферического мобильного робота, основанный на изменении положения внутреннего центра масс. Описаны конструктивные особенности устройства, физический процесс перекатывания, способы управления движением и основные режимы функционирования. Показано, что все управляющие воздействия формируются внутри герметичной оболочки за счет перераспределения масс, что обеспечивает высокую защищенность компонентов и устойчивость к опрокидыванию.

Ключевые слова: сферический робот, принцип работы, центр масс, перекатывание, управление движением, маятниковый механизм.

© Остапук Д. А., Герасименко С. И., Мартыненко Т. М., Смиловенко О. О., 2026

D. A. Ostapuk, S. I. Gerasimenko, T. M. Martynenko, O. O. Smilovenko

PRINCIPLE OF OPERATION OF THE SPHERICAL MOBILE ROBOT

The principle of operation of a spherical mobile robot based on changing the position of the inner center of mass is considered. Design features of the device, a physical rolling process, methods of controlling movement and basic operating modes are described. It is shown that all control actions are formed inside the containment due to the redistribution of masses, which ensures high protection of components and resistance to overturning.

Key words: spherical robot, principle of operation, center of mass, rolling, motion control, pendulum mechanism.

Мобильные роботы представляют собой класс автономных устройств, перемещающихся за счет перекатывания сферической оболочки по опорной поверхности. Их отличительная особенность – отсутствие внешних движителей: все оборудование размещено внутри герметичной сферы, а движение обеспечивается смещением внутреннего центра масс. Такая компоновка обеспечивает защиту компонентов от внешних воздействий, устойчивость к опрокидыванию и способность перемещаться в любом направлении без переориентации корпуса. Понимание принципа работы таких устройств необходимо как при проектировании, так и при их эксплуатации. Основным элементом сферического робота является сферическая оболочка, выполняющая одновременно функции корпуса и движителя. Она изготавливается из полимерных материалов, обладает достаточной жесткостью и упругостью, а ее поверхность может иметь рифление для повышения сцепления с опорной поверхностью. Внутри оболочки размещен внутренний модуль, включающий платформу с закрепленными на ней компонентами. Модуль установлен с возможностью поворота относительно геометрического центра сферы. Для обеспечения устойчивого вертикального положения в состоянии покоя центр масс модуля смещен вниз – используется маятниковый подвес.

Механизм смещения центра масс предназначен для целенаправленного изменения положения общего центра масс системы. В простейшем случае это подвижный груз, перемещаемый по направляющей с помощью винтовой или ременной передачи. Перемещение груза вдоль одной или двух осей позволяет смещать центр масс в нужном направлении. Принцип движения сферического робота основан на целенаправленном смещении общего центра масс относительно геометрического центра оболочки. В состоянии покоя центр масс расположен в нижней точке, что обеспечивает устойчивое равновесие. Для начала движения система управления подает команду на привод, который перемещает подвижный груз вперед по направлению предполагаемого движения. При этом общий центр масс также смещается вперед, выходя за пределы вертикальной проекции точки контакта оболочки с поверхностью. Возникает опрокидывающий момент, под действием которого оболочка

начинает катиться вперед. Как только оболочка поворачивается на некоторый угол, центр масс вновь оказывается впереди точки опоры, и движение продолжается. Для изменения направления движения груз смещается в соответствующую сторону – влево или вправо относительно текущего направления. Для торможения груз перемещается назад, создавая момент, противоположный направлению движения. Для полной остановки груз возвращается в нейтральное положение, при котором центр масс располагается непосредственно под геометрическим центром сферы. Особенностью является то, что управление движением осуществляется без внешних воздействий на оболочку. Все управляющие моменты создаются внутри сферы за счет перераспределения масс. Это обеспечивает герметичность и высокую надежность устройства. Управление сферическим роботом реализуется через замкнутый контур. Задающий блок формирует целевые параметры движения: направление, скорость, траекторию. Блок планирования преобразует их в последовательность управляющих воздействий. Контур управления приводом получает задание на перемещение подвижного груза и формирует сигналы для электродвигателей, используя обратную связь от датчиков положения. Сенсорная подсистема непрерывно измеряет текущее состояние робота: угловое положение оболочки, скорость вращения, ускорение, положение груза, ориентацию в пространстве. Данные передаются в блок обработки, где выполняется фильтрация и комплексирование показаний. Результаты оценки поступают в блок планирования и контур управления, замыкая обратную связь.

Сферический мобильный робот может функционировать в нескольких режимах. Режим стабилизации – удержание оболочки в вертикальном положении при внешних возмущениях. Система управления непрерывно отслеживает отклонения и корректирует положение груза. Режим прямолинейного движения – перемещение с заданной скоростью в выбранном направлении. Груз смещается вперед, обеспечивая постоянный опрокидывающий момент. Режим поворота – изменение направления движения за счет смещения груза в боковом направлении. Режим торможения – снижение скорости вплоть до полной остановки. Осуществляется смещением груза назад или возвратом его в нейтральное положение. Режим преодоления препятствий – специальный алгоритм, при котором груз смещается на максимальное расстояние вперед для создания наибольшего управляющего момента. Этот режим используется при встрече с вертикальными уступами и требует повышенного энергопотребления.

В работе изложен принцип работы сферического мобильного робота. Показано, что движение устройства обеспечивается целенаправленным смещением внутреннего центра масс, создающим опрокидывающий момент, под действием которого оболочка катится по опорной поверхности. Описаны конструктивные особенности основных элементов, физическая сущность процесса перекатывания, способы управления и основные режимы функционирования. Материалы статьи могут быть использованы при проектировании новых образцов сферических роботов, при разработке

алгоритмов управления движением, а также в учебном процессе по специальностям робототехники и мехатроники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Inoue, M. Yamamoto, Y. Mae, T. Takubo, and T. Arai, "'Search balls': sensor units for searching inside rubble," Advanced Robotics, vol. 21, no. 8, pp. 861-878, 2007. DOI: 10.1163/156855307780998430.

2. K. Inoue, Y. Mae, and T. Arai, "Design of search balls with wide field of view for searching inside of rubble," in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA), 2005, pp. 3397-3402.

3. Анализ применения сферических роботов для поиска в завалах / Б.Н. Сухов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24, № 5. – С. 240 – 248.

4. Цурикова Т.С. Анализ функционального состава робота для поиска людей в завалах // Научная сессия ТУСУР-2016: Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Ч. 4. – Томск: ТУСУР, 2016. – С. 79-82.

УДК 621.865.8:531.8

Д. А. Остапук, С. И. Герасименко, Т. М. Мартыненко, О. О. Смиловенко
Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОХОДИМОСТИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА-ШАРА

Представлены теоретические исследования проходимости сферического мобильного робота при преодолении вертикального препятствия. Разработана математическая модель взаимодействия оболочки с кромкой уступа, основанная на уравнениях статического равновесия. Получены аналитические зависимости для определения предельной высоты преодолеваемого препятствия, требуемого смещения центра масс и минимального крутящего момента привода. Установлено, что решающим конструктивным параметром является радиальный эксцентриситет центра масс относительно геометрического центра сферы, а не мощность привода. Проведен анализ влияния различных параметров на устойчивость движения и сформулированы условия отсутствия опрокидывания.

Ключевые слова: сферический мобильный робот, теоретическое исследование, вертикальное препятствие, центр масс, эксцентриситет, устойчивость.

© Остапук Д. А., Герасименко С. И., Мартыненко Т. М., Смиловенко О. О., 2026

D. A. Ostapuk, S. I. Gerasimenko, T. M. Martynenko, O. O. Smilovenko

THEORETICAL STUDIES OF MOBILE ROBOT BALL PATENCY

Theoretical studies of the patency of a spherical mobile robot when overcoming a vertical obstacle are presented. A mathematical model has been developed for the interaction of the shell with the shoulder edge, based on static equilibrium equations. Analytical dependencies were obtained to determine the maximum height of the obstacle to be overcome, the required displacement of the center of mass and the minimum torque of the drive. It was found that the decisive design parameter is the radial eccentricity of the center of mass relative to the geometric center of the sphere, and not the drive power. An analysis of the influence of various parameters on the stability of movement was carried out and the conditions for the absence of overturning were formulated.

Key words: spherical mobile robot, theoretical study, vertical obstacle, center of mass, eccentricity, stability.

Сферические мобильные роботы представляют собой перспективный класс автономных систем, способных перемещаться в любом направлении без переориентации корпуса. Герметичная оболочка защищает внутренние компоненты, а симметричная геометрия исключает опрокидывание. Управление движением осуществляется за счет смещения внутреннего центра масс, что создает вращающий момент и заставляет оболочку катиться. Однако практическое применение таких роботов ограничено низкой проходимостью – способностью преодолевать вертикальные уступы, бордюры, ступени. В отличие от колесных платформ, где проходимость определяется диаметром колеса и клиренсом, для сферического робота решающим фактором является положение центра масс относительно геометрического центра сферы. Исследование этой зависимости требует разработки теоретических моделей, позволяющих на этапе проектирования оценить принципиальную возможность преодоления препятствия и определить требования к конструкции. Рассматривается сферическая оболочка радиуса R, внутри которой размещен механизм, позволяющий изменять положение общего центра масс. Робот движется по горизонтальной поверхности и встречает вертикальное препятствие высотой h. Требуется определить условия, при которых возможно полное перекатывание через кромку препятствия, а также найти предельную высоту преодолеваемого уступа в зависимости от конструктивных параметров. Процесс преодоления разделяется на три фазы – движение по горизонтальной поверхности до касания кромки, вращение вокруг кромки с подъемом центра масс и финальное перекатывание на верхнюю плоскость (рисунок).



Рисунок. Основные стадии экспериментального исследования проходимости робота-шара

Для описания процесса используются уравнения статического и равновесия. В каждой фазе рассматривается равновесие моментов относительно точки опоры (кромки препятствия). Условие успешного преодоления записывается в виде:

$$\mathrm{M}_{\text{прив}} > \mathrm{M}_{\text{сопр}} ,$$

где $\mathrm{M}_{\text{прив}}$ – момент, создаваемый внутренним механизмом за счет смещения центра масс, $\mathrm{M}_{\text{сопр}}$ – момент силы тяжести, препятствующий вращению.

Момент силы тяжести определяется полной массой робота m, ускорением свободного падения g и плечом l, которое зависит от текущего угла поворота оболочки θ, высоты препятствия h и координат центра масс. В критической точке, когда центр масс находится над кромкой, плечо максимально. Согласно результатам теоретических исследований, предельная высота препятствия для сферического робота с маятниковым приводом определяется исключительно радиальным расстоянием a от центра сферы до общего центра масс. Аналитически эта зависимость имеет вид:

$$H_{\text{пред}} = R \cdot \left(1 - \sqrt{1 - (a/R)^2}\right).$$

Из этого выражения следует, что при $a = 0$ (центр масс совпадает с геометрическим центром) предельная высота равна нулю, то есть робот не способен преодолеть даже минимальное препятствие. При увеличении a до значений, близких к R, предельная высота стремится к радиусу оболочки. Таким образом, эксцентриситет центра масс является единственным конструктивным параметром, определяющим проходимость. Второе условие – сохранение положительной нормальной реакции опоры на всем интервале движения. Нормальная реакция N определяется из проекции сил на нормаль к поверхности контакта и зависит от угла поворота, скорости вращения и геометрии. Условие $N > 0$ гарантирует отсутствие отрыва оболочки от поверхности и исключает опрокидывание. Это накладывает ограничение сверху на допустимую скорость вращения и позволяет проверить устойчивость проектируемой компоновки. На основе полученных зависимостей проведен анализ влияния различных параметров на проходимость. Увеличение радиуса R при неизменном эксцентриситете a приводит к снижению относительного эксцентриситета a/R и, как следствие, к уменьшению предельной высоты препятствия. Однако абсолютная высота преодолеваемого уступа при этом возрастает. Для сохранения проходимости необходимо увеличивать a пропорционально R. Полная масса m не входит в выражение для предельной высоты, поскольку момент силы тяжести и момент

привода пропорциональны массе. Однако масса влияет на динамические характеристики и требуемый момент привода: чем больше масса, тем больший момент необходим для создания ускорения. Как показал анализ, увеличение максимального момента привода само по себе не позволяет преодолеть препятствие, если эксцентриситет недостаточен. В критической точке момент сопротивления достигает максимума, и при a/R ниже определенного порога даже неограниченный момент не обеспечивает перекатывания, поскольку после прохождения критической точки дальнейшее вращение становится энергетически невыгодным. Коэффициент трения между оболочкой и опорной поверхностью влияет на возможность проскальзывания. Для устойчивого перекатывания без проскальзывания необходимо, чтобы сила трения была достаточной для обеспечения вращения без поступательного скольжения. В теоретической модели предполагается, что условие сцепления выполняется, в противном случае часть энергии привода теряется на проскальзывание, и эффективность преодоления снижается.

В работе проведены теоретические исследования проходимости мобильного робота-шара при преодолении вертикального препятствия. Разработана математическая модель взаимодействия оболочки с кромкой уступа, получены аналитические зависимости для определения предельной высоты препятствия, требуемого смещения центра масс и минимального крутящего момента. Установлено, что решающим конструктивным параметром является радиальный эксцентриситет центра масс, а не мощность привода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Inoue, M. Yamamoto, Y. Mae, T. Takubo, and T. Arai, "'Search balls': sensor units for searching inside rubble," Advanced Robotics, vol. 21, no. 8, pp. 861-878, 2007. DOI: 10.1163/156855307780998430.

2. K. Inoue, Y. Mae, and T. Arai, "Design of search balls with wide field of view for searching inside of rubble," in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA), 2005, pp. 3397-3402.

3. Анализ применения сферических роботов для поиска в завалах / Б.Н. Сухов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24, № 5. – С. 240 – 248.

4. Цурикова Т.С. Анализ функционального состава робота для поиска людей в завалах // Научная сессия ТУСУР-2016: Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Ч. 4. – Томск: ТУСУР, 2016. – С. 79-82.

УДК 378.147

И. А. Пеньков
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

Рассмотрена система автоматической аварийной защиты робототехнических средств пожаротушения как совокупность элементов и устройств, с помощью которых осуществляется контроль и управление за параметрами процессов, протекающих внутри робототехнического средства при воздействии опасных факторов пожара, в том числе лучистого теплового потока.

Ключевые слова: робототехнические средства, нормативная база, система авариной защиты, тепловые потоки, газовая среда пожара.

I. A. Penkov

GENERAL PRINCIPLES OF DESIGNING AN AUTOMATIC EMERGENCY PROTECTION SYSTEM FOR ROBOTIC DEVICES AGAINST THE EFFECTS OF HEAT FLOWS

The system of automatic emergency protection for robotic firefighting equipment is considered as a set of elements and devices that are used to monitor and control the parameters of the processes occurring inside the robotic equipment under the influence of hazardous fire factors, including radiant heat flux.

K**ey words:** robotic equipment, regulatory framework, emergency protection system, heat flux, fire gas environment

Наземные робототехнические средства пожаротушения применяются для различных задач от проведения мониторинга до ликвидации последствий ЧС с элементами аварийно-спасательных работ и пожаротушения [1]. Анализ статистики пожаров с крупным материальным ущербом за период 2020-2025 гг. (рис. 1) показывает актуальность дальнейшего развития новых технологий пожаротушения, в том числе с элементами супервизорного управления [2].

Положительный опыт применения РТС на пожарах позволил выявить ряд конструктивных недостатков у РТС применяющихся в настоящее время в подразделениях МЧС России отсутствие обратной связи по таким параметрам, как угол наклона РТС во время преодоления препятствий и проведения работ по пожаротушению, показателям уровня или наличия жидкости с внешней стороны РТС, а также температурных параметров на корпусе и внутри корпуса

© Пеньков И. А., 2026

РТС вовремя проведения работ по пожаротушению. Отсутствие данных параметров, не только осложняет работу оператора РТС, но и препятствует дальнейшему развитию систем автономного управления или элементов таких систем. Стоит отметить, что в имеющейся нормативной документации по РТС пожаротушения, отсутствуют нормы по предельно допустимым углам статической поперечной и продольной устойчивости, нет температурных пределов по газовые среды пожара или воздействию тепловых потоков, а также предельно допустимым температурам внутри корпуса РТС.

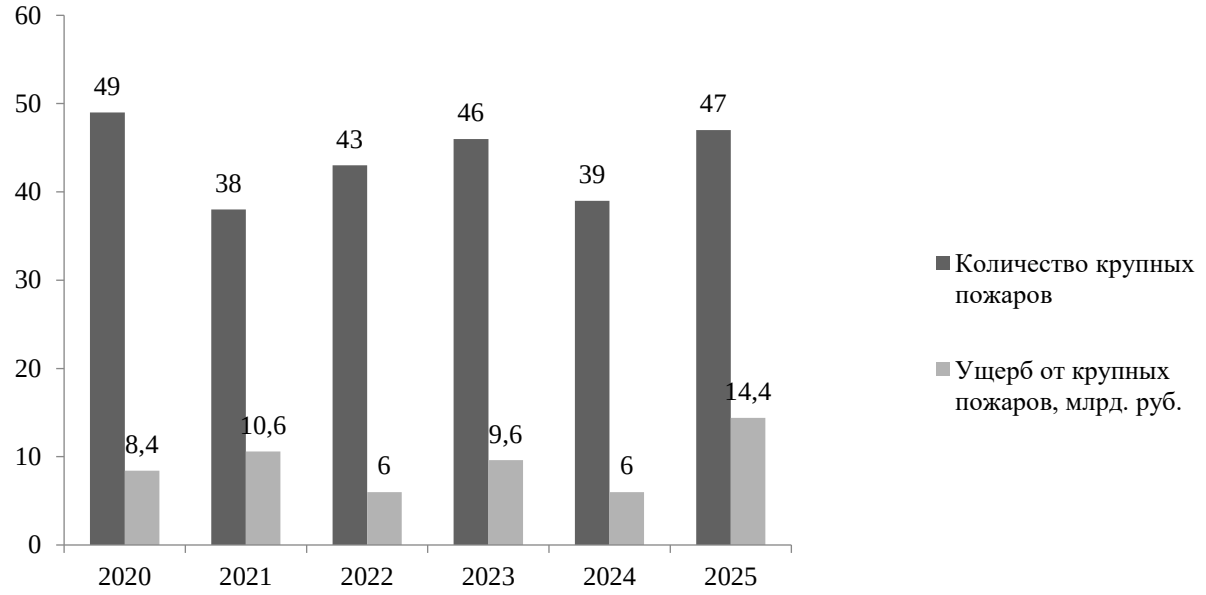


Рис. 1. Пожары с крупным материальным ущербом за период 2020-2025 гг.

Отсутствие нормативных параметров одновременно неудобно как на этапах проектирования и производства робототехнических средств, так как не позволяет заложить необходимую конструктивную прочность, так и на этапе эксплуатации робототехнических средств, так как создаёт сложности при планировании применения робототехнических средств на пожаре.

Таким образом, отсутствие нормируемых параметров по температурным пределам газовой среды пожара или воздействию тепловых потоков, а также предельно допустимым температурам внутри корпуса РТС препятствуют построению системы автономной аварийной защиты с возможностью вывода информации на пульт управления робототехнического средства. Система автоматической аварийной защиты робототехнических средств пожаротушения должна включать в себя совокупность элементов и устройств, с помощью которых осуществляется контроль у управление за параметрами процессов протекающих внутри робототехнического средства при воздействии опасных факторов пожара, в том числе лучистого теплового потока, а так же выдача сигнала с критическими или предаварийными параметрами на пульт управления оператора робототехнического средства для предотвращения наступления аварийной ситуации или повреждения робототехнического

средства. Система автоматической аварийной защиты робототехнических средств должна также проводить анализ предварительного состояния и контроль всех параметров на всех этапах применения. При этом стоит учитывать, что система автоматической аварийной защиты робототехнических средств должна обрабатывать сигнал, поступающий от всех элементов и устройств (индикаторов аварийной или предаварийной ситуации) ы осуществлять выдачу на пульт управления оператора обработанную информацию о причинах и обстоятельствах возникновения отклонений от нормально работы, а не передавать информацию от каждого датчика температуры, угла наклона и т.д.

Система автоматической аварийной защиты робототехнических средств должна включать следующие основные элементы: индикаторы аварийной ситуации (датчики температуры, тепловизоры, датчики угла наклона и т.п.), измерительные преобразователи, устройства сравнения, логические устройства, исполнительные механизмы, задающие устройства. На рис. 2 приведена блок схема системы автоматической аварийной защиты робототехнических средств [3].

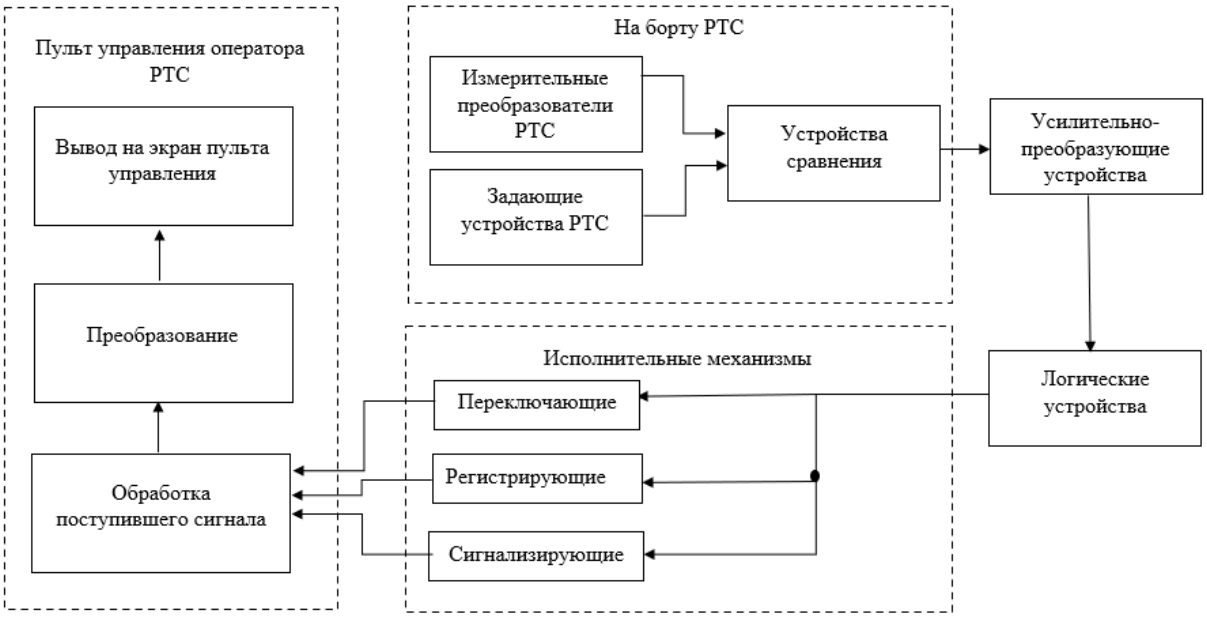


Рис. 2. Блок схема системы автоматической аварийной защиты робототехнических средств

Из схемы видно, что на борту РТС фиксируется текущее положение показателей контролируемых параметров, воспринимаемых преобразователем, которые сравниваются с заданием программы, в которой задаются допустимые пограничные значения, которые в настоящий момент отсутствуют в нормативной документации.

Текущие положения показателей контролируемых параметров после усиления и преобразования направляются в блок исполнительных механизмов, которые могут действовать по трём основным направлениям:

в автоматическом режиме, без непосредственного участия оператора, принять решение и привести в действие произвести изменение режима (например включить орошение РТС, охлаждение, систему вентиляции корпуса, автоматического пожаротушения и т.п.);

при отсутствии возможности принять экстренное действие в автономном режиме, оповестить оператора, подав соответствующий сигнал на пульт управления о достижении контролируемыми параметрами предельных значений (максимальных или минимальных), возникновении опасных режимов работы, причинах наступления данных режимов;

перевести работу РТС в аварийный режим с последующей эвакуацию на безопасное расстояние или в зону безопасной работы (при наличии).

В дальнейшем, развитие нормативной базы по робототехническим средствам пожаротушения должно идти по пути системного анализа с учётом вопросов социально-экономической необходимости и значимости внедрения робототехнических средств в практику пожарных расчётов. Отдельное место стоит уделить вопросам уточнения правильной классификации с учётом резкого роста робототехнических средств и комплексов и вопросом определения параметров расчётными методами и апробации полученных результатов экспериментальным путём.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пеньков, И. А. Компьютерные и робототехнические технологии в обеспечении пожарной безопасности объектов топливно-энергетического комплекса / И. А. Пеньков // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований : Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции, посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Иваново, 26 февраля 2026 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2026. – С. 619-624. – EDN MRDGBH.

2. Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2026. 113 с.

3. Долговидов А. В., Сабинин О. Ю., Теребнев В. В. Автономное пожаротушение: реальность и перспективы //Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан. – 2014.

УДК 614.844

С. Д. Песков, В. Б. Бубнов
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ДЛЯ НУЖД ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Рассмотрена возможность использования технической воды оборотных систем промышленных предприятий в качестве источника противопожарного водоснабжения. Определены условия применимости, требования к сохранению пожарного запаса и качеству воды, предложена методика проверки достаточности объёма оборотной системы. Показаны ресурсосберегающий и экологический эффекты решения.

Ключевые слова: оборотное водоснабжение, техническая вода, противопожарное водоснабжение, пожарный запас воды, градирня, промышленный объект, ресурсосбережение.

S. D. Peskov, V. B. Bubnov

USE OF RECYCLED WATER SUPPLY SYSTEMS AT INDUSTRIAL FACILITIES FOR FIREFIGHTING PURPOSES

The possibility of using process water from recycling systems of industrial enterprises as a source of fire-fighting water supply is considered. The conditions of applicability, the requirements for preserving the fire water reserve and for water quality are determined. A method for checking the sufficiency of the recycling system volume is proposed. The resource-saving and environmental effects of the solution are shown.

Key words: recycled water supply, process water, fire-fighting water supply, fire water reserve, cooling tower, industrial facility, resource saving.

Введение

Промышленные предприятия относятся к крупнейшим потребителям воды, при этом значительная её часть расходуется на охлаждение оборудования и продукции, промывку и другие технологические нужды. Для сокращения водопотребления и сброса сточных вод на предприятиях широко применяются оборотные системы водоснабжения, в которых вода многократно используется в замкнутом цикле, а потери компенсируются подпиткой из внешнего источника.

Одновременно на каждом объекте должна быть обеспечена система противопожарного водоснабжения, рассчитанная на тушение пожара в течение нормативной продолжительности. Традиционно для этого сооружаются отдельные резервуары и подводятся сети питьевого или хозяйственно-

© Песков С. Д., Бубнов В. Б., 2026

питьевого качества, хотя для тушения пожара качество воды питьевых требований не предъявляет. Вместе с тем на территории предприятия уже существуют ёмкости и сети технической воды большого объёма. Их использование в интересах пожаротушения позволяет снизить капитальные затраты, уменьшить забор свежей воды и сократить нагрузку на окружающую среду.

Целью работы является определение условий, при которых техническая вода оборотных систем может безопасно применяться для нужд пожаротушения, и разработка простой методики оценки достаточности её объёма.

Источники технической воды, пригодные для пожаротушения

К источникам, которые теоретически могут быть задействованы в противопожарных целях, относятся бассейны градирен и брызгальных бассейнов, пруды-охладители, ёмкости и трубопроводы оборотных систем охлаждения, очищенные производственные и ливневые стоки, а также продувочная вода оборотных циклов. Основные особенности этих источников приведены в таблице.

Таблица. **Источники технической воды и условия их использования для пожаротушения**

Источник воды	Возможность использования	Основные ограничения
Оборотная система охлаждения (бассейн градирни, холодная линия)	Основной источник; допускается как пожарный резервуар при сохранении противопожарного запаса	Взвеси и биообрастание; реагенты-ингибиторы коррозии; зимний режим
Технологическая вода замкнутых контуров (промывка, гидротранспорт)	Ограниченно, после контроля состава и температуры	Загрязнение маслами, кислотами и щелочами; несовместимость с горящим веществом
Очищенные производственные и ливневые стоки	Как дополнительный (подпиточный) источник резервуаров	Нестабильность расхода; санитарные и экологические требования
Продувочная вода оборотных систем	Для подпитки пожарных ёмкостей, пожарных проездов и пр.	Повышенная минерализация; коррозионная активность

Свод правил допускает использование для целей пожаротушения как искусственных, так и естественных водоёмов, а также объединение противопожарного водоснабжения с производственным при условии выполнения требований к объёму, надёжности и расходам воды. Следовательно, нормативные препятствия отсутствуют, а определяющими

становятся инженерные условия: надёжность подачи, сохранность запаса, качество воды и совместимость с огнетушащими веществами.

Условия применения оборотной воды для тушения

Использование оборотных систем возможно только при одновременном выполнении следующих условий.

Первое – сохранение неприкосновенного пожарного запаса. Технологические насосы должны забирать воду с отметок, расположенных выше уровня пожарного запаса (например, за счёт устройства переливных перегородок или расположения всасывающих патрубков), а пожарные насосы – использовать весь объём, включая запас. Тем самым исключается возможность расходования противопожарного объёма на технологические нужды при аварии и сбоях подпитки.

Второе – надёжность. Подпитка оборотной системы должна осуществляться не менее чем от двух независимых источников, а пожарные насосные станции должны иметь электроснабжение по первой категории надёжности либо резервный привод. Восстановление пожарного объёма после тушения должно выполняться в сроки, установленные нормами.

Третье – качество воды. Для питания пожарных кранов, стволов и мобильной техники допустима вода с повышенным содержанием взвесей и солей, однако для автоматических установок (спринклерных, дренчерных, водяных завес) наличие взвесей и биообрастания приводит к засорению оросителей, поэтому необходимы фильтры, а при необходимости – обособленная подача воды из резервуаров с очищенной водой. Температура и минерализация воды оказывают влияние на кратность и устойчивость пены при использовании пенообразователей, что необходимо подтверждать испытаниями применительно к конкретному пенообразователю. Присутствие в оборотной воде реагентов (ингибиторов коррозии и накипи, биоцидов), масел и нефтепродуктов не должно создавать дополнительной опасности для персонала и пожарных.

Четвёртое – совместимость с горящим веществом. Для технологических зон, где обращаются вещества, вступающие в опасную реакцию с водой, водяное тушение вообще не применяется, и такие участки должны оснащаться специальными средствами пожаротушения.

Пятое – эксплуатационная готовность. Необходимы защита от замерзания в холодный период, регулярные промывки и очистка от отложений, контроль уровня и показателей качества воды, а также обеспечение подъезда и установки пожарной техники.

Методика проверки достаточности объёма оборотной системы

Необходимый объём воды на пожаротушение определяется суммой расходов на наружное, внутреннее и автоматическое пожаротушение и расчётной продолжительностью тушения:

$$W_{пож} = 3{,}6 \cdot t \cdot (Q_{нар} + Q_{вн} + Q_{авт})$$

где $W_{пож}$ – объём пожарного запаса, м³; t – расчётная продолжительность тушения, ч; $Q_{нар}$, $Q_{вн}$, $Q_{авт}$ – расходы воды на наружное, внутреннее и автоматическое пожаротушение соответственно, л/с. Значения расходов и продолжительности принимаются по.

Гарантированный объём оборотной системы, который может быть отнесён к пожарному запасу, составляет:

$$W_{гар} = W_{ём} – W_{тех}$$

где $W_{ём}$ – полезная вместимость бассейна (резервуара) оборотной системы, м³; $W_{тех}$ – объём, необходимый для штатной работы технологических насосов (минимальный рабочий уровень), м³. Решение об использовании оборотной системы принимается при выполнении условия $W_{гар} \geq W_{пож}$.

Пример. Пусть на предприятии $Q_{нар}$ = 40 л/с, $Q_{авт}$ = 30 л/с (внутреннее пожаротушение отсутствует), t = 3 ч. Тогда $W_{пож} = 3{,}6 \cdot 3 \cdot (40 + 30) = 756$ м³. При вместимости бассейна градирни 1200 м³ и минимальном технологическом объёме 300 м³ гарантированный объём составит 900 м³, то есть условие выполняется с запасом около 19 %. Значения приведены для иллюстрации методики и подлежат замене данными конкретного объекта.

При невыполнении условия недостающий объём может быть восполнен дополнительными резервуарами, ёмкостью очищенных стоков либо повышением отметки забора технологических насосов.

Схемные решения

На практике применяются три основные схемы. Первая – использование бассейна градирни как пожарного резервуара с установкой в нём приёмных колодцев и пожарных гидрантов-подъездов для забора воды автонасосами. Вторая – подключение пожарной насосной станции к оборотной системе через отдельные всасывающие линии с постоянным заполнением водой и системой контроля уровня. Третья – комбинированная: основная часть пожарного запаса хранится в оборотной системе, а для автоматических установок предусматривается небольшая обособленная ёмкость очищенной воды с рециркуляцией, что исключает засорение оросителей.

Для всех схем необходимы обратные клапаны и разделительная арматура, исключающие попадание воды из пожарных сетей в технологические контуры и наоборот, а также чёткая маркировка трубопроводов.

Ресурсосберегающий и экологический эффект

Ресурсосберегающий эффект состоит, во-первых, в отказе от строительства и обслуживания отдельных противопожарных резервуаров, объём которых, как в рассмотренном примере, составляет несколько сотен кубических метров. Во-вторых, исчезает необходимость регулярной замены и

пополнения запаса свежей водой, которая обычно закупается у коммунальных или природных источников. В-третьих, использованные для тушения воды остаются в контуре предприятия, что позволяет направить их на очистку и повторное использование.

Экологический эффект связан с уменьшением забора свежей воды из природных объектов, сокращением объёма стоков и снижением риска попадания в водные объекты загрязнённой воды после тушения. Для этого целесообразно предусматривать сбор и отведение вод после тушения в аккумулирующие ёмкости с последующей очисткой, а при проектировании – учитывать требования природоохранного законодательства.

Выводы

Использование технической воды оборотных систем для нужд пожаротушения является технически и нормативно обоснованным решением, если сохранён неприкосновенный пожарный запас, обеспечены надёжность подпитки и электроснабжения, контроль качества воды и совместимость с огнетушащими веществами. Предложенная методика позволяет на стадии проектирования быстро оценить достаточность объёма оборотной системы. Применение решения даёт экономию капитальных и эксплуатационных затрат, сокращает водопотребление и снижает экологическую нагрузку на территорию предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

2. СП 10.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности.

3. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности.

4. СП 484.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.

5. СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*.

6. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение: учебник для вузов / Н. Н. Абрамов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.

7. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. – М.: Изд-во АСВ, 2003.

8. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация: учебник для вузов / В. И. Калицун, В. С. Кедров, Ю. М. Ласков. – М.: Стройиздат, 2000.

УДК 614.841.2

В. И. Попов, А. Н. Песикин, А. Х. Салихова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИВОТНЫХ ПРИ ПОЖАРЕ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Наличие на фермерских хозяйствах различных зданий и сооружений представляет собой значительную пожарную опасность. В системе организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности животноводческих ферм важное место принадлежит планам эвакуации животных на случай возникновения пожара. В текстовой части необходимо четко изложить порядок оповещения о пожаре и вызова пожарных подразделений, действия обслуживающего персонала по эвакуации животных и тушению пожара. В настоящее время разработка плана эвакуации по нормативам не требуется. Разрабатываются инструкции, отработка которых на предусмотрена, следовательно не вырабатываются навыки действий при пожаре.

Ключевые слова: животноводческие здания, пожар, эвакуация животных, эвакуационные выходы, эвакуационные пути.

V. I. Popov, A. N. Pesikin, A. H. Salichova

THE PROBLEM OF ENSURING ANIMAL SAFETY DURING FIRES IN LIVESTOCK BUILDINGS.

The presence of various buildings and structures on farms poses a significant fire hazard. Within the framework of organizational measures to ensure fire safety on livestock farms, a key role is played by evacuation plans for animals in the event of a fire. The text of such a plan must clearly outline the procedures for alerting others to a fire and summoning fire departments, as well as the actions to be taken by staff regarding the evacuation of animals and fire suppression efforts. Currently, there is no regulatory requirement to develop a formal evacuation plan. Instead, instructions are drafted, but since there is no provision for practicing them, staff fail to develop the necessary skills for responding to a fire.

Keywords: livestock buildings, fire, animal evacuation, evacuation exits, evacuation routes.

Введение

Сельскохозяйственное производство, обеспечивающие продовольственную безопасность, является одной из важных отраслей экономики Российской Федерации. К важным и наиболее пожароопасным

© Попов В. И., Песикин А. Н., Салихова А. Х., 2026

объектам сельского хозяйства относятся животноводческие, звероводческие и птицеводческие фермерские хозяйства.

Поголовье скота в России составляло (на конец 2024 года) [1]:

- крупный рогатый скот: 16,4 млн голов;
- коровы: 7,3 млн голов;
- свиньи: 27,8 млн голов;
- овцы и козы: 19,2 млн голов;
- птица: 556 млн голов.

В последние годы в животноводство пришли цифровые технологии. технологии с использованием искусственного интеллекта, роботизированных систем.

Актуальными вопросами являются вопросы обеспечения пожарной безопасности животноводческих, звероводческих и птицеводческих объектов. Особую проблему составляет безопасность животных при пожаре в зданиях ферм.

Безопасность животных при пожаре

Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения классифицируются по виду содержащихся в них животных, птицы и зверей согласно СП 374.1325800.2018[1]:

- крупного рогатого скота;
- свиней;
- овец;
- коз;
- лошадей;
- верблюдов;
- птицы разных видов;
- кроликов;
- зверей разных видов.

В последние годы появляются животноводческие и птицеводческие хозяйства с экзотическими животными. В России создаются страусовые фермы. На фото рис. 1 страусовая ферма «Шартомский страус» в Ивановской области [2]. Кроме страусов на фермерских и личных хозяйствах выращивают буйволов, лосей, крокодилов, улиток, лягушек и других животных.

Современные фермерские хозяйства кроме различных зданий для содержания животных и птиц включают много вспомогательных зданий и сооружений, технологически связанных с производством животноводческой продукции.

[1] СП 374.1325800.2018 Здания и помещения животноводческие, птицеводческие и звероводческие.



Рис. 1. Страусиная ферма «Шартомский страус»

Так, например, здания и помещения для овец различаются в зависимости от их назначения (СП 374.1325800.2018)[1]:

- баранник;
- овчарня для содержания маток при ручной случке;
- овчарня для ягнения маток при цикличном осеменении;
- овчарня для содержания маток с ягнятами (при цикличном осеменении);
- овчарня для ягнения маток и раздельно-контактного выращивания ягнят;
- цех искусственного выращивания и откорма ягнят;
- овчарня для содержания ремонтного молодняка;
- трехстенный навес с тепляком для ягнения маток;
- баз-навес, катон.

Подсобные помещения и здания для овцеводческих ферм включают:

- кормоприготовительные (кормоцех);
- здания и сооружения ветеринарного назначения;
- автовесовая;
- эстакада для погрузки;
- сооружения водоснабжения и электроснабжения;
- раскол для бонитировки овец;
- пункт зооветеринарной обработки овец;
- пожарный пост;
- площадки и навесы для средств механизации;
- навес для рабочих лошадей;
- пункт технического обслуживания и др.

Наличие на фермерских хозяйствах различных зданий и сооружений представляет собой значительную пожарную опасность. Особую опасность представляют помещения содержания животных. В помещениях могут находиться большое количество животных, составляющих несколько тысяч (птичники, помещения содержания свиней и овец и др.). При пожарах в некоторых случаях возникают события с массовой гибелью животных.

16 марта 2022 года на ферме под Ярославлем в пожаре заживо сгорели 106 коров. Пожар уничтожил строения на площади 597 квадратных метров [3].

23 мая 2021 года в деревне Абутьково Зубцовского района Тверской области случился пожар в огне погибли 25 коров и 28 телят [4].

Одним из резонансных пожаров в животноводческой отрасли за последние годы стал пожар на свинокомплексе в селе Александровка Омской области, произошедший 5 сентября 2023 г. В крупном крестьянско-фермерском хозяйстве сгорело два из трех существующих корпусов, погибли почти все находившиеся на ферме свиньи – примерно 4,5 тысячи голов [5].

Такие пожары происходят довольно часто. Примеры пожаров с большим количеством погибших животных свидетельствуют о проблеме обеспечения их безопасной эвакуации из горящих зданий, помещений.

Вопросами обеспечения безопасности животных при пожаре в 70 годах прошлого века занимался Е. Т. Шурин. Шурин Е. Т. защитил диссертацию на тему «Исследования по обеспечению безопасной эвакуации животных при пожаре в зданиях животноводческих комплексов», написано ряд статей, разработаны рекомендации. Автор отмечает важность разработки планов эвакуации: В системе организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности животноводческих ферм важное место принадлежит планам эвакуации животных на случай возникновения пожара. В текстовой части необходимо четко изложить порядок оповещения о пожаре и вызова пожарных подразделений, действия обслуживающего персонала по эвакуации животных и тушению пожара. План эвакуации животных регулярно (не реже 2 раз в год) должны отрабатывать [6].

План эвакуации периодически должен отрабатываться. При этом появляются навыки у обслуживающего персонала объектов. Так при пожаре в Саратовском цирке 10 августа 2021 года из-под купола здания очевидцы увидели густой черный дым, возникла угроза безопасности животных. «Персонал цирка работал очень быстро и спокойно, несмотря на то, что помещения уже были задымлены. Из стационарных вольеров дрессировщики загоняли львов и собак, попугаев в передвижные клетки. Животные держались спокойно, будто понимали всю серьезность ситуации. Один только лев метался по клетке и скалился» [7].

В настоящее время согласно п. 93 Постановления Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»[2] предусмотрена разработка Плана эвакуации только животных из цирка (зоопарка и др.). Для животноводческих зданий и сооружений в соответствии с п. 174 Правил противопожарного режима в Российской Федерации[2] «Для каждого отдельного помещения скотного двора должна быть составлена инструкция для обслуживающего персонала по выводу животных в случае возникновения пожара. Инструкция должна вывешиваться в помещениях скотного двора на видном месте и весь обслуживающий персонал должен быть с ней ознакомлен».

Планы эвакуации животных (для цирков, зоопарков) разрабатываются по образцу, указанном в ГОСТ Р 12.2.143-2002[3] как и для людей (рис. 2).

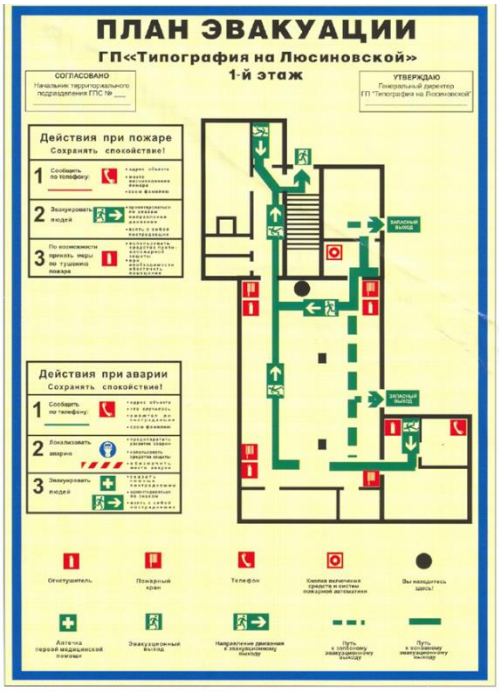


Рис. 2. Образец Плана эвакуации в ГОСТ Р 12.2.143-2002

Пример разработанного плана эвакуации животных из помещений цирка при пожаре представлен на рис. 3. В представленном Плане, как и в образце ГОСТ Р 12.2.143-2002, не указан конкретные лица ответственные за выполнение мероприятий, не указаны место эвакуации животных, не указаны особенности и порядок эвакуации животных и птиц.

[2] Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановления Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479.
[3] ГОСТ Р 12.2.143-2002 ССБТ Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Элементы систем. Классификация. Общие технические требования. Методы контроля.

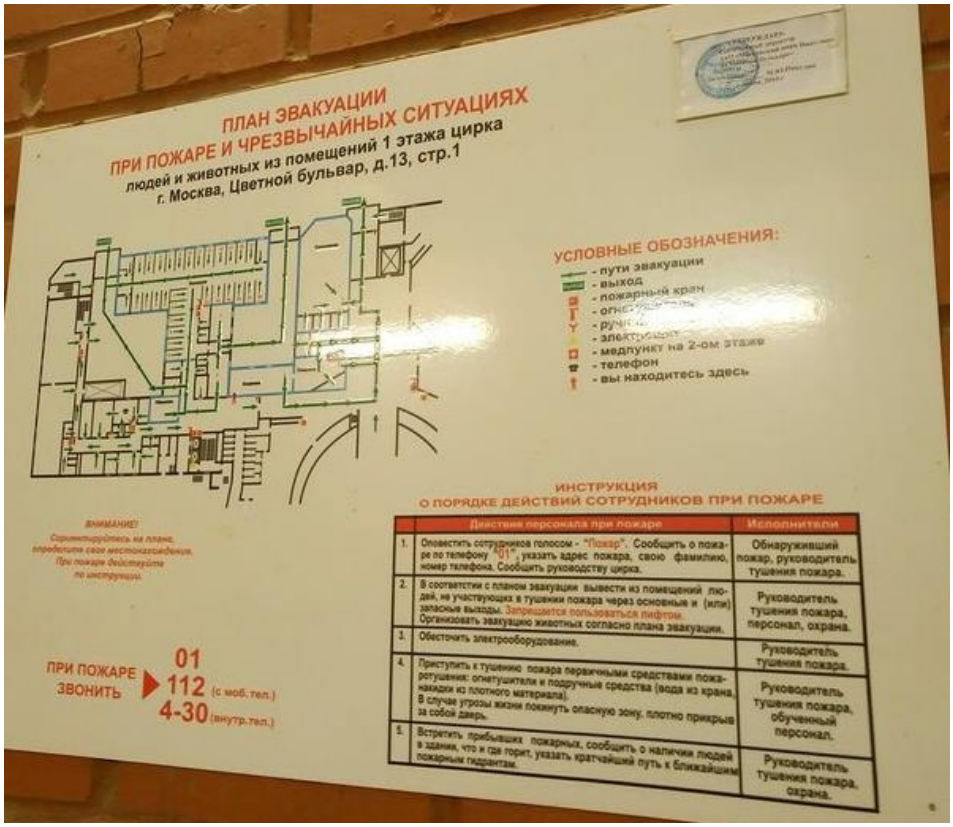


Рис. 3. План эвакуации людей и животных в цирке [8]

Выводы

Для животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий и сооружений должны разрабатываться Планы эвакуации животных при пожаре с указанием особенностей эвакуации, так как животные ведут себя по-разному, некоторые агрессивно при попытках выгона из помещений, многие имеют большой вес и вытащить сложно, даже птицы (страусы) имеют вес более 150 кг, некоторые помещения содержат несколько сотен животных, тысячи птиц.

Целесообразно разработать национальный стандарт «ГОСТ Р План эвакуации животных при пожаре».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство в России: тенденции развития, проблемы, сценарии. https://delprof.ru/press-center/open-analytics/selskoe-khozyaystvo-v-rossii-tendentsii-razvitiya-problemy-stsenarii/#:~:text (дата обращения 24.10.2025).

2. Страусиная ферма в Ивановской области https://mf.b37mrtl.ru/rbthmedia/images/ 2019.08/original/5d5e8a3685600a3d964f95e0.jpg (дата обращения 24.10.2025).

3. «Погибло 106 коров»: на ферме под Ярославлем в пожаре заживо сгорели животные. https://76.ru/text/2022/03/16/ (дата обращения 14.10.2025).

4. В Тверской области в пожаре на ферме погибли коровы с телятами. https://tvernews.ru/news/ (дата обращения 20.10.2025).

5. Четыре тысячи свиней заживо сгорели на ферме под Омском. https://www.omsk.kp.ru/daily/27552/4819270/ (дата обращения 25.10.2025).

6. Шурин Е.Т. Пожарная безопасность на животноводческих фермах. — М.: Колос, 1984.— 63 с., ил.— (Б-чка животновода).

7. Пожар в цирке: «лев метался по клетке и скалился». https://dzen.ru/mchsrussia (дата обращения 25.10.2025).

8. План эвакуации животных. https://fotki.yandex.ru/next/users/firefort/album/232020/view/980487?page=0 (дата обращения 26.10.2025).

УДК 614.843.4

Е. В. Попова, А. Р. Файзуллин
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ НАСАДКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПОЖАРНЫХ МАШИН

В статье рассматривается вопрос разработки универсальной насадки, устанавливаемой на пожарные стволы роботизированной техники, создающие защитный экран. Защитный экран увеличивает сопротивление роботизированной пожарной техники тепловому потоку, тем самым уменьшает вероятность выхода данной техники из строя при ведении боевых действия. Наличие собственного защитного экрана позволяет снижать количество сил и средств привлекаемых для тушения пожара.

Ключевые слова: роботизированная техника, универсальная насадка, защитный экран, тепловой поток, топливно-энергетический комплекс, тушение пожаров.

E. V. Popova, A. R. Faizullin

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL ATTACHMENT FOR PROTECTING ROBOTIC FIRE‑FIGHTING MACHINES

The article examines the issue of developing a universal nozzle that can be installed on the fire hoses of robotic equipment, creating a protective shield. The protective shield increases the resistance of robotic firefighting equipment to heat flux, thereby reducing the likelihood of this equipment failing during combat operations. The presence of its own protective shield makes it possible to reduce the number of forces and resources required to extinguish a fire.

Keywords: robotic equipment, universal attachment, protective screen, heat flux, fuel and energy complex, fire suppression.

© Попова Е. В., Файзуллин А. Р., 2026

Предприятия, входящие в топливно-энергетический комплекс, всегда были объектами повышенной пожарной опасности. Пожары на данных объектах осложнены наличием технологических устройств под высокими напряжениями, а так же большого количества горючих веществ, выделяющих в процессе горения много тепла. Для примера, лишь на объектах нефтяной отрасли за последние 5 лет было выявлено порядка 250 аварий, среди которых: 26 пожаров, 36 выбросов горючих веществ, 35 разрушений сооружений, 71 повреждение и (или) разрушение технологических установок и около 35-ти неконтролируемых взрывов [1].

Учитывая высокую пожарную опасность данных объектов, очень важным является время локализации и ликвидации пожара, при максимальном обеспечении безопасности личного состава пожарной охраны. Всего этого невозможно добиться, не имея на вооружении современных средств тушения пожара [2]. Например, в настоящее время при тушении пожаров в резервуарных парках, при использовании пеноподъемников необходимо производить подачу в начале пены низкой кратности для сбития турбулентного режима горения, а потом подавать пену средней кратности для окончательной ликвидации горения. Для самого пеноподъемника, на всем протяжении тушении пожара, необходимо обеспечить охлаждение его стрелы и устройства подачи огнетушащего вещества. При необходимости подачи стволов на тушение пожара в обваловании резервуара увеличивается риск получить ожоги у личного состава, так как при пожарах в резервуарах наблюдается высокая мощность теплового потока [3].

В настоящее время для решения наиболее сложных и опасных задач, связанных с тушением пожаров, проведением аварийно-восстановительных и поисково-спасательных работ в подразделениях МЧС России применяются наземные робототехнические комплексы различного назначения, выполняющие спектр всевозможных задач. В то же время роботизированные мобильные установки пожаротушения могут единовременно решать только одну задачу, и если одно роботизированное средство осуществляет подачу огнетушащего вещества в очаг горения в непосредственно близости от горящего объекта и подвергается высокому тепловому нагреву, то другое мобильное роботизированное средство, вынуждено, направляется на его охлаждение.

Учитывая вышесказанное, нами в работе была разработана универсальная веерная насадка УВН для пожарных стволов роботизированной мобильной техники. УВН представляет собой трубу, с одной стороны которой имеется утолщение в форме лопатки с углом 60◦. Помимо этого насадка имеет направляющий кран и отверстия для направления потока жидкости. Внешний вид 3-D модели универсальной веерной насадки приведены на рисунке.

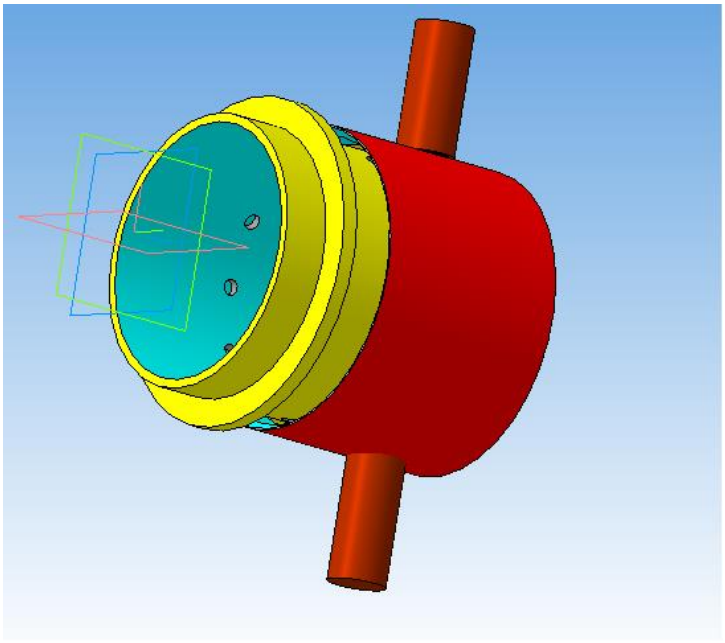


Рисунок. Общий вид универсальной веерной насадки

Соединительные части универсальной веерной насадки УВН с пожарным стволом роботизированной мобильной техники изготавливаются в зависимости от диаметра и существующих соединений пожарного ствола. Предполагается изготовление универсальной веерной насадки из алюминиевого сплава, что позволит выполнить ее в более облегченном варианте, устойчивым к агрессивному воздействия огнетушащих веществ.

Устройство универсальной веерной насадки УВН включает в себя:

– корпус ствола из алюминиевого сплава. Количество технических отверстий определяется в зависимости от диаметра соединительного отверстия, при соблюдении шага в 6,5 мм по периметру насадки с округлением в большую сторону;

– уплотнительное кольцо для герметизации стыка между насадкой УВН и пожарным стволом роботизированного мобильного средства, путем создания преграды между корпусом ствола и крана. Уплотнительное кольцо предполагается выполнять резиновым круглого типа, диаметром не менее 5 мм;

– кран, предназначенный для управления потоком жидкости. Выполнение так же предполагается из алюминиевого сплава. Кран имеет два отверстия для фиксации ручек. Управление крана дистанционное, производится оператором роботизированного мобильного средства. Перевод полонения крана для направления потока жидкости на создание веерного водяного защитного экрана зависит от обстановки на тушении пожара.

При закрытом положении крана, происходит направление подачи огнетушащей жидкости (только вода) через пожарный ствол роботизированного средства. При открытом положении крана, потоки

распределяются таким образом, чтобы огнетушащее вещество (вода) частично заходила в область насадки и формировала веерный защитный экран от теплового излучения. Образование веера происходит следующим образом – жидкость ударяется об лопатку и преобразуется в мелкокапельную субстанцию.

Расчет тактико-технических характеристик разработанной универсальной веерной насадки УВН для пожарных стволов роботизированной мобильной техники показа, что перераспределение потока огнетушащего вещества на создание дополнительного защитного водяного экрана практически не влияет на дальность и расход подачи воды в очаг горения. Получено, что снижение производительности (расхода) ствола составило не более 16,5 %. Ожидаемое снижение дальности подачи воды составляет 5-7 %. При этом фактический расход воды, при использовании двух роботизированных мобильных средств, повысился в 1,7 раз.

Дальнейшее направление исследований по данной тематике предполагает натурные исследования универсальных веерных насадок. При получении схожих с расчетными данными результатов данный вид пожарно-технической продукции может быть рекомендован к внедрению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василькин, В. М. Современные методы анализа риска аварий и пожаров на объектах нефтегазовой отрасли / В. М. Василькин // Вестник науки. — 2025. — Т. 4. — № 4 (85). - С. 902–907.

2. Хафизов, И. Ф. Универсальная насадка пожарных стволов для защиты личного состава и пожарных автомобилей / И. Ф. Хафизов, А. В. Краснов, А. Д. Ключникова // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. — 2026. — № 4. - С. 7–23.

3. Заузанов, М. Н. Проблемы тушения пожаров в вертикальных стальных резервуарах / М. Н. Заузанов, В. А. Бородин // Актуальные вопросы пожаротушения. Сборник материалов Всероссийского круглого стола. — 2020. - С. 50–52.

УДК 614.842.61

С. В. Попова, А. И. Звонарева, Е. В. Фризоргер, В. С. Кириллов
Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ В ПОЖАРОТУШЕНИИ И ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АСР

В статье рассматривается перспективность применения экзоскелетных систем в таких критически важных областях, как пожаротушение и проведение аварийно-спасательных работ (АСР). Актуальность исследования обусловлена возрастающими требованиями к физической выносливости и безопасности пожарных и спасателей, сталкивающихся с тяжелыми условиями труда, высокими нагрузками и риском для жизни.

Ключевые слова: технологии, пожаротушение, эффективность, спасение людей, инновации, экзоскелет, системы.

S. V. Popova, A. I. Zvonareva, E. V. Frizorger, V. S. Kirillov

USE OF EXOSKELETS IN FIRE EXTINGUISHING AND IN RESCUE OPERATIONS

This article examines the prospects of using exoskeletal systems in such critically important areas as firefighting and emergency rescue operations (ASR). The relevance of the study is due to the increasing demands on physical endurance and safety of firefighters and rescuers facing difficult working conditions, high loads and risk to life.

Keywords: technology, firefighting, efficiency, rescue of people, innovation, exoskeleton, systems.

Физическая подготовка пожарных – ключевой фактор успеха в борьбе с огнем и спасении людей. Их сила и выносливость необходимы для выполнения сложных задач в опасных условиях, где требуется полная самоотдача для спасения жизней и имущества. Внедрение "умной одежды" в пожарной службе и МЧС открывает новые горизонты в охране труда и повышении результативности спасательных операций, превращая пожарных из просто защищенных специалистов в интегрированные высокотехнологичные звенья [1].

Одним из перспективных направлений в данной области считается внедрение экзоскелетов для пожарных – устройств, которые усиливают физическую выносливость человека, снижают нагрузку на его опорно-двигательный аппарат и обеспечивают более длительную работоспособность в сложных условиях.

© Попова С. В., Звонарева А. И., Фризоргер Е. В., Кириллов В. С., 2026

Среди ключевых преимуществ экзоскелетов можно выделить [2]:

1. Облегчение переноски тяжелого снаряжения. Экзоскелет снижает нагрузку на позвоночник и суставы, перераспределяя вес пожарного снаряжения (20–40 кг), включающего боевую одежду, дыхательные аппараты и инструменты.

2. Уменьшение физического истощения. Активный экзоскелет помогает компенсировать энергозатраты при выполнении сложных задач, таких как подъем по лестнице, разбор завалов или продолжительные работы по тушению пожаров.

3. Профилактика травматизма. Стабилизируя суставы, экзоскелет минимизирует риск травм спины и коленей, связанных с резкими движениями, подъемом тяжестей и падениями.

Конструкция экзоскелета для пожарного (рис. 1) состоит из двух главных частей: внутреннего ортопедического слоя, который поддерживает опорно-двигательный аппарат и равномерно распределяет нагрузку по телу, а также внешнего защитного слоя, встроенного в боевую одежду и обеспечивающего защиту от опасных и вредных факторов пожара.



а) б)

Рис. 1. Конструкция экзоскелета
а) наружный слой экзоскелета;
б) внутренний слой экзоскелета
1 – каркас с креплениями;
2 – приводы;
3 – датчики;
4 – система управления;
5 – источник энергии;
6 – защитные элементы

В настоящей работе представлены результаты экспериментальной проверки гипотезы о влиянии экзоскилетных систем на продуктивность деятельности пожарных. В рамках исследования группы газодымозащитников, укомплектованные дыхательными аппаратами на сжатом воздухе, выполняли подъем на седьмой этаж, транспортируя грузы различной массы.

В ходе исследования (рис. 2) участники последовательно выполняли ряд заданий. Сначала работа проводилась в стандартных условиях без нагрузки и инновационной экипировки. Затем нагрузка была увеличена: испытуемые переносили манекены весом 27 кг, а на следующем этапе – 44 кг, при этом «умная» спецодежда не применялась. Полученные результаты сопоставлялись с данными из открытых источников, согласно которым использование экзоскелета снижает показатели нагрузки на организм газодымозащитника (включая пульс) на 18–30 % [3].



Рис. 2. Выполнение эксперимента

Результаты проведенных экспериментов приведены в таблице.

Таблица. **Результаты экспериментов**

№ Звена	Давление $P_{нач}$, кгс/см^2	ЧСС	Давление $P_{конеч}$, кгс/см^2	ЧСС	Время включения и выключения	Расход воздуха по каждому газодымозащитнику, л/с
1	260 280 235	101 79 96	220 225 200	172 120 160	12:48-13:00	2,5 2,7 2,3
2	250 260 270	101 79 9	220 220 225	152 152 164	13:04-13:18	2,1 2,2 2,3
3	180 270 270	89 78 97	150 210 220	176 184 140	13:20-13:39	1,1 1,0 1,7
4	260 270 280	89 86 94	240 250 260	114 111 119	13:40-13:49	0,6 0,7 0,6

Ключевым показателем, благодаря которому была выявлена эффективность экзоскелета, стал затрачиваемый расход воздуха. Данный показатель определяет время защитного действия аппарата. Чем выше расход, то есть, тяжелее физическая работа, стресс, тем меньше время работы. При использовании экзоскелета снижаются физические усилия при переноске тяжестей, что способствует стабилизации частоты дыхания и поддержанию среднего расхода воздуха на приемлемом уровне (0,5–0,6 л/с).

Таким образом, при использовании экзоскелета пожарный затрачивает меньшее количество воздуха.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что экзоскелеты значительно повышают безопасность и результативность работы пожарно-спасательных служб. Их преимущества включают уменьшение физического напряжения, предотвращение травм и расширение спектра выполняемых задач. Тем не менее, внедрение экзоскелетов сталкивается с рядом вызовов, таких как обеспечение термостойкости, улучшение эргономики и совместимости с имеющимся снаряжением. Кроме того, требуется дальнейшая доработка для соответствия требованиям работы во взрывоопасных условиях, включая газонаполненную атмосферу и совместимость с дыхательными аппаратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ведяскин, Ю. А. О вопросе необходимости фитнес-программ в деятельности пожарных / Ю. А. Ведяскин, Д. А. Тарасова, Е. Е. Маринич // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. – С. 368–374. – EDN YCYOKR.

2. Использование экзоскелетов пожарными при выполнении тяжёлых видов работ / Д. С. Евтеев, И. С. Фогилев, П. В. Ширинкин, А. В. Хачиров. –Текст: непосредственный // ПОЖАРЫ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ: ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ, ЛИКВИДАЦИЯ – 2025 –№ 3 – С. 32-41.

3. Полина Бардик Пожарные «Норникеля» оценили экзоскелеты в профессиональной деятельности / Бардик Полина. – Текст электронный // Северный город. Новости: [сайт]. – URL: https://news.sgnorilsk.ru/2025/07/14/pozharnye-nornikelya-oczenili-ekzoskelety-v-professionalnoj-deyatelnosti/?ysclid=mph3um9859802811577.

УДК 666.699

Г. А. Пригорелов, А. В. Свиридов, И. В. Сусоева, Д. А. Бобров, Д. М. Имамов
Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С. К. Тимошенко

РАЗРАБОТКА ВСПУЧИВАЮЩЕГОСЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА С ПРИМЕНЕНИЕМ КАОЛИНА

В данной работе рассматривается разработка и исследование свойств нового композиционного вспучивающегося огнезащитного состава, предназначенного для обработки древесины. Состав представляет собой систему, сочетающую неорганическое связующее (силикат натрия), органическое связующее (поливинилацетат, ПВА) и минеральный наполнитель (каолин).

Ключевые слова: огнезащита, вспучивающиеся составы, жидкое стекло, ПВА, каолин, древесина, термическая стойкость.

G. A. Prigorelov, A. V. Sviridov, I. V. Susoeva, D. A. Bobrov, D. M. Imamov

DEVELOPMENT OF AN INTUMESCENT FIRE-RETARDANT COMPOUND USING KAOLIN

This paper considers the development and investigation of the properties of a new composite intumescent fire-retardant compound designed for wood treatment. The compound is a system combining an inorganic binder (sodium silicate), an organic binder (polyvinyl acetate, PVA), and a mineral filler (kaolin).

Keywords: fire protection, intumescent coatings, water glass, PVA, kaolin, wood, thermal stability.

Современное состояние строительной индустрии характеризуется широким применением древесины как экологически чистого и конструкционно эффективного материала. В гражданском строительстве древесина востребована в жилом секторе, а в военном строительстве – для быстровозводимых объектов, полевых укреплений и вспомогательных сооружений [1, 2]. Однако, высокая горючесть древесины и её способность к быстрому распространению пламени создают значительные риски для безопасности людей и сохранности объектов при возникновении пожаров.

В связи с этим, разработка эффективных методов повышения пожарной безопасности древесины является одной из приоритетных задач материаловедения. Традиционно применяемые методы огнезащиты делятся на две основные группы: использование органических полимерных связующих и неорганических силикатных [3].

© Пригорелов Г. А., Свиридов А. В., Сусоева И. В., Бобров Д. А., Имамов Д. М., 2026

Применение существующих огнезащитных составов сопряжено с рядом ограничений. Органические составы на основе поливинилацетатных, акриловых и полиуретановых смол обеспечивают высокую адгезию к волокнистой структуре древесины, однако их эксплуатационные свойства резко снижаются при термической деструкции и потере структурной целостности покрытия в условиях интенсивного горения. В свою очередь, неорганические составы на основе силикатов и минеральных наполнителей характеризуются высокой термостойкостью и способностью формировать термически стабильный защитный слой, но ограничены низкой адгезионной способностью и склонностью к растрескиванию при высыхании [4].

Одним из наиболее перспективных направлений в современной огнезащите является разработка интумесцентных (вспучивающихся) составов. Механизм их действия основан на протекании химических реакций, сопровождающихся выделением газообразных продуктов под воздействием теплового потока. Это способствует формированию пористой термически стабильной структуры, которая обеспечивает эффективную изоляцию поверхности древесины от теплового излучения и доступа кислорода [5].

Разработка эффективного состава требует совмещения характеристик органических и неорганических связующих. Необходимо обеспечить высокую адгезию к подложке (характерную для полимерных систем) и формирование термически стабильного каркаса, устойчивого к давлению выделяющихся газов (характерное для минеральных систем). Введение каолина в состав позволяет регулировать реологические параметры системы и одновременно повысить термостойкость вспученного слоя, предотвращая его разрушение при нагреве [6, 7].

Актуальность обусловлена необходимостью повышения пожарной безопасности деревянных конструкций в гражданском и специальном строительстве. Существующие огнезащитные составы либо обладают недостаточной адгезией (неорганические), либо низкой термической стойкостью (органические). Применение каолина в составе вспучивающихся систем позволяет сформировать устойчивый минерально-полимерный защитный слой, сохраняющий целостность в условиях интенсивного теплового воздействия.

Несмотря на наличие отдельных методов огнезащиты, в научной литературе недостаточно освещены вопросы создания составов, способных обеспечить синергетическое взаимодействие полимерной матрицы и минерального каркаса для стабилизации вспучивающегося слоя.

В данной работе рассматриваются компоненты, предназначенные для вспучивающегося огнезащитного состава. Целью работы является разработка состава «жидкое стекло-ПВА-каолин», который обеспечивает синергизм высокой энергии адгезии полимерной фазы к древесине и термической инертности неорганического компонента.

Механизм действия состава основан на протекании процессов термической деструкции органического связующего и последующем формировании защитного барьера. В данной системе силикат натрия обеспечивает создание высокотемпературного стекловидного каркаса, в то время как поливинилацетат формирует органическую матрицу, обеспечивающую пластичность и прочную связь с волокнистой подложкой. Роль каолина заключается в модификации вязкостных характеристик системы и обеспечении структурной целостности вспученного слоя: в процессе выделения газообразных продуктов деструкции частицы глинистого наполнителя выступают в качестве армирующего элемента, стабилизирующего пористую структуру защитного слоя и повышающего его термическую стойкость.

Экспериментальная часть исследования включала несколько последовательных этапов. На первом этапе была проведена оптимизация компонентного состава, направленная на достижение требуемых реологических и защитных характеристик композиции. Установлено, что содержание каолина оказывает определяющее влияние на вязкость системы: рост его концентрации ведет к закономерному увеличению вязкости композиции. Избыточное содержание поливинилацетата (ПВА) приводит к повышению эластичности покрытия, что, однако, снижает его термическую стабильность при высоких температурах. В свою очередь, преобладание силикатного компонента (жидкого стекла) обуславливает высокую хрупкость защитного слоя и его склонность к растрескиванию в процессе высыхания и термического воздействия. Процесс вспучивания инициируется термической деструкцией поливинилацетатной матрицы. При достижении температур в диапазоне 250–300°C происходит деполимеризация и разрыв макромолекулярных цепей ПВА с выделением летучих продуктов (преимущественно CH_3COOH и H_2O), что описывается следующей схемой:

$$[-CH_2-CH(OCOCH_3)-]_n \xrightarrow{t} CH_3COOH + H_2O + \text{остаточный углеродный каркас.}$$

На основании полученных данных было определено оптимальное соотношение компонентов (масс. %) состава: жидкое стекло – 60 %, ПВА – 10 %, каолин – 20 % и вода – 10 %.

Для получения состава использовали жидкое стекло, произведенное по ГОСТ 13078:СНЖ 4, поливинилацетатную дисперсию, произведенную по ТУ 2242-033-45860602-2011, а также каолин, соответствующий ТУ 57-29-089-00284530-2000.

На следующем этапе проводили подготовку исследуемых образцов древесины сосны (ГОСТ 2140) с контролем показателя влажности. Образцы представляли собой прямоугольные бруски сечением 30×60 мм и длиной 150 мм (допуск по размерам – ±1 мм). Перед обработкой образцы кондиционировали в эксикаторе с насыщенным раствором нитрата цинка при температуре 25 °C.

Полученный огнезащитный состав равномерно наносили кистью на поверхность образцов.

На заключительном этапе проводили испытания на горючесть согласно ГОСТ Р 53292-2009 с использованием установки «керамический короб» [8]. Для обеспечения статистической достоверности результатов испытания проводились на пяти параллельных образцах.

Фото образцов до испытания и после испытания представлены на рисунке, результаты испытания – в таблице.



а б

Рисунок. Фото образцов: а) до эксперимента, б) после эксперимента

Таблица. **Результаты испытания на горючесть образцов древесины**

№ образца	Температура дымовых газов, °С	Время самостоятельного горения, с	Время тления, с	Потеря массы, %
	Расход огнезащитного состава: 300 г/м^2			
1.1	182	0	5	6,6
1.2	184	0	6	5,8
1.3	178	0	3	4,2
1.4	181	0	4	5,4
1.5	180	0	4	5,5
Среднее				5,5

Результаты испытаний в керамическом коробе продемонстрировали высокую пожаробезопасность (огнестойкость) обработанных образцов: средняя потеря массы составила 5,5 % при низких значениях температуры дымовых газов. По среднему значению потери массы полученный в работе состав относится к первой группе огнезащитной эффективности в соответствии с ГОСТ Р 53292-2009.

Установлено, что использование каолина в качестве функционального наполнителя позволяет стабилизировать морфологию вспученного слоя, препятствуя его разрушению под воздействием избыточного давления газов, образующихся при деструкции ПВА.

Таким образом, разработанный состав представляет собой эффективный инструмент обеспечения пожарной безопасности объектов строительства, обладающий необходимым сочетанием адгезионной прочности и термической инертности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асеева Р. М. Горение полимерных материалов / Р. М. Асеева, Г. Е. Заиков. – М : Наука, 1981. – 280 с.

2. Сусоева И. В. Снижение горючести древесно-стружечных плит / Сусоева И. В., Вахнина Т. Н., Егоров В. С. // Сборник материалов научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания». – Иваново. – 2023. – С. 22–25.

3. Кодолов В. И. Замедлители горения полимерных материалов / В. И. Кодолов. – М. : Химия, 1980. – 274 с.

4. Копылов В. В. Полимерные материалы с пониженной горючестью / В. В. Копылов, С. Н. Новиков, Л. А. Оксентьевич; Под ред. А. Н. Праведникова. – М. : Химия, 1986. – 224 с.

5. Горение, деструкция и стабилизация полимеров / под ред. Г. Е. Заикова. – СПб.: Научные основы и технологии, 2008. – 422 с. – ISBN 978-5-91703-002-9.

6. Асеева Р.М, Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства: монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. – 262 с.

7. Панев, Н.М. К вопросу об эффективности индивидуальных антипиренов для древесины и контроле их наличия / Н.М. Панев, А.Л. Никифоров, О.Г. Циркина // Сборник материалов межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов (с международным участием) «Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК-2019)». – Иваново. – 2019. – С. 100-103.

8. ГОСТ Р 53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на её основе. Общие требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 17 с.

УДК 614.841.2.001.2

М. Ю. Принцева, Ю. Н. Бельшина
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, СОВМЕЩЕННЫЙ С ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИЕЙ (ТА/ИК), КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСИНЫ

В работе рассмотрены возможности метода термического анализа, совмещенного с ИК-спектроскопией для исследования поведения древесины при пожаре. Исследованы образцы чистой древесины и древесины, предположительно обработанной огнезащитным составом. Методом термического анализа были получены их термоаналитические характеристики и показаны характерные отличия между этими образцами. Методом ИК-спектроскопии выявлены различия в составе газов, выделяющихся при нагревании образцов. Показано, что совмещенный ТА/ИК анализ позволяет выявить механизм огнезащитного действия и может применяться для исследования древесины с целью обнаружения огнезащитного покрытия на ее поверхности.

Ключевые слова: термический анализ, инфракрасная спектроскопия, ТА/ИК анализ, антипирированная древесина, огнезащитный состав, термоокислительная деструкция, пожарная безопасность.

M. Y. Printseva; Y. N. Belshina

THERMAL ANALYSIS COMBINED WITH INFRARED SPECTROSCOPY (TA/IR) AS A METHOD FOR STUDYING THERMAL OXIDATIVE DEGRADATION OF WOOD

The paper discusses the possibilities of thermal analysis combined with IR spectroscopy to study the behavior of wood in a fire. Samples of clean wood and wood supposedly treated with fire retardant were examined. Thermal analysis obtained their thermoanalytical characteristics and showed characteristic differences between these samples. Infrared spectroscopy revealed differences in the composition of the gases released when the samples were heated. It has been shown that combined TA/IR analysis allows to identify the mechanism of fire-retardant action and can be used to study wood in order to detect a fire-retardant coating on its surface.

Key words: thermal analysis, infrared spectroscopy, TA/IR analysis, antipyrinated wood, fire retardant, thermal oxidative destruction, fire safety.

© Принцева М. Ю., Бельшина Ю. Н., 2026

Широкое использование в строительстве древесины, остающейся одним из самых популярных материалов, требует разработки эффективных огнезащитных составов (ОЗС) позволяющих снижать ее пожарную опасность. В свою очередь возрастает потребность в методах, способных достоверно прогнозировать поведение на пожаре антиперрированной древесины. Эффективность ее огнезащиты напрямую зависит от химических процессов, протекающих при нагреве, поэтому одним из наиболее информативных методов при создании таких методик является термический анализ, совмещенный с ИК-спектроскопией (ТА/ИК). Он позволяет одновременно в реальном времени регистрировать потерю массы образца, тепловые эффекты, происходящие при нагревании и качественный состав выделяющихся газообразных продуктов. Это дает возможность не только показать наличие огнезащитной обработки, но и изучить механизм огнезащитного действия.

Целью настоящей работы состояла в демонстрации возможностей совмещенного ТА/ИК анализа для определения наличия огнезащитной обработки деревянных конструкций и природы использованного ОЗС в целях пожарно-технической экспертизы.

Были изучены два образца древесины, один из которых, представлял собой необработанную (исходную) древесину (образец № 1), другой образец предположительно, был обработан огнезащитным составом неизвестной природы (образец № 2). Для исследований были отобраны пробы с поверхностного слоя образцов на глубине до 1 мм (соскоб), соответствующей, глубине проникновения антипиренов при пропитке древесины [1].

Термический анализ образцов проводился на приборе синхронного термического анализатора NETZSCH STA 449 F3 Jupiter в диапазоне температур 30 до 900 °C, скорость нагрева 20 °C/мин в окислительной атмосфере с расходом 100 мл/мин, применялись карундовые тиглит. Анализ газообразных продуктов проводился на приборе ИК-Фурье-спектрометре ФСМ 1201 с газовой кюветой ТГА 100 из ZnSe. Термоаналитические кривые (ТГ, ДТГ, ДСК) образцов приведены на рис. 1, 2.

Как видно, при нагревании поведение образцов существенно отличается. Разложение (потеря массы 10 %) для образца № 2 начинается при более низких температурах (208°C), чем у чистой древесины (256°C) [3-5]. Это указывает на то, что огнезащитные компоненты инициируют разложение древесины с активным образованием кокса и уменьшением выделения горючих газов. Кроме того, при нагреве до 600 °C образец № 1 практически полностью разлагается, о чем свидетельствует кривая ТГ (рис.1), а образец № 2 теряет только 62,2 % массы. Это также связано с тем, что происходит преимущественно образование коксового остатка. Таким образом, наблюдаемая картина соответствует механизму действия фосфор-азотсодержащих антипиренов, которые катализируют дегидратацию целлюлозы и способствуют процессу коксообразованию [2].

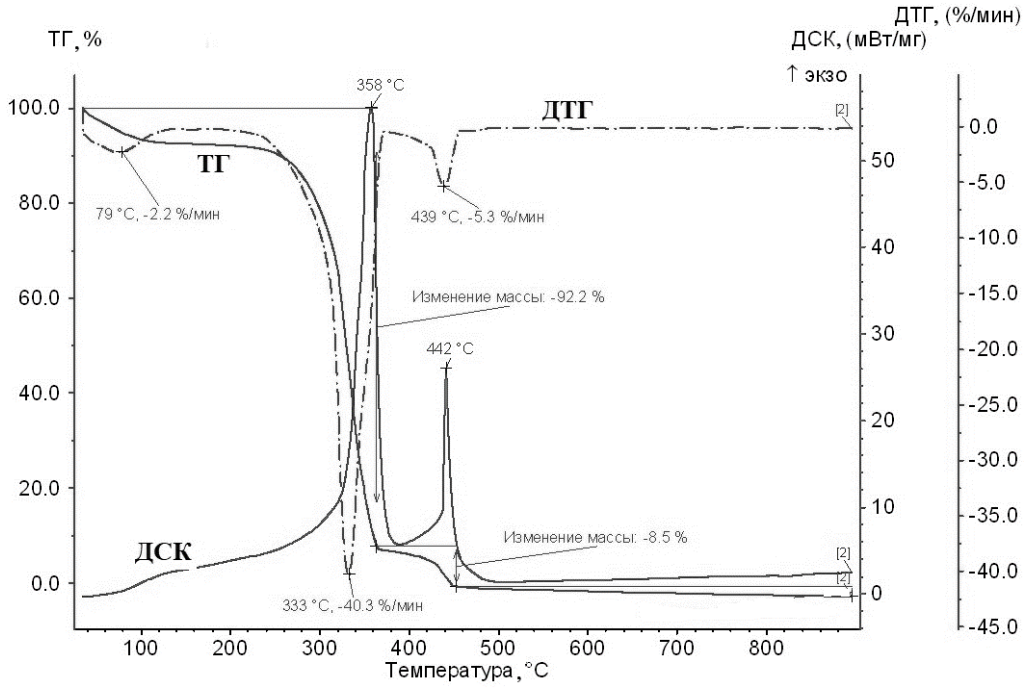


Рис. 1. Термоаналитические кривые образца № 1

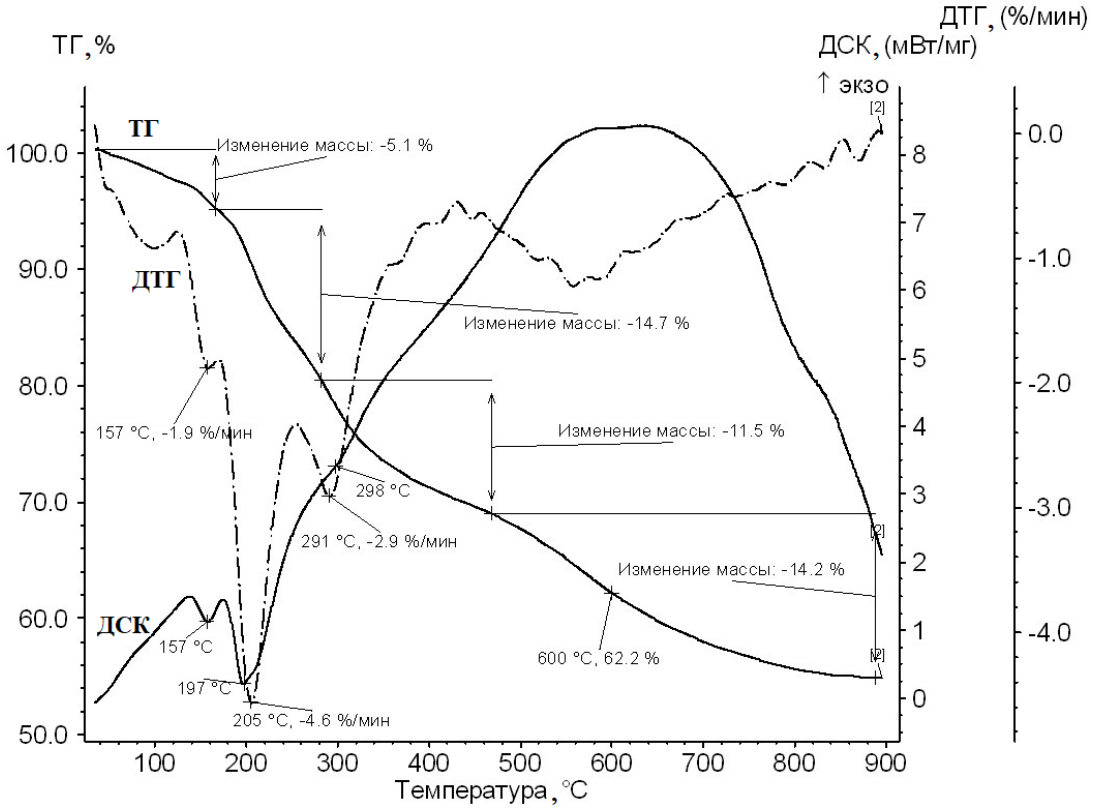


Рис. 2. Термоаналитические кривые образца № 2

ИК-спектры газообразных продуктов термоокислительной деструкции образца чистой древесины и исследуемого образца № 1 представлены на рис. 3-6.

Результаты анализа газообразных продуктов, выделяющихся при термоокислительной деструкции образцов на приборах термического анализа и Фурье-ИК спектрометре в виде 3D-диаграммы представлены на рис. 3, 5.

На рис. 4 представлены ИК-спектры газовых фаз образца чистой древесины, полученные при температурах максимальных скоростей потери массы (при температуре 333 °С и 439 °С). Как видно на ИК-спектре чистой древесины присутствуют полосы поглощения в области 3000–2800 $см^{-1}$ (2895 $см^{-1}$, 2820 $см^{-1}$), отвечающие валентным колебаниям С-Н связей в метильных и метиленовых группах. В области 2380-2320 $см^{-1}$ присутствуют полосы поглощения, относящиеся к углекислому газу (асимметричные колебания (2359 $см^{-1}$, 2324 $см^{-1}$) и деформационные колебания (670 $см^{-1}$) связей О-СО. Полосы поглощения в области 2300–2100 $см^{-1}$ (2173 $см^{-1}$, 2112 $см^{-1}$) относятся к угарному газу (СО). Кроме того, на ИК-спектре газовой фазы образца древесины присутствуют полосы поглощения характерные для связей С=О и С-О в сложноэфирной и карбоксильной группах (полосы поглощения 1744 $см^{-1}$, 1174 $см^{-1}$), а также ароматических структур (полосы поглощения 3011 $см^{-1}$, 1513 $см^{-1}$), образующихся при деструкции древесины. Набор полос поглощения в широком диапазоне 4000–3500 $см^{-1}$ относится к колебаниям в молекуле воды.

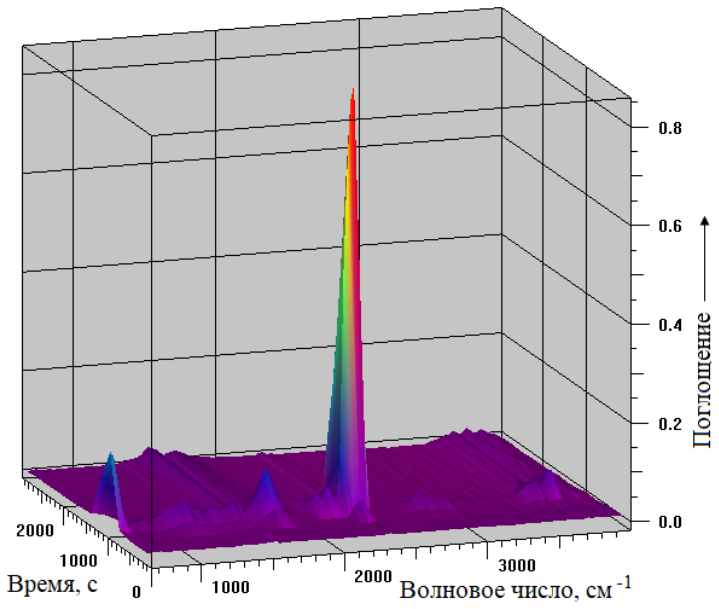


Рис. 3. 3D-диаграмма анализа газообразных продуктов термоокислительной деструкции образца № 1 методом термического анализа. совмещенного с ИК-спектроскопией

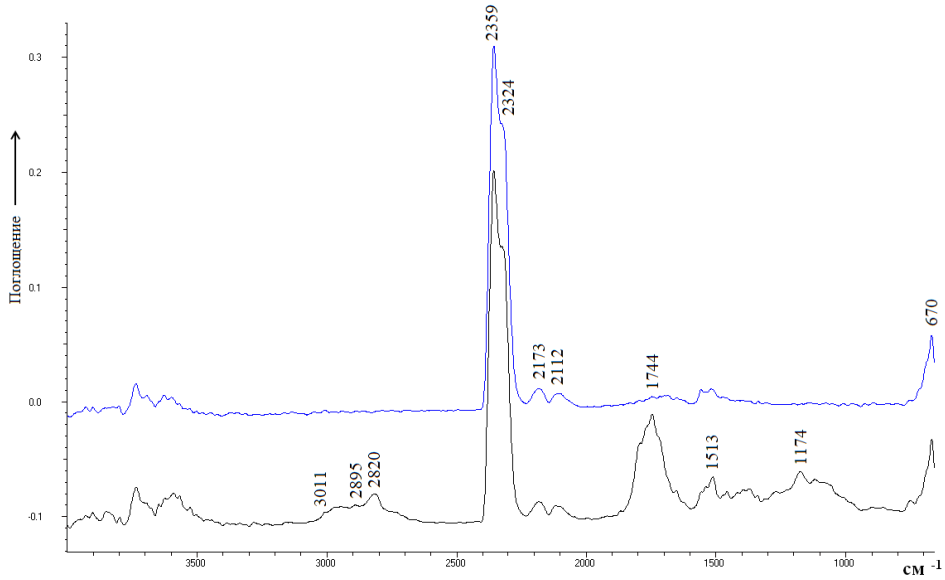


Рис. 4. ИК-спектры газообразных продуктов термоокислительной деструкции образца № 1: 1 –при температуре 333 °С (904 с); 2 –при температуре 439 С° (1241 с)

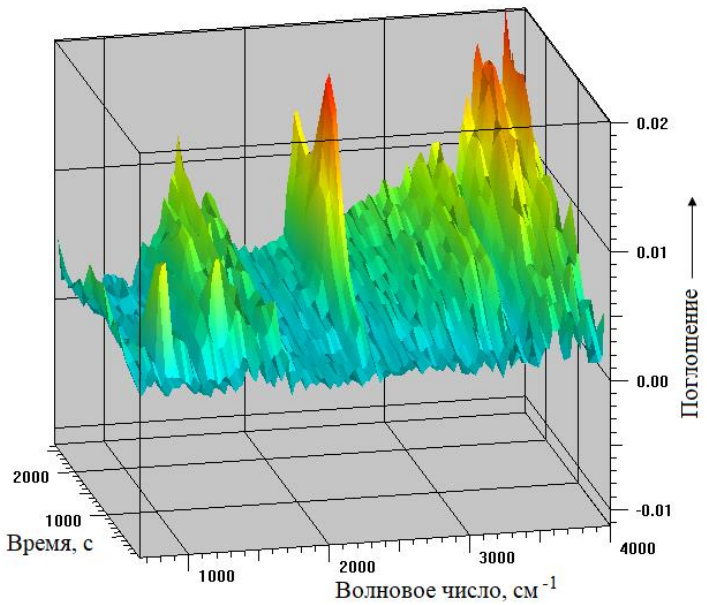


Рис. 5. 3D-диаграмма результатов анализа газообразных продуктов термоокислительной деструкции образца № 2 методом термического анализа, совмещенного с ИК-спектроскопией

На рис. 6 представлен ИК-спектр газовых фаз образца №1, полученный при температурах максимальных скоростей потери массы (205 °С и 291 °С). На ИК-спектрах, снятых при данных температурах, присутствуют только полосы 964, 928 $см^{-1}$, относящиеся к NH_3 [6]. Присутствие данного газа может говорить о наличии в образце №1 солей аммония, которые могут входить в огнезащитные составы. Выделение аммиака разбавляет горючие летучие продукты и снижает их концентрацию в зоне горения, что повышает огнезащитный эффект [7].

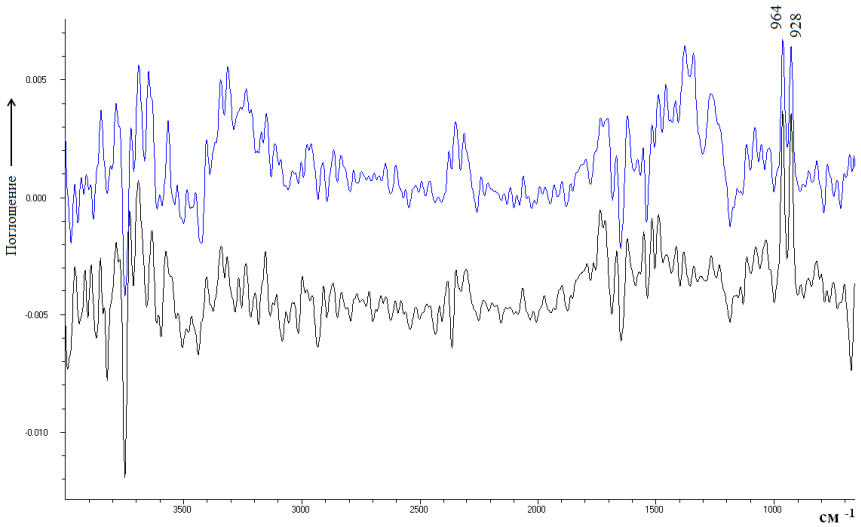


Рис. 6. ИК-спектры газообразных продуктов термоокислительной деструкции образца № 2: 1 –при температуре 205 °С (555 с); 2 – при температуре 291 С° (798 с)

Совокупность полученных данных: увеличение выхода кокса, подавление выхода горючих летучих веществ, выделение аммиака, снижающего концентрацию горючих газов, однозначно указывает на огнезащитную обработку данного образца составом, содержащим соли аммония.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают эффективность применения термического анализа, совмещенного с ИК-спектроскопией (ТА/ИК) для прогнозирования поведения материалов при пожаре. На рассмотренных примерах показано, что метод позволяет не только фиксировать изменения характера термодеструкции (снижение потери массы, увеличение коксового остатка, отсутствие экзотермических эффектов), но и обнаруживать газообразные продукты, указывающие на наличие конкретных компонентов огнезащиты. Совмещенный ТА/ИК анализ может быть рекомендован для использования в практике пожарно-технической экспертизы, а также при разработке и исследовании новых огнезащитных составов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение термического анализа при исследовании и экспертизе пожаров: метод. пособие / Е.Д. Андреева, М.Ю. Принцева, С.А. Кондратьев, И.Д. Чешко. М.: ВНИИПО, 2013. 60 с.

2. Портнов Ф.А. Влияние модификаторов на характеристики пенококса, образующегося при термическом разложении древесины // Пожаровзрывобезопасность, 2018. Т. 27, № 4. С. 24-31.

3. Термогравиметрический анализ древесины кедра сибирского (Pinus sibirica Du Tour) на разных стадиях усыхания, произрастающего в северо-восточной Тыве / Е.А. Артемихина (Тютькова), С.В. Жила, С.С.Кулаков [и др.] // Лесотехнический журнал, 2026. Т.16. №1 (61). С.20-36.

4. Лоскутов С. Р., Шапченкова О. А., Анискина А. А. Термический анализ древесины основных лесообразующих пород средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2015. № 6. С. 17–30.

5. Влияние различных антипиренов на особенности термоокислительного разложения древесины/ И.О. Федотов, А.Б. Сивенков, Ю.К. Нагановский [и др.] // Горение и плазмохимия, 2023. №21. С. 3-16.

6. Maciejewaki M. Eigenmann F., Baiker A. Quantification of the Spectroscopic Signals Recorded in TA-MS, TA-FTIR Systems // Coupling of Thermal Analysis and Gas Analysis. Techniques and Applications. 2001. P. 19-26.

7. Hüseyin Sivrikaya, Muting Wu, Holger Militz. Fire resistance of Scots pine modified with sorbitol, citric acid and fire retardants // European Journal of Wood and Wood Products, 2025. V. 83. P. 127.

УДК 614.849

Е. А. Пылаева
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЯ БЕТОНА УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Рассмотрены физико-химические механизмы влияния астраленов на структуру цементного камня легкого бетона и поведение при высокотемпературном воздействии. Обсуждаются механизмы уплотнения микроструктуры, снижения пористости и наноармирования.

Ключевые слова: бетон, астралены, огнестойкость, остаточная прочность, углеводородный пожар.

E. A. Pylaeva

PHYSICO-CHEMICAL ASPECTS OF NANOMODIFICATION OF CONCRETE WITH CARBON NANOSTRUCTURES TO INCREASE FIRE RESISTANCE

The physico-chemical mechanisms of astralen influence on the structure of cement stone of light concrete and behavior under high-temperature influence are considered. The mechanisms of microstructure compaction, porosity reduction, and nanoarming are discussed.

Keywords: concrete, astrals, fire resistance, residual strength, hydrogen fire.

© Пылаева Е. А., 2026

Легкие бетоны широко применяются в конструкциях зданий и сооружений, где требуется сочетание несущей способности и теплоизоляционных свойств. Вместе с тем повышенная исходная пористость делает их более уязвимыми к высокотемпературному воздействию: при углеводородном пожаре (быстрый рост температуры до 1100 – 1200°С) происходит интенсивная дегидратация, рост внутреннего парового давления и развитие микротрещин.

Наномодифицирование цементных систем углеродными наноструктурами (астраленами) позволяет уплотнять матрицу, снижать долю капиллярных пор и повышать трещиностойкость уже на стадии твердения. Цель работы – анализ физико-химических аспектов взаимодействия астраленов с цементной матрицей легкого бетона и экспериментальная оценка влияния оптимальной концентрации на остаточную прочность при нагреве по углеводородной прямой.

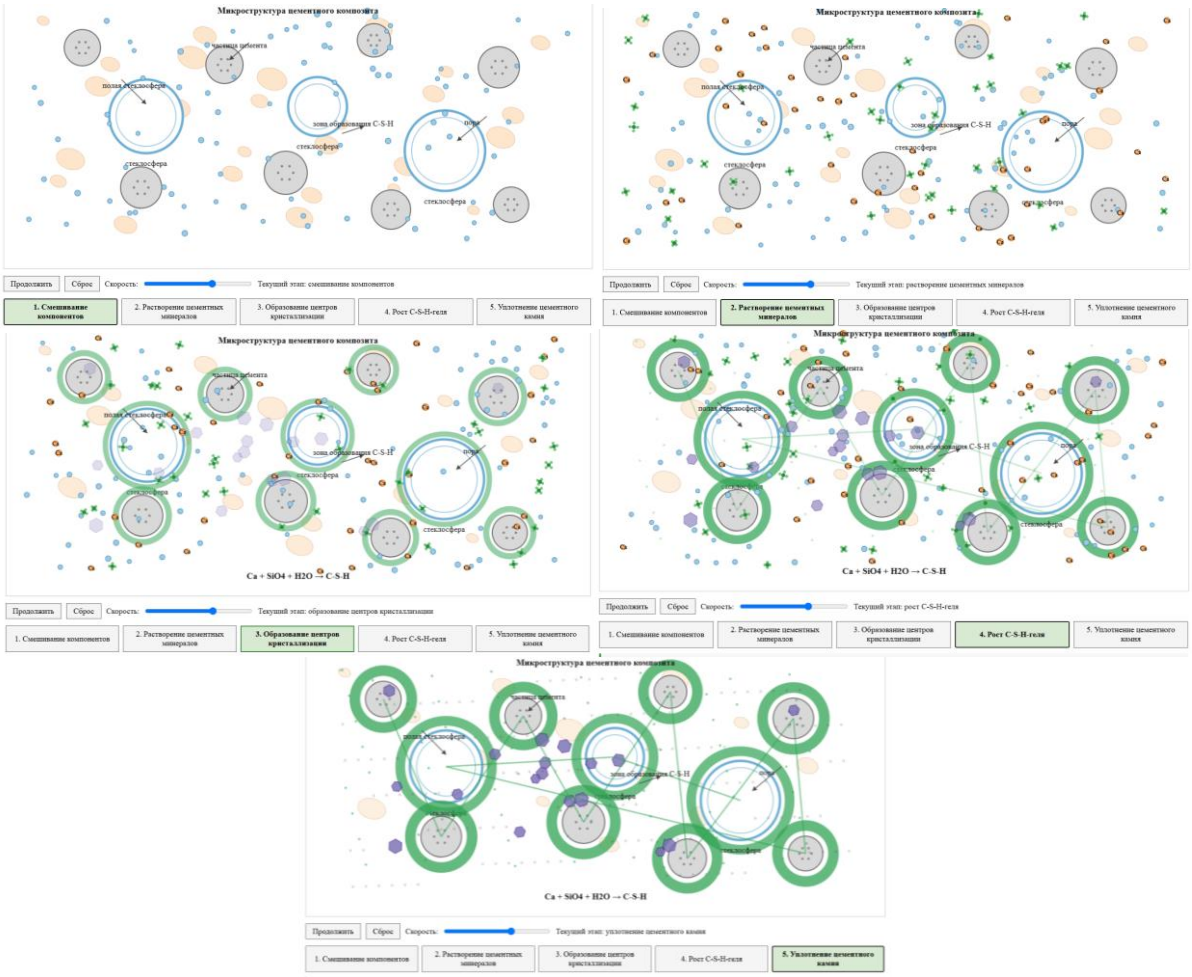


Рисунок. Схематическая модель образования цементного камня

Астралены многослойные фуллероидные частицы 80-150 нм с высокой удельной поверхностью. Их вводили через водную фазу после ультразвукового диспергирования (60 кГц, 30 мин). Образцы 100×100×100 твердели 28 суток. Прочность испытывалась по ГОСТ 10180-2012, нагрев по углеводородной кривой ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 при 300, 400 и 500°С. Исследованы концентрации 0; 0,02 и 0,2 масс.%.

С физико-химической точки зрения астралены выполняют три функции: служат дополнительными центрами нуклеации гидратных фаз (C-S-H); заполнят межпоровое пространство, измельчая поры; при нагреве армируют матрицу на наноуровне, тормозя раскрытие микротрещин. В легком бетоне, обладающем высокой исходной пористостью, эти эффекты проявляются уже при очень малых дозировках.

На рисунке приведены изображения, иллюстрирующие распределение наночастиц и структуру модифицированной матрицы.

Оптимальной концентрацией астраленов для легкого бетона оказалось 0,02 масс.%. При этой концентрации исходная прочность возросла, а остаточная прочность после нагрева до 500°С оказалась на 35-40% выше, чем у контрольных образцов (таблица). Увеличение концентрации до 0,2 масс.% не привело к дальнейшему улучшению характеристик.

Таблица. **Прочность лёгкого бетона при нагреве по углеводородной кривой**

Температура, °С	**Вид бетона**	**Относительная остаточная прочность**
Без нагрева	Контрольный	1,00
	Модифицированный (0,02%)	1,36
500	Контрольный	0,62
	Модифицированный (0,02%)	0,87

Полученный эффект объясняется уплотнением микроструктуры, снижением открытой пористости и повышением трещиностойкости. Астралены создают барьер, замедляющий миграцию влаги и газов, снижают внутреннее паровое давление и препятствуют интенсивному растрескиванию. Наибольший относительный эффект наблюдается в зоне 400–500°С — области интенсивной деградации обычного цементного камня.

Таким образом, физико-химические механизмы действия астраленов (нуклеация, уплотнение, наноармирование) обеспечивает существенное повышение огнестойкости бетона. Введение 0,2 масс.% астраленов рекомендуется для конструкций объектов с риском углеводородного пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю. М. Технология бетона. 5-е изд. М.: Издательство АСВ, 2011. 528 с.

2. Войтович, В. А. Нанонаука. Нанотехнология. Наностройматериалы / В. А. Войтович // Приволжский научный журнал. – 2008. – № 1. – С. 14-20.

3. Дашко Л. В., Синюк В. Д., Владимиров В. Ю. Методы исследования бетонных конструкций после взрыва и последующего пожара // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. №1(65). С. 193-203.

4. Иноземцев, А. С. Прочность наномодифицированных высокопрочных легких бетонов / А. С. Иноземцев, Е. В. Королев // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2013. – Т. 5, № 1. – С. 24-38.

5. Пономарев А. Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологии // Инженерно-строительный журнал. 2009. №6. С. 25-33.

6. Томишко М. М., Демичева О. В., Алексеев А. М. и др. Многослойные углеродные нанотрубки и их применение // Российский химический журнал. 2008. №5. С. 39-45.

7. Tzou H. S., Lee H.-J., Arnold S. M. Smart Materials, Precision Sensors/Actuators, Smart Structures, and Structronic Systems // Mechanics of Advanced Materials and Structures. 2004. Vol. 11. No. 4-5. P. 367-393.

УДК 614.841.411

А. Р. Розанова[1], А. А. Кочетова[1,2], С. Н. Ульева[1], А. Л. Никифоров[1]
[1]Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
[2]ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ВИЗУАЛЬНОГО И СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье проведен сравнительный анализ различных прозрачных покрытий, использующихся для строительных материалов из древесины и её производных. Исследование проводилось при помощи визуального и ИК-Фурье спектрального методов для изучения термических свойств покрытий.

Ключевые слова: древесина, производные древесины, полимерные связующие, огнезащитные составы, ИК-спектр, ИК-Фурье спектроскопия.

© Розанова А. Р., Кочетова А. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., 2026

A. R. Rozanova, A. A. Kochetova, S. N. Ulyeva, A. L. Nikiforov

COMPARATIVE ANALYSIS OF COATINGS OF VARIOUS TYPES OF COATINGS FOR WOODEN BUILDING MATERIALS USING VISUAL AND SPECTRAL RESEARCH METHODS

The article provides a comparative analysis of various transparent coatings used for construction materials made from wood and its derivatives. The study was conducted using visual and IR-Fourier spectral methods to examine the thermal properties of the coatings.

Key words: wood, wood derivatives, polymer binders, fireretardant compounds, IR spectrum, FT-IR spectroscopy.

Современное деревянное домостроение в России переживает этапы фундаментальной трансформации, где технология перекрёстно-клеёной древесины (CLT, клеенного бруса и других производных древесины) выходит далеко за привычные рамки частного загородного деревянного строительства. Перечень объектов, которые строятся из деревянных инновационных материалов, широк: многоквартирные жилые дома, гостиницы, офисы, рестораны, детские сады, образовательные центры, магазины и т.п. Сегодня строительных объект, выполненный из древесины и ее производных, является символом экологической ответственности, здоровья и эстетичности. Обеспечение пожарной безопасности – обязательное условие для функционирования таких зданий [1]. Так, например, 1 апреля 2026 года вступил в силу свод правил СП 549.1311500.2026 «Многоквартирные жилые дома с применением конструкций из древесины и древесных материалов. Требования пожарной безопасности», что ознаменовало переход от индивидуальных специальных технических условий к единым стандартам проектирования деревянных многоквартирных зданий высотой до 15 метров.

Для сохранения эстетичных и декоративных свойств материалов из древесины и ее производных, используемых при строительстве, возможно применение различных типов прозрачных покрытий. Покрытия представляют собой полимерную матрицу с различными функциональными добавками, за счет которых им можно придать, в том числе, огнезащитные свойства. В рамках данного исследования были рассмотрены покрытия на водной и органической основе, широко представленные на розничном рынке, которые представляют собой жидкие лакокрасочные защитно-декоративные покрытия (табл. 1).

Таблица 1. **Свойства исследуемых покрытий**

Вид покрытия	***Свойства***
Резиновые краски	Плотное покрытие с выраженной эластичной пленкой; не пропускает воду, но при этом может оставаться паропроницаемой; хорошая адгезия к дереву; износостойкая, устойчиво к истиранию; эластичность сохраняется в пределах температур от – 40 ˚С до +80 ˚С.

Вид покрытия	***Свойства***
Лаки акриловые	Тонкое прозрачное покрытие, сохраняющее текстуру древесины; устойчиво к влаге; паропроницаемо; хорошая адгезия к дереву; износостойкое, устойчиво к истиранию; выдерживает температуру от – 20 ˚С до +60 ˚С … +80 ˚С.
Акриловый полиол	Тонкое прозрачное покрытие, сохраняющее текстуру древесины; устойчиво к влаге; паропроницаемо; хорошая адгезия к дереву; износостойкое, устойчиво к истиранию; выдерживает температуру от – 20 ˚С до +100 ˚С.
Лаки полиуретановые	Покрытие прозрачное, твердое, эластичное; не пропускает воду; на водной основе – паропроницаемо, на органической основе – герметично; обладает высокой устойчивостью, выше чем у акриловых и алкидных лаков; хорошая адгезия с деревом; выдерживает температуру от – 30 ˚С до +80 ˚С.
Пропитка на основе смеси полиорганосилоксановой и алкидной смолы	Покрытие полупрозрачное, эластичное, немного тонирует древесину, подчеркивая ее текстуру; водоотталкивающее, обладает частичной паропроницаемостью; укрепляет структуру древесины; устойчиво к истиранию; хорошая адгезия с древесиной; устойчиво к перепадам температур, выдерживает температуру – 40 ˚С до +80 ˚С.
Лак на основе поливинилбутираля	Покрытие тонкое, прозрачное, хорошо подчеркивает текстуру древесины, эластичное; чаще используется для декоративных элементов; пленка почти герметична, обладает низкой паропроницаемостью; очень высокая адгезия к древесине; высокая термическая устойчивость, выдерживает температуру от – 40 ˚С до +120 ˚С … +150 ˚С.

С целью изучения поведения защитно-декоративных покрытий для древесины и ее производных при различных температурах авторами использовались два основных метода: визуальный и спектральный.

Визуальный метод наблюдения за изменениями покрытий при различных температурах является стандартизированным способом оценки стойкости покрытия, когда фиксируют как меняется его внешний вид и целостность под воздействием, в нашем случае, высоких температур [2]. Испытанию подвергались пленки, образующие при высыхании более 24 часов. Каждый образец выдерживался при различных температурах в пределах от 60 ˚С до 600 ˚С в муфельной печи марки ПМ-14 с регулятором температуры РТ-1250 Т. После испытания объекты исследования осматривались под стереоскопическим микроскопом МБС-10 и далее проводилась съемка спектров на инфракрасном Фурье-спектрометре ФСМ 1201. Инфракрасные спектры образцов пленок были получены, используя метод таблетирования с бромистым калием.

В данной статье для сравнительного анализа представлены свойства лака акрилового художественного после теплового воздействия (табл. 2).

Таблица 2. **Свойства лака акрилового художественного после теплового воздействия**

Температура воздействия, ˚С	***60***	***100***	***130***	***160***
Фиксация дефектов пленки	Немного желтеет, эластичность, прозрачность сохраняется	Степень желтизны увеличивается, эластичность, прозрачность сохраняется	Степень желтизны увеличивается, эластичность, прозрачность сохраняется	Степень желтизны увеличивается, эластичность теряется, прозрачность сохраняется
Температура воздействия, ˚С	***180***	***200***	***230***	***255***
Фиксация дефектов пленки	Степень желтизны увеличивается до коричневого оттенка, эластичность теряется, прозрачность сохраняется	Степень желтизны увеличивается до коричневого оттенка, эластичность теряется, прозрачность сохраняется	Цвет покрытия - коричневый, эластичность теряется, прозрачность теряется	Цвет покрытия - коричневый, эластичность теряется, прозрачность теряется, структура покрытия разрушается
Температура воздействия, ˚С	***300***	***400***	***500***	***600***
Фиксация дефектов пленки	Цвет покрытия - коричневый, эластичность полностью теряется, структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание	Структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание	Структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание	Структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание

Свойства резиновой краски на основе акрилового сополимера после теплового воздействия представлен в таблице 3.

Таблица 3. Свойства резиновой краски после теплового воздействия

Температура воздействия, ˚С	***60***	***100***	***130***	***160***
Фиксация дефектов пленки	Не желтеет, эластичность сохраняется, покрытие матовое	Не желтеет, эластичность сохраняется, покрытие матовое	Не желтеет, эластичность сохраняется, покрытие матовое	Покрытие становится желтым, эластичность сохраняется

Температура воздействия, ˚С	***180***	***200***	***230***	***255***
Фиксация дефектов пленки	Покрытие становится желтым, эластичность сохраняется	Покрытие становится желтым, эластичность сохраняется	Цвет покрытия – черный, эластичность снижается	Цвет покрытия – черный, эластичность снижается
Температура воздействия, ˚С	***300***	***400***	***500***	***600***
Фиксация дефектов пленки	Цвет покрытия – черный, структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание	Цвет покрытия – белый. Структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание	Цвет покрытия – белый. Структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание	Цвет покрытия – белый. Структура покрытия разрушается, происходит охрупчивание

Анализируя полученные данные следует отметить, что акриловый лак длительное время сохраняется свою прозрачность, при этом начинает терять эластичность при более низких температурах (160 ˚С), чем матовая резиновая краска (230–255 ˚С). Длительное сохранение эластичности и подвижности пленки может стать ключевым фактором для выбора полимерного связующего в огнезащитных составах.

Исследование спектральных данных необходимо для оценки степени термической деструкции покрытия на молекулярном уровне. На рис. 1 и рис. 2 представлены инфракрасные спектры акрилового художественного лака и резиновой краски при температурах воздействия соответственно 60 ˚С и 200 ˚С. При воздействии на образцы теплового воздействия невысокой температуры их исходные инфракрасные спектры не изменяются. В образцах на акриловой основе присутствуют полосы поглощения, относящиеся к метильным и метиленовым группам (2958–2852 $см^{-1}$), деформационным колебаниям С-Н-связей линейных углеводородных фрагментов (1460 $см^{-1}$, 1379 $см^{-1}$). Спектры исследуемых продуктов имеют некоторые различия. Так, например, в спектре акрилового лака художественного присутствует полосы поглощения 1732 $см^{-1}$, 1280 $см^{-1}$, характерные для сложноэфирной группы, при этом в резиновой краске данные полосы либо низкоинтенсивные, либо отсутствуют (рис. 1).

При более высокотемпературном тепловом воздействии на образцы покрытий инфракрасные спектры хорошо демонстрируют наибольшее разрушение лака акрилового художественного и стабильность резиновой краски при 200 ˚С (рис. 2).

В инфракрасном спектре резиновой краски (1) происходит увеличение интенсивности полос в области 1730–1000 $см^{-1}$, что свидетельствует об образовании различных окисленных форм, содержащих связи С-О, тогда как в инфракрасном спектре лака акрилового художественного уже на данной стадии происходит выгорание органической части, на что указывает резкое снижение

интенсивности полос в области 2958–2852 $см^{-1}$, 1000–1200 $см^{-1}$ (вследствие разрушения карбонильных групп).

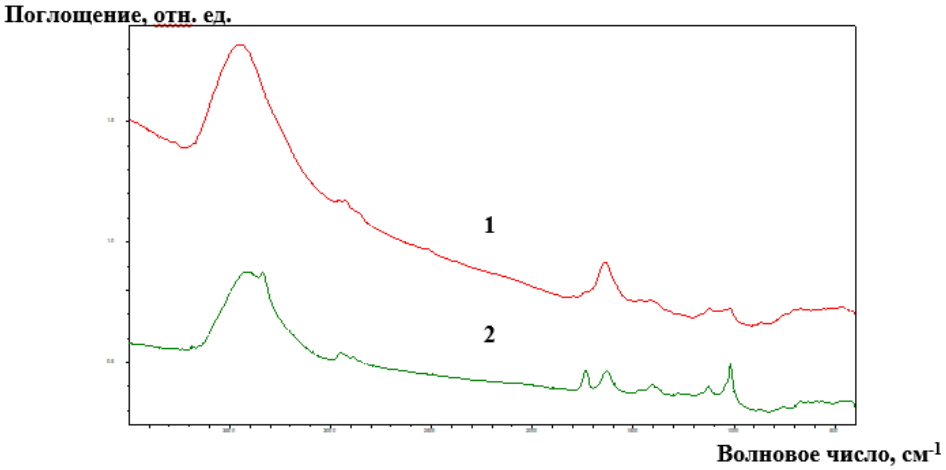


Рис. 1. Сравнение инфракрасных спектров резиновой краски (1) и лака акрилового художественного (2) при тепловом воздействии 60 ˚С

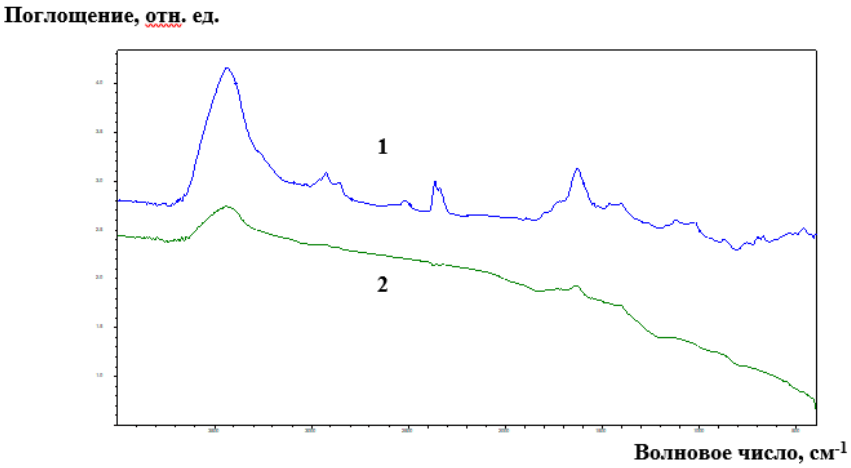


Рис. 2. Сравнение инфракрасных спектров резиновой краски (1) и лака акрилового художественного (2) при тепловом воздействии 200 ˚С

Таким образом, совместное применение визуального и спектрального методов исследования позволяет не только зафиксировать внешние проявления термической деструкции покрытий, но и понять ее механизмы, оценить степень повреждения на разных уровнях (от поверхности до молекулярной структуры) и обоснованно прогнозировать поведение покрытия при дальнейшем нагреве. Такой комплексный подход особенно важен для задач разработки огнезащитных материалов и расследования причин повреждений в реальных условиях (например, после пожара).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочетова, А.А. Обеспечение пожарной безопасности строительных материалов из древесины и ее производных / А.А. Кочетова, Н.М. Панев, С.А. Шабунин, С.Н. Ульева, А.Л. Никифоров // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, 19 октября 2023 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 115-118.

2. Кочетова, А.А. Исследование термической устойчивости полимерных связующих огнезащитных покрытий для древесины и ее производных / А.А. Кочетова, А.Р. Розанова, С.Н. Ульева, С.А. Шабунин, А.Л. Никифоров // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XX Международной научно-практической конференции, посвященной 35-й годовщине со дня образования МЧС России, Иваново, 13–14 ноября 2025 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – С. 293-297.

УДК 699.814

Э. Р. Салимзянов, А. Н. Калайдов, М. М. Данилов, А. Н. Денисов, И. А. Нестеров
ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

ТЕРМОСТОКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Статье рассмотрены термостойкие покрытия как ключевой элемент защиты беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в экстремальных условиях эксплуатации. Описаны основные источники тепловых нагрузок на БПЛА и последствия перегрева конструкции, включая деформацию материалов и риск возгорания аккумуляторов.

Ключевые слова: огнестойкие БПЛА, разведка очага взрыва, пожарная безопасность, термическая защита, ЧС.

E. R. Salimzyanov, A. N. Kalaydov, M. M. Danilov, A. N. Denisov, I. A. Nesterov

HEATRESISTANT COATINGS FOR PROTECTING UNMANNED AERIAL VEHICLES

The article examines heatresistant coatings as a key element of protection for unmanned aerial vehicles (UAVs) in extreme operating conditions. The main sources of thermal loads on UAVs and the consequences of overheating of the structure are described, including material deformation and the risk of battery fire..

© Салимзянов Э. Р., Калайдов А. Н., Данилов М. М., Денисов А. Н., Нестеров И. А., 2026

Keywords: Fireresistant UAVs, reconnaissance of the explosion site, fire safety, thermal protection, emergency situations.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) всё чаще эксплуатируются в экстремальных условиях — от зон пожаров и боевых действий до районов с резкими перепадами температур. В таких сценариях критически важна защита конструкции от перегрева, воспламенения и термической деградации материалов. Термостойкие покрытия выступают одним из ключевых решений: они не только повышают живучесть дрона, но и сохраняют работоспособность электроники, аккумуляторов и композитных элементов. В этой статье разберём, какие типы покрытий применяют для БПЛА, по каким критериям их выбирают и какие перспективные разработки есть сегодня.

Даже при штатной работе беспилотник сталкивается с рядом тепловых нагрузок:

Аэродинамический нагрев. На высоких скоростях поверхность корпуса нагревается из-за трения о воздух.

Внешние источники тепла. Пожары, взрывы, работа вблизи горячих объектов (печи, двигатели, выхлопные газы).

Собственный нагрев. Электродвигатели, аккумуляторы и электроника выделяют тепло, которое может накапливаться в замкнутых отсеках.

Солнечная радиация. В жарком климате прямое солнечное излучение способно сильно нагревать внешние поверхности.

Без защиты эти факторы приводят к размягчению и деформации пластика, потере прочности композитов, деградации клеевых соединений и даже возгоранию аккумуляторов. Термостойкие покрытия решают эти проблемы, работая как тепловой барьер и/или как огнезащитный экран (таблица).

Таблица. **Сравнительный анализ термостойких покрытий**

Название	Плюсы	Минусы	Пример материала	Сложность нанесения	Устойчивость	Стоимость
Керамические покрытия	Высокая термостойкость. Химическая инертность. Долговечность.	Хрупкость. Относительно большой вес. Сложность нанесения на сложные формы.	Оксид алюминия (Al_2O_3). Диоксид циркония (ZrO_2).	Высокая (методы плазменного напыления или золь-гель технологии).	До 1200–1400 °C.	Данные отсутствуют
Полимерные термостойкие материалы	Сохраняют гибкость. Малый вес. Негорючесть и слабое дымление (для ПЭИ).	Более низкий температурный предел по сравнению с керамикой.	Полиэфиримиды (ПЭИ). Полиимиды и полибензимидазолы. Эпоксидные и фенольные смолы.	Относительно низкая (нанесение распылением, окунанием, кистью, интеграция при формовании).	От 245 °C до 300–400 °C (в зависимости от базы).	Данные отсутствуют

Название	Плюсы	Минусы	Пример материала	Сложность нанесения	Устойчивость	Стоимость
Интумесцентные (вспучивающиеся) покрытия	Малый вес в холодном состоянии. Высокая эффективность при пожаре. Простота нанесения.	Ограниченный ресурс (одноразовый эффект). Чувствительность к влажности и УФ-старению.	«Умные» огнезащитные составы.	Низкая (простота нанесения указана в тексте).	Несколько минут при воздействии открытого пламени.	Данные отсутствуют
Металлизированные и отражающие покрытия	Снижают нагрев поверхности от теплового излучения.	Требуют комбинирования с другими слоями.	Тонкие слои алюминия. Слои серебра. ИК-отражающие пленки.	Умеренная (нанесение пленок поверх полимеров).	Зависит от базового слоя (отражают часть излучения).	Данные отсутствуют

1. Керамические покрытия

Данный тип защиты отличается способностью выдерживать экстремально высокие температуры, достигающие пределов 1200–1400 °C. Керамика обладает крайне низкой теплопроводностью, однако ее широкое применение ограничивается механической хрупкостью и существенным увеличением общей массы конструкции аппарата. Для защиты БПЛА преимущественно используются тонкие керамические слои, которые наносятся с помощью плазменного напыления или золь-гель технологий. Основные узлы для применения: обтекатели, участки вблизи выхлопных систем, а также элементы, непосредственно подверженные риску воздействия открытого пламени.

2. Полимерные термостойкие материалы

Оптимальное решение для легких беспилотников, так как полимерная база позволяет сохранить гибкость конструкции при малом итоговом весе. В этой категории выделяют несколько направлений:

• Полиэфиримиды (ПЭИ): Современные отечественные разработки позволили получить модифицированные ПЭИ с температурой плавления до 245 °C. Материалы являются негорючими, слабо дымят и демонстрируют высокую стойкость к химическим воздействиям и УФ-излучению.

• Полиимиды и полибензимидазолы: Способны выдерживать длительные термические нагрузки в диапазоне 300–400 °C, сохраняя свои прочностные характеристики даже при интенсивном термоциклировании.

• Смолы: Эпоксидные и фенольные смолы с добавлением термостабилизаторов используются в качестве защитных лаков или связующих компонентов в композитных материалах.

Процесс нанесения технологичен: составы наносятся распылением, окунанием, кистью или внедряются в деталь на этапе ее первоначального формования.

3. Интумесцентные (вспучивающиеся) покрытия

Относятся к классу «умных» огнезащитных составов. Механизм действия заключается в многократном увеличении объема при нагреве, в результате чего формируется пористый теплоизоляционный слой. Этот барьер эффективно замедляет прогрев базовой конструкции, обеспечивая защиту на несколько минут при прямом контакте с огнем. Целевые зоны нанесения: аккумуляторные отсеки, электронные модули и топливные баки. Существенными минусами технологии являются ее одноразовое действие, а также высокая чувствительность к влажности и старению под воздействием ультрафиолета, что требует регулярного обновления защиты.

4. Металлизированные и отражающие покрытия

Представляют собой тонкие слои алюминия, серебра или специализированные пленки, отражающие инфракрасное излучение. Их главная задача — снижение нагрева поверхности за счет отражения части теплового потока. Покрытия показывают высокую эффективность в условиях интенсивной солнечной радиации или при полетах вблизи раскаленных объектов. На практике их чаще всего комбинируют с другими материалами, нанося отражающую пленку поверх термостойкого полимерного слоя.

Тонкие слои алюминия, серебра или специализированные ИК-отражающие плёнки отражают часть теплового излучения, снижая нагрев поверхности. Такие покрытия особенно полезны в условиях интенсивной солнечной радиации или при работе вблизи горячих объектов.

Часто их комбинируют с другими слоями — например, отражающая плёнка поверх термостойкого полимера.

Критерии выбора покрытия для БПЛА:

При подборе термостойкого покрытия учитывают:

Температурный режим. Максимальная рабочая температура и длительность воздействия тепла.

Вес и аэродинамика. Покрытие не должно существенно увеличивать массу и нарушать обтекаемость.

Механическая прочность. Устойчивость к вибрациям, ударам, истиранию и перепадам давления.

Совместимость с материалами корпуса. Адгезия к композитам, пластикам, металлам; отсутствие химической несовместимости.

Условия эксплуатации. Влажность, солевой туман, пыль, УФ-излучение, химические реагенты.

Технологичность нанесения. Возможность серийного производства, ремонтопригодность, требования к оборудованию.

Стоимость и доступность. Баланс между эффективностью и экономикой проекта.

Для лёгкого разведывательного дрона, работающего в пустынной зоне, оптимальны тонкие полимерные покрытия с ИК-отражением. Для тяжёлого аппарата, предназначенного для разведки в зоне пожара, потребуются керамические вставки на критических узлах и защита электроники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасность: Федеральный закон № 123-ФЗ: текст с изменениями и дополнениями на 2026 год : [принят Государственной думой 4 июля 2008 года : одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. – Москва: Проспект, 2026. – 160 с.

2. ГОСТ Р 59517-2021. Беспилотные авиационные системы. Классификация и категоризация: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 мая 2021 г. № 396-ст: введен впервые: дата введения 2021-06-01. – Москва: Российский институт стандартизации, 2021. – 16 с. – Текст: непосредственный.

3. ГОСТ Р 59637-2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 24.08.2021 № 791-ст: дата введения 2021-09-01. – Москва: Российский институт стандартизации, 2021. – 12 с. – Текст: непосредственный.

4. СП 433.1325800.2019. Огнезащита стальных конструкций. Правила производства работ : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 мая 2019 г. № 290/пр : дата введения 2019-11-25. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 22 с.

5. СП 542.1325800.2024. Защитные ограждающие конструкции от беспилотных летательных аппаратов. Правила проектирования: свод правил: издание официальное: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации в 2024 г. – Москва, 2024.

УДК 620.17:620.178

А. Н. Салихьянова, Ю. А. Ведяскин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОГНЕСТОЙКОСТЬ И ВЫНОСЛИВОСТЬ: КАК МИНУТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЯ СТАНОВЯТСЯ МИНУТАМИ РАБОТЫ ПОЖАРНОГО

В данной статье рассматривается взаимосвязь между нормативными показателями огнестойкости зданий (REI) и тактической подготовкой пожарных подразделений. Анализируется, как параметры устойчивости конструкций определяют временные рамки проведения спасательных операций. Особое внимание уделено тому, как технические требования к объектам трансформируются в сценарии

© Салихьянова А. Н., Ведяскин Ю. А., 2026

тренировок, где физическая подготовка личного состава выступает ключевым фактором эффективности наряду с конструктивной надежностью здания.

Ключевые слова: огнестойкость, REI, физическая подготовка пожарных, газодымозащитник, тепловой стресс, тренировочные сценарии, профессиональная работоспособность

A. N. Salikhianova, Yu. A. Vedyaskin

RESISTANCE AND RESILIENCE: HOW MINUTES OF A BUILDING'S STABILITY BECOME MINUTES OF A FIREMAN'S WORK

This article examines the relationship between the regulatory fire resistance ratings of buildings (REI) and the tactical training of firefighting units. It analyzes how the stability parameters of structures determine the timeframes for rescue operations. Special attention is paid to how technical requirements for facilities are transformed into training scenarios, where the physical fitness of personnel is a key factor in effectiveness, along with the structural reliability of the building.

Keywords: fire resistance, REI, physical fitness of firefighters, smoke-breathing protection specialist, heat stress, training scenarios, professional performance.

Огнестойкость конструкций — это не просто сухие индексы вроде REI 60 или REI 120. Эти показатели для пожарного служат критическим временным лимитом. Аббревиатура REI (несущая способность, целостность, теплоизоляция) в сочетании с цифрами определяет, сколько минут у спасателей есть до того, как здание станет смертельной ловушкой.

Если подготовка личного состава оторвана от этих нормативов, риск невыполнения задачи многократно возрастает. Как же превратить строительные стандарты в основу для тренировочного процесса, чтобы физическая подготовка пожарного стала прикладным инструментом, а не формальным набором упражнений?

Подготовка личного состава газодымозащитной службы - вид деятельности, обеспечивающий получение и совершенствование профессиональных знаний, практических умений и навыков, необходимых для выполнения служебных обязанностей в сфере газодымозащитной службы [1].

Согласно СП 2.13130.2020, показатель огнестойкости конструкции определяет не её негорючесть, а время (в минутах), в течение которого она сохраняет свои функции в условиях стандартного пожара. Методика испытаний по ГОСТ 30247.1-94 заключается в проверке образца в печи, имитирующей интенсивный рост температуры при реальном возгорании.

Классификация по времени сопротивления огню:

- 15–30 мин: элементы заполнения проемов (двери, окна, перегородки) — наиболее уязвимые участки.
- 45–60 мин: стандартные стены и перекрытия жилых зданий, обеспечивающие время для эвакуации.
- 90–120 мин: несущие конструкции и противопожарные преграды в промышленных и высотных объектах.
- 150+ мин: объекты повышенной опасности (АЭС, тоннели), где требуются экстремальные показатели защиты [2].

Жесткий временной лимит для работы звена ГДЗС задает предел огнестойкости лестничной клетки REI 60. С учетом времени на прибытие и боевое развертывание (10–15 минут), остается не более 45–50 минут на выполнение основной задачи. При нулевой видимости и нагрузке в 22 кг снаряжения, физический ресурс бойца истощается стремительно, особенно в условиях экстремальных температур (200–300 °С).

Исходя из этого, требования к подготовке пожарного включают:

1. Способность поддерживать высокую интенсивность работы (ЧСС 150–170 уд./мин) на протяжении почти 1 часа в полной экипировке;
2. Готовность к резким силовым нагрузкам — эвакуации пострадавших, вскрытию конструкций или быстрому подъему по лестницам;
3. Умение сохранять когнитивные функции и работоспособность в условиях критического перегрева организма.

Для того чтобы тренировочный процесс имел практическую ценность, необходимо моделировать условия, максимально приближенные к реальности, применяя жесткие временные ограничения (REI-30).

- ✓ Целью является обнаружение и эвакуация пострадавшего в течение 30 минут.
- ✓ В качестве среды принимается полигон или теплокамера (30–40 °С), полная экипировка, а также нулевая видимость.
- ✓ Сочетание высокой физической активности (бег/ходьба) с техническими задачами (вскрытие преград, поиск, транспортировка).
- ✓ Контроль ЧСС ≤ 170 уд./мин, сатурация ≥ 92%, температура тела ≤ 38,5 °С.

Данный сценарий вырабатывает навык рационального расходования ресурсов, учитывая, что скорость достигается не за счет суеты, а за счет точности и выверенности каждого действия.

Тренировочный протокол «REI 60»: проведение разведки, эвакуация 2–3 пострадавших, оперативное подавление очага возгорания (изоляция кошмой или кратковременная подача ствола); 60 минут интенсивной работы с двумя регламентированными паузами (3–5 минут) для стабилизации ЧСС до 100 уд./мин.; имитация работы в условиях плотного задымления (передвижение в наклоне), преодоление лестничных маршей, манипуляции с аварийно-спасательным инструментом; наряду с физическими показателями оценивается когнитивная устойчивость (точность передачи докладов и ориентация в пространстве при критических нагрузках).

Целью является - развитие навыка сохранения оперативного мышления и контроля обстановки в условиях выраженного физического стресса.

Концепция «REI 90+»: посменная работа звеньев с интервалом 30–40 минут. Ключевой приоритет — непрерывная координация и преемственность данных между группами; распределенная нагрузка с упором на энергосбережение и точность коммуникации; мониторинг физиологических показателей (ЧСС, сатурация) в сочетании с контролем качества передачи информации (отсутствие искажений в докладах). Суть данной концепции - переход от индивидуальной выносливости к системной слаженности подразделения.

Цель - обеспечение безопасности при длительных работах на объектах с высоким пределом огнестойкости (время спасательной операции — более 60 минут).

Физическая форма пожарного выходит далеко за рамки стандартных нормативов Приказа МЧС № 153 «Об утверждении наставления по физической подготовке личного состава Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы». Для реальной работы в экстремальных условиях важны специфические показатели, такие как разность индексов Гарвардского степ-теста (ΔИГСТ), разработанная Е. Е. Соколовым. Метод заключается в сравнении результатов теста в обычных условиях и в теплокамере. Минимальный разрыв между показателями свидетельствует о высокой термоадаптации организма: чем стабильнее результат, тем выше готовность сотрудника к работе в условиях высоких температур.

Для того чтобы учебные занятия строились не на интуиции, а на строгом научном подходе, следует руководствоваться следующими нормативными актами:

- СП 2.13130.2020 — для ознакомления с классификацией пределов огнестойкости и сферой их применения;
- ГОСТ 30247.1-94 — для понимания динамики поведения строительных конструкций в начальный период возгорания;
- Приказ МЧС России № 153 — как источник базовых требований к физической подготовке личного состава;
- Методические рекомендации МЧС от 02.07.2008 № 2-4-60-14-18 — для регламентации тренировок в термокамере и мониторинга частоты сердечных сокращений.

Используя эти документы, можно разработать упрощенную матрицу, связывающую «предел огнестойкости», «сценарий тренировки» и «критерии допуска».

Предел огнестойкости	Сценарий	Критерии допуска
REI-30	Разведка и один пострадавший	ЧСС 170, ИГСТ 11, сатурация 92 %
REI-60	Разведка и 2-3 пострадавших	ЧСС 170, ИГСТ 11, сатурация 92 % и когнитивные тесты без ошибок
REI-90+	Длительная работа	ЧСС 160, ИГСТ 6 и четкая коммуникация, отсутствие ошибок в докладах

Практические рекомендации по интеграции данных аспектов в процесс обучения:

1. Включить в учебный план курс «Огнестойкость и тактические действия». Обучающиеся должны научиться анализировать конструктивные решения зданий и четко осознавать временные рамки, отведенные для работы на объектах с разной степенью защиты.

2. При организации учебных сборов необходимо учитывать характер местности, куда прибывают экипажи. Если в зоне обслуживания преобладают постройки с пределом огнестойкости REI 60, тренировочные сценарии следует адаптировать под 60-минутный режим работы.

3. Применять показатель ΔИГСТ в качестве регулярной проверки адаптационных возможностей. Это позволит своевременно выявлять сотрудников, испытывающих перегрузку, и корректировать интенсивность их тренировок.

4. Целесообразно добавить временные характеристики огнестойкости в критерии оценки профессиональной выносливости пожарных.

Огнестойкость строительной конструкции — способность строительной конструкции сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара [3]. Физическая подготовка личного состава должна быть строго синхронизирована с этими параметрами: задача не просто поддерживать общую форму, а обладать способностью эффективно работать ровно столько, сколько позволяет конструкциям здания.

Когда тренировочный процесс строится с учетом реальных ограничений, боец прибывает на вызов не только физически крепким, но и тактически подготовленным. Он осознает имеющийся у него временной ресурс (Х минут) и владеет навыками его оптимального использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом ГДЗС ФПС МЧС России (утв. МЧС России 02.07.2008 № 2-4-60-14-18). (стр 1).

2. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» (утв. приказом МЧС России от 12.03.2020 № 151) (приложения 21,23,24, стр 101-103).

3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (Ст.35, стр 24-25).

4. ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

5. Психофизиологическое обеспечение работоспособности сотрудников ГПС: пособие / под ред. В. Н. Смирнова. — М.: ВНИИПО, 2006.

6. Приказ МЧС России от 30.03.2011 № 153 «Об утверждении Наставления по физической подготовке личного состава ФПС ГПС» (с изм. от 26.07.2016 № 402).

7. Соколов Е. Е. Обоснование тестов и критериев профессионально-прикладной физической и психической подготовленности пожарных-газодымозащитников: автореф. дис. … канд. пед. наук. — СПб., 2013.

УДК 614.849

С. Г. Светушенко
ООО «Аудит Сервис Оптимум», ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), Федеральная Палата пожарно-спасательной отрасли

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК ОСНОВАНИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

В данной статье рассматриваются наиболее назревшие к решению вопросы в нормативных документах по пожарной безопасности, это единый перечь оснащаемых объектов, единая терминология, категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности и ее актуальность, степень огнестойкости ранее построенных объектов, системы передачи извещений для жилых зданий, наземные гидранты и проруби в условиях низких температур, огнетушители для аккумуляторов современного типа, автоматизированные системы учета мероприятий и АРМ.

Ключевые слова: перечни оснащения, огнестойкость, системы передачи извещений, огнетушители для аккумуляторов, автоматизированные рабочие места, пожары, новые нормы

S. G. Svetushenko

CURRENT ISSUES OF FIRE SAFETY AS THE BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF REGULATORY DOCUMENTS

This article discusses the most urgent issues in regulatory documents on fire safety. These are a single list of equipped facilities, common terminology, categories of premises for explosion and fire hazards and its relevance, the degree of fire resistance of previously built facilities, notification transmission systems for residential buildings, ground hydrants and ice holes at low temperatures, fire extinguishers for modern type batteries, automated event accounting systems and automated control systems.

Key words: Equipment lists, fire resistance, alarm transmission systems, fire extinguishers for batteries, automated workstations, fires, new standards

В настоящее время значительно возросло влияние цифровизации на развитие системы нормативных требований пожарной безопасности. Вместо с ростом числа требований к разным видам продукции и разным средствам обеспечения пожарной безопасности возросло и количество требований и соответственно понятий которые опираются на современные подходы в обеспечении пожарной безопасности. Однако вместе с ростом понятий,

© Светушенко С. Г., 2026

терминологии, требований возросло и число не решаемых задач и вопросов которые являются фундаментом для последующих требований и решений, это является существенным затруднением в построении единой системы. Если сравнивать периодический закон Д.И. Менделеева по стройности и решению вопросов расстановки ряда ключевых вопросов с вопросами пожарной безопасности, то можно сказать, что работа по расстановке своих ключевых элементов в будущей системе пожарной безопасности в нормативных документах еще только предстоит.

Наиболее важные вопросы, которые выведут на другой уровень или обобщат вопросы пожарной безопасности, во исполнении протокола заседания ТК 274 «Пожарная безопасность» № 115 от 22.09.2026 г. содержали следующее (по ряду вопросов получены существенные ответы [1]):

1. Необходимость создания нормативного документа (нормативно-правового акта) «Единый перечень объектов подлежащих оснащению системами и средствами противопожарной защиты», по аналогии с Постановлением Правительства РФ от 01.09.2021 № 1464 «Об утверждении требований к оснащению объектов защиты автоматическими установками пожаротушения, системой пожарной сигнализации, системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» (далее ПП РФ 1464). В указанном перечне могут быть представлены таблицы оснащения (критерии) так как уже сделано в ПП РФ 1464 с дополнительными колонками где будут представлены критерии оснащения объектов защиты такими средствами противопожарной защиты как ПК, дымоудаление (системы ПДЗ и ПДВ), ПГ, оснащение клапанами сброса избыточного давления (систем тамбур-шлюзов) и сброса давления (систем АУП) аварийная вентиляция (ПДК и довзрывопасной концентрации). В настоящее время образовался отдельный комплекс документов по оснащению объектов защиты системами АПС, АУП, отдельный комплекс документов по оснащению СУОЭ (названия объектов защиты как и перечисления классов функциональной пожарной опасности могу не совпадать, по названиям и по видам). Требуется существующие разрозненные перечни или требования к оснащению усовершенствовать. Необходимы единые требования к оснащению ПК, ПГ, ПДЗ (ПДВ), ЛСК, системами доврзывоопасной концентрации, клапанами КИД (сброса давления) и т.п. Таким образом в представлении владельцев объектов защиты (лиц ответственных за ПБ) будет ясный и понятный перечень с общими для всех названиями объектов защиты и /или их классов Ф, с критериями оснащения по аналогии с ПП РФ 1464. Такое решение по созданию перечня исключит двойные толкования и разночтения в разных документах по оснащению или избыточному оснащению, или по разным терминам (например - определения высоты здания) и названиям схожих объектов защиты. Необходимо отделить документы содержащие требования к оснащению от документов содержащих требования к продукции, системам и средствам обеспечения пожарной безопасности.

2. Необходимость создать единый документ (ГОСТ) где будет изложен общий подход по терминам и определениям в области пожарной безопасности, по обозначениям классов Ф. Данная терминология должна быть единой как для назначения и обозначения видов объектов, классов функциональной пожарной безопасности (указанных в ст. 32 ФЗ-123). Особенности вопроса с правильными терминами и определениями очень часто встречается в нормативных требованиях ППР, сводах правил и ГОСТ. Так, например отсутствие единых подходов изложенных в существующих нормативных документах по терминам, определениям и названиям зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите АУП (СПС) приводит к противоречиям: в п. 139 ППР «барабанные сушилки, бункеры», «бункеров сухой стружки и пыли», а в СП 486 «сушильные камеры», «циклоны (бункеры) для сбора горючих отходов»; В классификации статьи 32 ФЗ-123 не так давно внесли «Ф3.7 - объекты религиозного назначения», но совершенно очевидно не хватает добавления «организации детского досуга (детские развивающие центры, развлекательные центры, залы для проведения торжественных мероприятий и праздников, спортивных мероприятий)» (изложены в п. 8, разделе XXII в ППР), уже фактически появились объекты «квестовые». Требуется и введение «дата центры, серверные» которые можно отнести к производственным, но одновременно они часть офисного процесса и управляют сложным тех. процессами, цифровизацией. В Ф5.2. «стоянки автомобилей» требуется выделить работающие от АКБ или с наличием АКБ, газобаллонном оборудовании (СПГ, СУГ). Ряд терминов также претерпевают изменение, не носящие существенного характера, но вместе с тем оказавшего влияние на построение систем СПС — это ЗКПС (ЗКСПС). Данный запрос направлялся от аппарата уполномоченной по защите прав предпринимателей, был дан ответ МЧС России от 11.02.2026 № ИВ-19-2-220.

3. Необходимость пересмотреть документы по определению категорий, изложенных в СП 12.13130 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». (нужен ГОСТ вместо СП). Существующие подходы уже давно устарели, СП 12.13130 содержит много опечаток и ошибок, множественная переписка по данному вопросу давно показала, что нужен более действенный документ с приложением по аналогии с ГОСТ 12.1.004 и приложением 2 к данному ГОСТу. Письма ВНИИПО: от 17.09.2010 № 13-5-03/5252, от 02.12.2010 № 13-5-03/6637, от 19.12.2012 № 13-5-02-6056эп («В то же время сейчас разрабатывается новая редакция "Пособия по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», которая позволит ответить на многие Ваши вопросы» - это был 2012 год), Письмо МЧС от 21.01.2013 № 19-2-4-194. Данный подход по категориям зданий, сооружений и помещений уже давно плотно вошел в нормативные документы, от категорий зависит оснащение зданий СПС, АУП, зависит площадь застройки и высота зданий, наличие систем ПДЗ (ПДВ) и другие важные противопожарные мероприятия. Данный запрос направлялся от

аппарата уполномоченной по защите прав предпринимателей, был дан ответ МЧС России от 11.02.2026 № ИВ-19-2-220. В ответе прозвучала фраза «могут быть рассмотрены при плановом пересмотре»

4. Необходимость создать нормативный документ определяющий степень огнестойкости и классы конструктивной пожарной опасности для ранее построенных объектов (до вступления в силу ФЗ-123), определяющий по новой классификации важные параметры как степень огнестойкости и другие, изложенные в ФЗ-123 для правильного выбора площади застройки, противопожарных расстояний, выбора средств и систем противопожарной защиты (СПС, АУП). Подобный документ уже есть, но по пожарной автоматике (ПП РФ 1464). Коллеги в своем ответе (мнение специалистов), письмо МЧС России от 11.02.2026 № ИВ-19-2-220 сообщили что ФЗ-123 что часть 4 статьи 4 не распространяется на объекты, построенные ранее, за исключением ряда требований. Но на практике есть еще правила противопожарного режима и есть большая часть построенных ранее объектов у которых не были ранее определены степени огнестойкости и классы КПО по требованиям ФЗ-123. Нужны справочники и другие документы определения на старых объектов уже новых показателей, для правильного выбора противопожарных расстояний, расходов воды, площади застройки и т.п. Старая застройка всё еще массово встречается в городах, и у старых объектов (годом постройки до ФЗ-123) были установлены старые показатели степени огнестойкости и т.п.

5. Необходимость создать нормативный документ определяющий порядок размещения и приема «систем передачи извещений о пожаре». Остро стоит вопрос размещения аппаратуры приема сигнала в пожарных частях. Финансирование данного направления четко не определено, данные системы в частных руках мониторинговых фирм, финансы с обслуживания систем идут в частные бюджеты и не определяют развитие и усовершенствование данной «государственной» системы. Многие субъекты РФ уже думают, как передать ее в службу 112 (так чтобы вопросы ее финансирования остались в бюджетах субъектов РФ, а не в частных руках). Прошедшие изменения в ГОСТ Р 71554 как правило не затрагивали вопрос «бесплатной» передачи извещений о пожаре, они носили технический характер и не отвечали на вопрос - кто платит за размещение принимающей аппаратуры АРМ в помещении ПСЧ. В ряде случае на ПСЧ сразу устанавливаются приборы ППО СПИ (ППИ) в ПСЧ (термины приведены из приказа МЧС России № 1173 от 24.11.22г.). Суть проблемы состоит еще и в том, что простые люди – не могут бесплатно передать извещение (сигнал) о пожаре от своего объекта защиты в ближайшую пожарную часть, потому что рынок СПИ монополизирован рядом частных компаний, а аппаратура, размещенная в пожарных частях, не позволяет принять извещение (сигнал) от любой другой ППКП не оборудованной специальной аппаратурой СПИ (частной). Для передачи извещений надо заключать договор на мониторинговые услуги с частными компаниями. Таким образом, отсутствует возможность расширения перечня объектов, желающих передать

сигнал о пожаре в пожарную часть. На повестке давно поднимается вопрос об оснащении многоквартирных жилых домов и объектов схожей риск-ориентированной («умеренной») группы системой СПИ, там по статистике происходит больше всего пожаров, и чаще всего случается гибель людей на пожарах. Основной докладчик по данной теме Мешалкин Е.А. (председатель правления ФППСО д.т.н., профессор, академик НАНПБ, ВАН КБ). Рынок СПИ, по сути, монополизирован, он не развивается, отсутствует возможность развивать его технологически (нет интеграции с АРМ Болид, Рубеж, нет подробной информации об адресе сработавшего извещателя и цифровизации у диспетчера ПСЧ). Необходим некий механизм, который позволит в регионах самостоятельно принимать решение о создании, «Пилотных проектов» для проверки работы инновационных продуктов. А уже успешные практики построения СПИ, могут быть применены в других регионах. Данный запрос направлялся от аппарата уполномоченной по защите прав предпринимателей, был дан ответ МЧС России от 11.02.2026 № ИВ-19-2-220. В ответе прозвучало «Вопрос целесообразности расширения применения СПИ на многоквартирные жилые дома и объекты умеренной риск-ориентированной группы представляется заслуживающим рассмотрения с учетом статистики пожаров и последствий от них. Изложенные в обращении предложения могут быть учтены при дальнейшей работе по совершенствованию нормативного регулирования в указанной сфере. Принятие конкретных решений требует комплексной проработки с участием заинтересованных органов и профессионального сообщества».

6. Необходимость создать нормативный документ по пожарным гидрантам наземного (северного) исполнения и устройствам забора воды из поверхностных водоисточников (незамерзающие проруби и подобные тех. решения), устройства забора воды из наружных пожарных резервуаров (в т.ч. приемные колодцы). Имеющийся в проекте программы под номером 91 проект ГОСТ «Техника пожарная. Гидранты пожарные наземные. Общие технические требования. Методы испытаний» до сих пор на стадии согласований. Работа над незамерзающим типом пожарного гидранта началась еще в далеком 2001 году, первые решения были применены в ГПС ЯНАО. Письмом ВНИИПО от 30.12.2013 № 6401ф-13-5-02 разработка рекомендаций по их применению не предусмотрена. Однако часть требований по их размещению всё-таки была внесена в п. 8.12 СП 8.13130, п. 7.3.1 СП 231.1311500.2015. Однако столь важный вопрос применения наземных гидрантов для забора воды из подземной (наземной) сети водопровода до сих пор не решен. Отмечаем, что речь идет не только о конструкции наземного гидранта, а о серии устройств, для забора воды из наземных пожарных резервуаров (через заборные головки и приемные колодцы), малые гидранты типа «Дорошевского», колодцы с запорной арматурой, позволяющей подать воду на верхнее устройство. Аналогично речь идет о требования к незамерзающим прорубям. Данный запрос направлялся от аппарата уполномоченной по защите прав предпринимателей, был дан ответ МЧС России от 11.02.2026 № ИВ-19-2-220.

7. Необходимость создать новые усовершенствованные требования к огнетушащим порошкам и огнетушителям. Остро стоит вопрос качественных огнетушителей и в том числе способных тушить пожары аккумуляторных батарей (транспортных средств, бытовых устройств и СИМ). После неоднократных обращений от Аппарата Уполномоченного по защите прав предпринимателей по Владимирской области, МЧС России в ответном письме от 06.03.24 № 43-1393-19 сообщило о грядущей отмене СП 9.13130 (что уже сделано) и синхронизации требований пожарной безопасности с требованиями Правил противопожарного режим (что не сделано). Вместе с тем утратил порядок утилизации порошковых огнетушителей, изложенный в СП 9.13130. О плохом качестве было сообщено и в Минобороны РФ, где партия переданных в войска огнетушителей оказалась некачественной и в боевой обстановке это было наиболее заметно. Письмом Минобороны РФ от 30.11.24 г. № 158/102/420 сведения о некачественных огнетушителях приняты к сведению, но не более того. До сих пор нет единого документа по применению огнетушителей для различных классов пожаров, включая класс D. В итоге участники СВО стали приобретать устройства пожаротушения («шар»), в которых более качественный порошок (из Китая). Подобные устройства уже установлены для защиты танков, но нормативная работа по ним показала что термины «огнетушитель» и «устройство» в данном случае негативно сказываются на простом потребителе. Необходимо однозначно определить сферу их применения и отнести либо к огнетушителям, либо так как фактически уже их применяют на практике (защита подкапотного пространства, электрошкафы, забрасываемый вид, бытовое размещение над пожарной нагрузкой). Данный запрос направлялся от аппарата уполномоченной по защите прав предпринимателей, был дан ответ МЧС России от 11.02.2026 № ИВ-19-2-220. В документе «мнение» ответ был раскрыт только в части огнетушителей для класса D.

8. Необходимость создать стандарты по ведению учету и автоматизированным рабочим местам. В настоящее время отсутствуют единые требования к ведению электронных журналов выполнения противопожарных работ и порядку их интеграции с автоматизированными рабочими местами (АРМ). МЧС России в своём письме от 06.03.2024 № 43-1393-19 уже указывало, что вопрос создания единого электронного журнала будет проработан в 2024 году, и при положительных результатах обсуждения с профессиональным сообществом соответствующие работы планируется включить в ТЗ на развитие ведомственной информационной системы МЧС России в 2025 году. Это подтверждает актуальность и необходимость установления стандартизированных подходов. В настоящее время на объектах защиты применяются различные программные продукты (Респон, Реплекс, АРМ Болид и др.), которые позволяют вести учёт событий и работ в рамках эксплуатации систем противопожарной защиты. Однако такие решения, как правило, не интегрированы с журналами, ведение которых предусмотрено нормативными документами (например, п. 17.1 ППР РФ, а также требования п. 6.3.2 ГОСТ Р

59368 по фиксации и хранению событий). Это приводит к тому, что электронные записи, формируемые в АРМ, не могут рассматриваться как официальный журнал противопожарных работ, несмотря на их фактическое использование. При этом проблема усугубляется лицензионными ограничениями ПО. Например, некоторые ключи допускают работу лишь с ограниченным числом подключаемых приборов, что влияет на возможность централизованного хранения данных в полной конфигурации объекта. Отдельного внимания требует вопрос признания электронных планов помещений и схем с размещёнными адресными извещателями, формируемых в АРМ, в качестве электронной версии исполнительной документации. На сегодняшний день отсутствуют единый формат, требования к структуре, правила хранения, а также механизмы прикрепления к таким электронным схемам официальных журналов по форме ППР РФ. Указанные обстоятельства подтверждают необходимость разработки и нормативного закрепления стандартизированных требований к ведению электронных журналов противопожарных работ. Данный запрос направлялся от аппарата уполномоченной по защите прав предпринимателей, был дан ответ МЧС России от 11.02.2026 № ИВ-19-2-220. В ответ прозвучал позитивный посыл «Отмечаем, что развитие нормативно-технического осуществляется с учетом накопленной практики применения требований и мнения профессионального сообщества. Предложения, изложенные в обращении, могут быть учтены при последующей работе по анализу и возможному совершенствованию нормативной базы в установленном порядке».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Письмо МЧС России от 11.02.2026 г. № ИВ-19-2-220 «Департамент надзорной деятельности и профилактической работы сообщает, что Ваше обращение от 13.01.2026 № УПП-01-01/01 (вх. МЧС России от 14.01.2026 № В-694) рассмотрено. Мнение специалистов Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» прилагается.

УДК 614.841.1

С. Ф. Свирщевский, С. Л. Лейнова, Г. А. Соколик, С. Я. Рубинчик
Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ДО И ПОСЛЕ ФОРМИРОВАНИЯ НА ИХ ПОВЕРХНОСТИ ЗАЩИТНО-ОТДЕЛОЧНЫХ СЛОЕВ

Установлено, что показатели токсичности продуктов горения созданных многослойных систем, состоящих из материалов на основе пенополистирола, барьерного слоя и финишных отделочных покрытий увеличивались более чем в 20 раз по сравнению с незащищенным пенополистиролом.

Ключевые слова: токсичность продуктов горения, пожарная безопасность, пенополистирольные материалы, плиты из пенополистирола, защитно-отделочные материалы

S. Svirshevsky, S. Leinova, G. Sokolik, S. Rubinchik

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE TOXIC HAZARD OF COMBUSTION PRODUCTS FROM EXPANDED POLYSTYRENE-BASED MATERIALS BEFORE AND AFTER THE FORMATION OF PROTECTIVE-FINISHING LAYERS ON THEIR SURFACES

The toxicity parameters of the combustion products of the developed multilayer systems consisting of expanded polystyrene-based materials, a barrier layer, and finishing coatings increased by more than 20 times compared with unprotected expanded polystyrene it has been established.

Key words: toxicity of combustion products, fire safety, expanded polystyrene materials, expanded polystyrene boards, protective and finishing materials

Для проведения сравнительной оценки токсической опасности продуктов горения пенополистирольных плит различного типа до и после формирования на их поверхности защитно-отделочных слоев и исследования возможности уменьшения класса опасности продуктов горения материалов, изготовленных на основе пенополистирола, имеющих высокую токсичностью при горении, была определена токсическая опасность газовой смеси, образующейся при горении базовых материалов (материалов из пенополистирола), материалов, которые могут быть использованы в качестве защитных, и защитно-отделочных, а также многослойных покрытий, сформированных при последовательном использовании на поверхности пенополистирола защитных (барьерных) и защитно-отделочных (финишных) слоев. Для каждого из

© Свирщевский С. Ф., Лейнова С. Л., Соколик Г. А., Рубинчик С. Я., 2026

применяемых материалов определение класса опасности является обязательным в соответствии с [1-3], однако определение токсической опасности продуктов горения системы «основа–финишное покрытие» никогда ранее не проводилось.

Наилучшим выбором при проведении экспериментов по сравнительной оценке токсической опасности продуктов горения материалов на основе пенополистирола до и после формирования на их поверхности защитно-отделочных слоев являются плиты пенополистирольные различного типа. Надо отметить, что, наряду с высокой пожарной опасностью, они имеют внешний вид, не отвечающий требованиям, предъявляемым к материалам для внутренней отделки помещений, подвержены механическому разрушению и на их поверхности могут оставаться дефекты. Таким образом, защитно-отделочные слои, наряду с вопросами по улучшению пожарных характеристик, могут решать и другие задачи. Поверхность декоративных изделий из пенополистирола, используемых внутри помещений, как правило, уже имеет специальные покрытия, или подвергается особой обработке в соответствии с дизайнерскими требованиями.

Удельный выход CO для всех исследуемых образцов оценивался на основании экспериментальных результатов, полученных при проведении испытаний по определению токсичности продуктов их горения в соответствии с [2-3] и рассчитывался по формуле (1):

$$Выход\ C_{газі} = \frac{C_{CO}}{M_{обр.}}, \qquad (1)$$

где C_{CO} – концентрация оксида углерода в замкнутом объеме установки, мг;

$M_{обр.}$ – масса образца, г.

Цель работы – оценить изменение токсической опасности продуктов горения пенополистирольных плит различного типа после формирования на их поверхности защитно-отделочных слоев.

Было сформировано 24 многослойные композиции, представляющие собой сочетание базового материала (плит пенополистирольных ППТ-25 или ППТ-15), гипсокартонных листов стандартных (ГКЛ), влагостойких (ГКЛВ) или огнестойких (ГКЛО), а также различных видов финишных покрытий: штукатурки минеральной (ШМ) или полимерной (ШП), либо водно-дисперсионных акриловых красок с различной токсичностью при горении (ВДАК 1 или ВДАК 2).

Для каждого из используемых материалов и для каждой из сформированных систем определены показатели токсичности продуктов горения H_{Cl50} в соответствии с [2-3] и удельные выходы оксида углерода (CO), содержащегося в образующейся при высокотемпературном воздействии газовой смеси, рассчитанные по формуле (1). Полученные экспериментальные данные позволили оценить эффективность используемых композиций, состоящих из последовательно созданных барьерных (защитных) и финишных

(защитно-отделочных) слоев, а также определить сочетание материалов, обеспечивающее наибольшую защиту пенополистирола в системе «плиты пенополистирольные + барьерный слой + финишное покрытие» по сравнению с незащищенным материалом.

На рисунке представлены результаты оценки изменения показателей токсичности продуктов горения (H_{Cl50}) многослойных систем по сравнению с H_{Cl50} для незащищённого пенополистирола, отражающие возрастание эффективности используемой защитно-отделочной системы по кратности увеличения H_{Cl50} для ППТ−25 и ППТ−15.

Результаты исследований показали, что максимальное снижение токсичности продуктов горения как для ППТ-25, так и для ППТ-15 обеспечивается комбинацией на поверхности плит из пенополистирола листов огнестойкого гипсокартона и минеральной штукатурки, которая является оптимальным выбором для обоих типов пенополистирольных плит: для ППТ-25 показатели токсичности увеличились в 19,3 раза, а удельные выходы CO уменьшились в 17,9 раза; для ППТ-15 показатели токсичности увеличились в 20,1 раза, удельные выходы CO уменьшились в 20,6 раза по сравнению с незащищенным пенополистиролом.

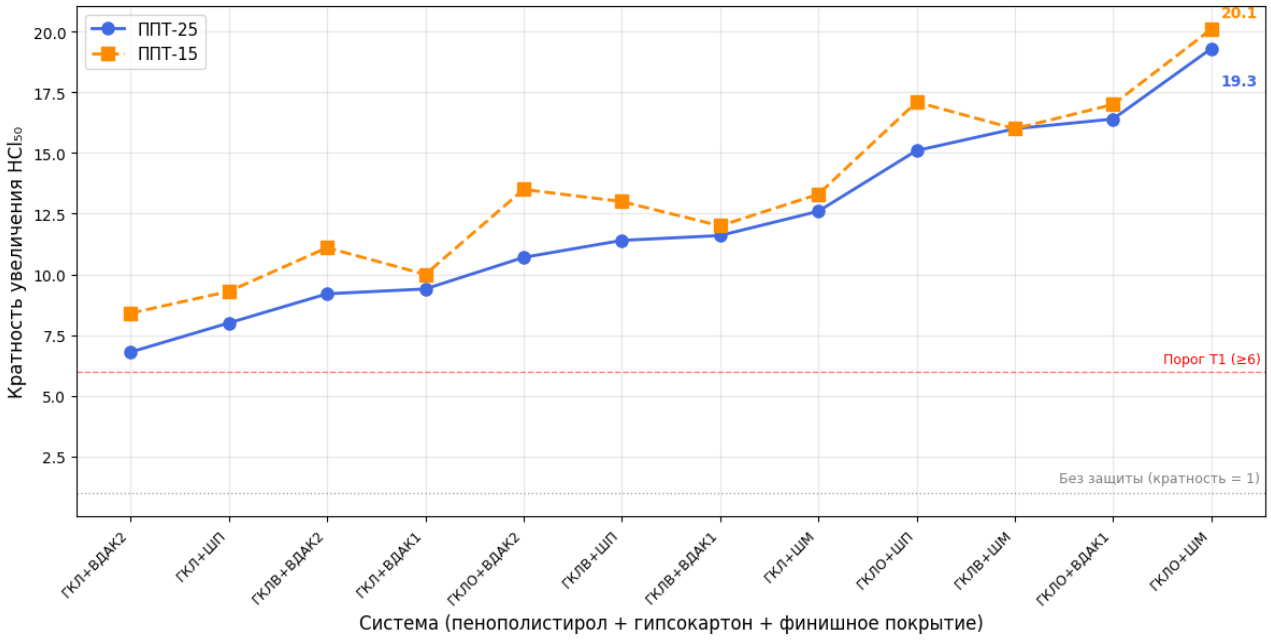


Рисунок. Сравнительная оценка изменения показателей токсичности продуктов горения (H_{Cl50}) многослойных систем по сравнению с показателями токсичности продуктов горения (H_{Cl50}) для незащищённого пенополистирола, отражающая возрастание эффективности используемой защитно-отделочной системы по кратности увеличения H_{Cl50} для ППТ−25 и ППТ−15

Для количественной оценки взаимосвязи между установленными значениями удельных выходов CO и показателями токсичности продуктов горения выполнен корреляционный анализ полученных экспериментальных данных для 24 многослойных систем. Показано, что для всех сформированных комбинаций наблюдается сильная корреляция ($r > 0,96$), значимая на уровне $p < 0,001$.

Близость коэффициентов корреляции для ППТ-25 и ППТ-15, которые составляют –0,964 и –0,967 соответственно, указывает на инвариантность установленной взаимосвязи относительно типа пенополистирола.

При объединении выборок результатов, полученных для многослойных систем с использованием ППТ-25 и ППТ-15, коэффициент корреляции составляет –0,961 с коэффициентом детерминации $R^2=0,923$. Это означает, что более 92 % вариации H_{Cl50} объясняется изменением удельного выхода CO.

Установлено, что, в среднем, по всем 24 исследованным системам снижение удельного выхода CO на 1 мг/г приводит к повышению H_{Cl50} примерно на 17 г/м³ (для ППТ-25 – около 15,7 г/м³, для ППТ-15 – около 18,9 г/м³). Полученные результаты показывают, что оксид углерода является в исследованных системах основным токсичным газом. Данная оценка подтверждается результатами определения содержания карбоксигемоглобина в крови погибших подопытных животных. Для всех исследованных образцов оно превышало 50 % от общего содержания гемоглобина.

Для всех использованных комбинаций барьерных материалов и финишных покрытий кратность увеличения H_{Cl50} при использовании в качестве базового материала ППТ-15 была выше, чем при использовании ППТ-25, однако закономерности возрастания кратности увеличения значений показателей токсичности продуктов горения, т.е. уменьшения токсической опасности образующейся при высокотемпературном воздействии газовой смеси, практически одинаковы для обоих типов плит:

- при создании защитно-отделочных слоев на поверхности как ППТ-25, так и ППТ-15, при применении всех видов гипсокартонных листов в качестве барьерного слоя минеральная штукатурка, используемая в качестве финишного покрытия, обеспечивает более эффективное уменьшение токсической опасности образующихся продуктов горения по сравнению с другими финишными покрытиями;

- при использовании всех видов штукатурок и красок в качестве финишного покрытия как для ППТ-25, так и для ППТ-15, огнестойкие гипсокартонные листы (ГКЛО), используемые для создания барьерного слоя, обеспечивают более эффективное уменьшение токсической опасности образующихся продуктов горения, а именно, удельных выходов основного токсичного газа CO по сравнению с многослойными системами, содержащими влагостойкие (ГКЛВ) и стандартные (ГКЛ) листы.

Следует отметить, что установленная тесная корреляция между показателями токсичности продуктов горения и удельными выходами CO позволяет использовать результаты измерений CO для экспресс-оценки

интегральной токсичности созданных многослойных систем без проведения полного биотестирования, что существенно сокращает объем и стоимость испытаний при разработке и создании многослойных защитно-отделочных покрытий для пенополистирольных плит.

Впервые показано, что при любых сочетаниях гипсокартонных листов, выполняющих роль защитного барьерного слоя, и жидких защитно-отделочных материалов, нанесенных на их поверхность, показатели токсичности продуктов горения H_{Cl50} образованных многослойных систем «пенополистирол + листы из гипсокартона + финишное покрытие» возрастали по сравнению с H_{Cl50} для незащищенного пенополистирола, а удельные выходы CO, соответственно, уменьшались. Это является доказательством изменения и возможности снижения высокой потенциальной опасности при горении пенополистирольных плит различного типа путем формирования на их поверхности защитно-отделочных композиций.

Применение выбранных сочетаний защитно-отделочных покрытий позволяет не только уменьшить опасность теплоизоляционных пенополистирольных плит при возгорании, но и перевести пенополистирол с защитно-отделочным покрытием из группы «высокоопасные» в группу «малоопасные», т.е. из класса опасности Т3 (высокоопасные) в класс опасности Т1 (малоопасные), и тем самым в категорию материалов с допустимым уровнем пожарной безопасности по токсичности продуктов горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН 2.02.05-2020. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – Введ. 04.04.21. – Минск: М-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – 70 с.

2. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 01.01.91. – Переиздание ноябрь 2011 г. с Изменением № 1. – 104 с.

3. ГОСТ 12.1.044-2018. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 01.12.19. – Переиздание ноябрь 2024 г. с Изменением № 1 от 01.04.2025. – 220 с.

УДК 656.212.5:614.84

С. В. Седнев, Р. Д. Плахотский, А. А. Усов
Научно-исследовательский институт (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ НЕФТЕНАЛИВНЫХ ГРУЗОВЫХ ФРОНТОВ ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ «РВАНЫХ НИТОК» ГРАФИКА

Рассмотрена технология дробной подачи вагонов-цистерн на припортовые нефтеналивные фронты как способ снижения пожарной нагрузки и масштаба возможных последствий аварийного пролива. Показано, что уменьшение размера одновременно обрабатываемой группы вагонов сокращает условную вероятность каскадного вовлечения соседних цистерн и облегчает действия сил пожаротушения. Приведены результаты сравнительной оценки для трёх условно обозначенных станций.

Ключевые слова: пожарная безопасность, нефть и нефтепродукты, припортовая железнодорожная станция, вагон-цистерна, дробная подача, каскадное развитие аварии, пожарная нагрузка.

S. V. Sednev, R. D. Plakhtsky, A. A. Usov

REDUCING FIRE AND EXPLOSION HAZARD WHEN SERVICING OIL-LOADING FREIGHT FRONTS AT PORT-ADJACENT RAILWAY STATIONS BASED ON THE "BROKEN-THREAD" SCHEDULING TECHNOLOGY

The split-batch delivery technology for tank cars at port-adjacent oil-loading fronts is considered as a way to reduce fire load and the scale of possible consequences of an accidental spill. It is shown that reducing the size of a simultaneously handled group of cars decreases the conditional probability of cascade involvement of adjacent tank cars and facilitates fire-fighting response. Comparative results for three conventionally labelled stations are presented.

Key words: fire safety, crude oil and petroleum products, port-adjacent railway station, tank car, split batch delivery, cascade accident development, fire load.

Припортовые железнодорожные станции, обслуживающие нефтеналивные терминалы, являются объектами повышенной пожарной опасности [17]. Через них проходит значительная часть грузооборота наливных грузов: по данным Ассоциации морских торговых портов, грузооборот морских портов России в 2025 г. составил 884,5 млн т, при этом существенная доля перевалки приходится на сырую нефть, мазут и светлые нефтепродукты [16].

© Седнев С. В., Плахотский Р. Д., Усов А. А., 2026

Сосредоточение на ограниченной территории станции большого числа гружёных вагонов-цистерн с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ГОСТ 12.1.044-2018) формирует значительную пожарную нагрузку, а любое нарушение технологии слива-налива, разгерметизация котла цистерны или ошибка при маневровой работе способны инициировать пожар пролива с быстрым распространением на соседний подвижной состав.

Требования к устройству и эксплуатации сливоналивных эстакад, площадок хранения и путевого развития нефтеналивных грузовых фронтов установлены Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности», а также отраслевыми нормами проектирования станционных устройств [13, 14]. Указанные документы задают нормативные противопожарные разрывы, требования к аварийному сливу, системам обнаружения утечек, автоматическому пожаротушению и путям эвакуации подвижного состава. Вместе с тем нормативная база регламентирует преимущественно стационарные параметры объекта и не формализует зависимость пожарного риска от технологического параметра, который станция может оперативно регулировать, — размера единовременно обрабатываемой подачи вагонов.

Между тем традиционная технология обслуживания припортовых станций предполагает подачу на грузовой фронт укрупнённых групп вагонов (60–70 и более единиц), что увеличивает время их единовременного нахождения в зоне повышенной пожарной опасности и, при возникновении инициирующего события, расширяет потенциальную зону воздействия на соседние цистерны. Технология «рваных ниток» графика, предусматривающая дробление подачи на меньшие по размеру группы с более частым циклом обработки, рассматривается в данной работе как инструмент, одновременно решающий эксплуатационную задачу (соблюдение суточного плана переработки) и задачу снижения пожарного риска.

Российские и зарубежные исследования взаимодействия железнодорожного транспорта и морских портов связывают повышение эффективности прежде всего с сокращением простоев, согласованием графика станции и терминала и управлением доступной перерабатывающей способностью [1–5]. При этом вопросы пожарной безопасности в подобных моделях, как правило, не формализуются как самостоятельный критерий, а технологический параметр — размер подачи — оптимизируется исключительно по времени и стоимости. В исследованиях перевозки опасных грузов, напротив, показано, что результат оптимизации существенно зависит от способа учёта вероятности инициирующего события, экспозиции во времени и тяжести последствий [6–10], однако указанные модели ориентированы преимущественно на линейные участки сети, а не на технологию обработки грузовых фронтов станции.

Подход к оценке пожарной опасности размера подачи

Задача решалась как задача сравнения вариантов организации подачи вагонов на грузовой фронт при сохранении заданного суточного объёма переработки. Сравнение традиционной (укрупнённой) и модифицированной (дробной) схем выполнено по следующим качественным составляющим, совместно формирующим интегральную сравнительную оценку риска:

— коэффициент единовременной концентрации — доля суточного вагонопотока, одновременно находящаяся на грузовом фронте в составе одной подачи. При дроблении подачи эта доля снижается пропорционально уменьшению размера группы, что напрямую сокращает единовременную пожарную нагрузку на фронте;

— коэффициент экспозиции — суммарное время нахождения вагонов в зоне обработки, приведённое к суточному объёму переработки. Сокращение подготовительно-заключительных операций (предварительная сортировка, электронный документооборот, перенос части контрольных процедур на предшествующие этапы) и уменьшение размера подачи совместно уменьшают это время;

— коэффициент тяжести последствий — характеристика, отражающая специфику перевозимого груза; для нефти и нефтепродуктов принимается повышенное значение по сравнению с массовыми неопасными грузами ввиду их пожаровзрывоопасных свойств;

— коэффициент каскадного вовлечения — ожидаемая доля вагонов подачи, которые могут быть дополнительно вовлечены в развитие аварии (пожар, взрыв, термическое воздействие) при реализации инициирующего события на одном из вагонов группы. Чем крупнее единовременно обрабатываемая подача, тем выше условная вероятность того, что в зону воздействия попадёт значительное число соседних цистерн.

Произведение перечисленных составляющих образует безразмерный сравнительный индекс, который не является абсолютной вероятностью аварии, а используется исключительно для ранжирования вариантов технологии обслуживания грузового фронта в пределах принятых допущений. Такой подход согласуется с принципами риск-менеджмента, закреплёнными в ГОСТ Р ИСО 31000-2019 [11]: показатель должен быть связан с последствиями и неопределённостью, а допущения — оставаться прозрачными.

Ограничивающим технологическим фактором выступает число доступных технологических окон — максимально возможное количество циклов подачи-уборки вагонов в течение суток при заданном путевом развитии, графике маневровой работы и готовности портового терминала. Именно это ограничение не позволяет дробить подачу произвольно мелко и определяет практически достижимый минимальный размер группы.

Результаты сравнительной оценки

Апробация выполнена на трёх сценариях, соответствующих припортовым узлам с нефтеналивными грузовыми фронтами, условно обозначенным далее, как Н-ПОРТ, Т-СОРТ и М-ПОРТ. Исходные технологические параметры

(суточный вагонопоток, число грузовых фронтов, их производительность, традиционный размер подачи, максимум технологических окон) приняты как сценарные модельные величины.

Таблица. **Сравнение традиционной и модифицированной схем подачи**

Станция	Традиц. размер подачи, ваг.	Модиф. размер подачи, ваг.	Снижение экспозиции, %	Снижение доли каскадного вовлечения, п.п.	Снижение интегрального индекса риска, %
Н-ПОРТ	70	20	83,4	44,4	97,7
Т-СОРТ	72	18	83,6	43,9	97,7
М-ПОРТ	65	22	80,6	37,9	96,6

Переход к дробной подаче снижает долю суточного вагонопотока, одновременно находящегося на нефтеналивном фронте, с 25–33 % до 7–11 %, а ожидаемое число цистерн, которые могут быть дополнительно вовлечены в развитие аварии при реализации инициирующего события, сокращается в 5–7 раз по всем трём сценариям. Это означает, что при равном суточном объёме переработки потенциальный масштаб пожара пролива или зоны термического поражения при дробной схеме существенно меньше, чем при традиционной подаче укрупнённых групп.

Полученный эффект имеет непосредственное значение для организации противопожарной защиты нефтеналивных грузовых фронтов.

Во-первых, сокращение единовременно обрабатываемой группы цистерн уменьшает протяжённость фронта, одновременно находящегося под пожарной нагрузкой, что снижает требуемую зону покрытия стационарными и передвижными средствами пожаротушения и облегчает соблюдение нормативных противопожарных разрывов между группами подвижного состава.

Во-вторых, уменьшение ожидаемого числа цистерн, вовлекаемых в аварию, сокращает объём возможного пролива нефтепродукта и, соответственно, требуемую ёмкость аварийных амбаров и систем аварийного слива, предусмотренных СП 155.13130.2014.

В-третьих, меньший размер подачи облегчает манёвр силами и средствами пожарных подразделений: сокращается время, необходимое для эвакуации несвязанных с происшествием цистерн из опасной зоны, и снижается вероятность блокирования путей отхода пожарной техники скоплением подвижного состава.

В-четвёртых, сокращение времени нахождения цистерн в зоне обработки за счёт переноса части подготовительно-заключительных операций на предшествующие этапы технологического процесса уменьшает общую продолжительность воздействия факторов, сопутствующих сливоналивным операциям (возможные источники зажигания при маневровой работе, статическое электричество, разгерметизация соединений), что соответствует

общим принципам снижения пожарного риска за счёт сокращения времени экспозиции опасного фактора.

Вместе с тем необходимо учитывать, что увеличение числа циклов подачи-уборки при дроблении группы сопровождается ростом интенсивности маневровой работы на станции. Это требует дополнительного контроля за соблюдением противопожарного режима при маневрах в непосредственной близости от действующих сливоналивных фронтов, а также согласования графика дробной подачи с регламентом работы дежурных пожарных расчётов объекта.

Сценарная экономическая оценка, основанная на ожидаемом предотвращённом ущербе (включая возможный ущерб от пожара или взрыва при аварийном проливе нефтепродукта), показала положительный чистый годовой эффект для всех трёх сценариев: простой срок окупаемости организационно-технических мероприятий составил от 0,6 до 8,7 года в зависимости от станции и принятой годовой вероятности инициирующего события. Экономические оценки являются сценарными и подлежат уточнению по фактическим данным конкретного объекта, включая стоимость груза, подвижного состава, восстановления инфраструктуры и ликвидации последствий возможного пожара.

Технология дробной подачи вагонов-цистерн («рваные нитки» графика) на нефтеналивные грузовые фронты припортовых станций позволяет одновременно решать эксплуатационную задачу соблюдения суточного плана переработки и задачу снижения пожаровзрывоопасности технологического процесса. Уменьшение размера единовременно обрабатываемой группы цистерн сокращает единовременную пожарную нагрузку на фронте, уменьшает ожидаемый масштаб последствий возможной аварии и облегчает действия сил пожаротушения. Для рассмотренных станций рациональные размеры подачи составили 20, 18 и 22 вагона против традиционных 65–72 вагонов, что обеспечило снижение сравнительного индекса риска на 96,6–97,7 %.

Полученные результаты носят сценарный характер и получены на модельных исходных данных. Перед практическим внедрением предлагаемого подхода на конкретном объекте необходима калибровка параметров модели по фактическим данным хронометража, статистике инцидентов и требованиям действующих нормативных документов в области пожарной безопасности, а также согласование решения с регламентами работы объектовых подразделений пожарной охраны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валькова С. С., Степанец В. Е., Киселева Е. В. Совершенствование взаимодействия морских портов и железнодорожного транспорта // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2022. № 2. С. 85–91.

2. Ломакина Д. С., Новичихин А. В. Методика взаимодействия припортовых станций и портов // Бюллетень результатов научных исследований. 2025. Вып. 4. С. 135–147.

3. Yan B., Jin J. G., Zhu X., Lee D.-H., Wang L., Wang H. Integrated planning of train schedule template and container transshipment operation in seaport railway terminals // Transportation Research Part E. 2020. Vol. 142. Art. 102061.

4. Ji S., Ji M., Gao Z., Kong L., Ji J. Optimization of sea-rail intermodal container collection and distribution under novel port layout // Journal of Rail Transport Planning & Management. 2025. Vol. 33. Art. 100503.

5. Pan W., Zhu X. Optimization of Port-Rail Intermodal Transshipment Operations // Journal of Advanced Transportation. 2026. Vol. 2026. Art. 6352112.

6. Erkut E., Verter V. A Framework for Hazardous Materials Transport Risk Assessment // Risk Analysis. 1995. Vol. 15, no. 5. P. 589–601.

7. Erkut E., Verter V. Modeling of Transport Risk for Hazardous Materials // Operations Research. 1998. Vol. 46, no. 5. P. 625–642.

8. Verma M., Verter V. Railroad transportation of dangerous goods: Population exposure to airborne toxins // Computers & Operations Research. 2007. Vol. 34, no. 5. P. 1287–1303.

9. Rahbar M., Bagheri M. Risk Assessment Framework for the Rail Transport of Hazardous Materials // Transportation Research Record. 2014. Vol. 2411, no. 1. P. 90–95.

10. ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. М.: Стандартинформ, 2020.

11. Об утверждении Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: приказ Минтранса России от 23.06.2022 № 250.

12. СП 225.1326000.2014. Станционные здания, сооружения и устройства.

13. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

14. ГОСТ 12.1.044-2018. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2019.

15. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.

16. Ассоциация морских торговых портов. Грузооборот морских портов России за 2025 год. URL: https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-2025-god (дата обращения: 06.10.2026).

17. Самигуллин Г.Х. Обеспечение пожарной безопасности на железнодорожных нефтеналивных комплексах / Г.Х. Самигуллин, А.А. Ахмедов, Е.Н. Кадочникова. Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности», посвященной 30-летию МЧС России, Уральский университет ГПС МЧС России" 14 – 16.12.2020, С. 84 – 89.

УДК 614.841.11

А. А. Скворцова, Е. В. Ширяев, А. Т. Пустынина
Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ТУШЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Проанализированы современные способы тушения полярных жидкостей с учетом их различных физико-химических свойств и характера взаимодействия с огнетушащими средствами. Обоснована необходимость дифференцированного выбора способа тушения для разных полярных жидкостей.

Ключевые слова: полярные горючие жидкости, пожаротушение, гранулированное пеностекло, диоксид углерода, огнетушащие порошки.

A. A. Skvortsova, E. V. Shiryaev, A. T. Pustynina

ANALYSIS OF MODERN FIRE EXTINGUISHING AGENTS FOR POLAR FLAMMABLE LIQUIDS

Modern methods of extinguishing polar liquids have been analyzed, taking into account their physicochemical properties and the nature of their interaction with fire extinguishing agents. The need for a differentiated approach to selecting fire extinguishing methods for different types of polar liquids has been substantiated.

Keywords: polar flammable liquids, fire suppression, granular foam glass, carbon dioxide, fire extinguishing powders.

Полярные горючие жидкости различаются химической природой, растворимостью в воде, летучестью и другими физико-химическими характеристиками, определяющими особенности их тушения. В зависимости от растворимости выделяют водорастворимые, частично растворимые и практически водонерастворимые жидкости. Так, спирты и ацетон существенно отличаются по взаимодействию с водными огнетушащими составами от ряда эфиров. Поэтому выбор способа тушения необходимо связывать не только с принадлежностью жидкости к полярным веществам, но и с её физико-химическими свойствами [2, 4, 6].

Основными механизмами тушения являются изоляция поверхности, охлаждение, разбавление паровой зоны и химическое ингибирование. Пены преимущественно ограничивают испарение горючих жидкостей, вода и водяной пар обеспечивают охлаждение, диоксид углерода способствует разбавлению газовой среды, а порошковые составы подавляют пламя. Результат зависит также от способа подачи и условий развития пожара [3, 6].

© Скворцова А. А., Ширяев Е. В., Пустынина А. Т., 2026

Спиртостойкие пены являются наиболее разработанным средством для пожаров водорастворимых полярных жидкостей в резервуарах. Однако их эффективность нельзя оценивать только по факту соответствия пенообразователя типу AR. Существенную роль играют свойства жидкости, интенсивность подачи и устойчивость сформированного пенного слоя. При оценке эффективности тушения необходимо учитывать не только время ликвидации горения, но и характер покрытия поверхности, температурный режим и возможность повторного воспламенения [3, 6].

Тонкораспыленная вода имеет преимущества за счет интенсивного теплообмена мелкодисперсных капель с пламенем и окружающей газовой средой. В исследованиях тушения жидкостных пожаров отмечена зависимость эффективности от условий распыления и состава огнетушащего средства [8]. Таким образом, тонкораспыленная вода можно считать эффективным решением для борьбы с локальными и технологическими возгораниями, но при использовании его в открытых резервуарах большого размера необходимо принимать во внимание параметры вентиляции, конфигурацию очага и площадь горящей поверхности.

Гранулированное пеностекло принципиально отличается от пены: тушение достигается за счет формирования плавучего пористого слоя, ограничивающего тепломассообмен и испарение. Для одно-, двух- и трехатомных спиртов экспериментально определялись необходимые высоты слоя, показано, что сухое и увлажненное пеностекло способно прекращать горение [10]. При этом увлажнение повышает охлаждающий эффект, но снижает плавучесть и пароизоляционные свойства слоя, что указывает на существование оптимального состояния материала.

Перспективность метода заключается в сочетании изоляции поверхности испарения горючих полярных жидкостей и стабильности пористой среды (гранулированного слоя пеностекла). При этом область применения, способов подачи огнетушащего состава и расход материала требуют дальнейшей экспериментальной оценки [7, 10].

Твердый гранулированный CO_2 представляет способ, в котором охлаждение сочетается с разбавлением паровой зоны. Российские исследования показали принципиальную возможность тушения нефтепродуктов и полярных жидкостей твердым гранулированным CO_2. В работах [1, 5] исследовано влияние теплофизических свойств жидкости на процесс газификации гранул. Перспективность метода связана с отсутствием необходимости формирования длительно устойчивого водного пенного слоя, однако его практическая реализация требует решения вопросов хранения, транспортирования и равномерного распределения гранул.

Экспериментальные работы подтвердили возможность тушения бассейновых очагов CO_2 гидратом и показали зависимость критической массы от размера очага [9, 11]. Для реальных резервуарных пожаров необходимы дополнительные исследования, скорости разложения гидрата и надежности доставки материала в очаг.

Газовые огнетушащие средства целесообразны прежде всего в ограниченных объемах. Исследования метанольных пожаров показали необходимость повышенных концентраций CO_2 по сравнению с традиционными горючими веществами [5]. Поэтому для высоколетучих полярных жидкостей расчет газового тушения должен учитывать фактическое образование паров топлива и вентиляционный режим защищаемого объема.

Композиционные порошки рассматриваются как перспективное направление, совмещающее подавление пламени с ограничением подвижности разлитой жидкости. Однако для оценки их применимости к крупным розливам и резервуарам необходимы дополнительные экспериментальные исследования. Сравнительная оценка способов тушения в зависимости от физико-химических свойств полярных жидкостей приведена в таблице.

Таблица. **Сравнительная оценка способов тушения полярных жидкостей**

Группа жидкостей	**Ключевая проблема**	**Преимущест-венный механизм**	**Перспективные средства**	**Основное ограничение**
Водорастворимые и высоколетучие	разрушение пены, интенсивное испарение	изоляция + охлаждение	AR-пена; тонкораспы-ленная вода; пеностекло	чувствительность к способу подачи и повторному воспламенению
Водорастворимые с более высокой температурой кипения	высокая тепловая нагрузка	охлаждение + изоляция	AR-пена; вода; пеностекло; CO_2-гидрат	необходимость поддержания охлаждающего эффекта
Практически водонерастворимые полярные	летучесть, кромочное горение	изоляция + подавление паров	специальные пены; пеностекло; порошки	нельзя переносить показатели для водорастворимых спиртов
Высоколетучие жидкости в закрытых объемах	образование устойчивой паровой зоны	разбавление паров	CO_2; инертные газы; комбинированны е системы	вентиляция и требуемая концентрация ОТВ
Розливы с риском вторичного растекания	сохранение текучести после тушения	тушение + удержание жидкости	пеностекло; композиционные порошки	ограниченная крупномасштабна я база

Сравнение показывает, что наиболее обоснованным является не выбор одного универсального огнетушащего вещества, а формирование соответствия между свойствами жидкости и механизмом тушения. Для водорастворимых спиртов ключевой задачей остается устойчивое покрытие поверхности AR-пеной, тогда как для практически водонерастворимых полярных жидкостей важнее учитывать летучесть и горение у бортов. При розливах дополнительным критерием становится способность средства ограничивать испарение и предотвратить вторичное растекание. Именно поэтому пеностекло и

композиционные порошки представляют интерес как средства, совмещающие тушение с локализацией опасной жидкости.

Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах 2007 г. были разработаны на основе экспериментальных исследований и опыта применения пенных средств и распространялись на конкретный перечень индивидуальных жидкостей [6]. Накопленная экспериментальная база требует дальнейшего развития: для разных классов жидкостей необходимо определять критические и нормативные интенсивности подачи, учитывать способ нанесения и проводить испытания на показательных модельных очагах [3].

Особенно важным является переход от классификации только по химической природе жидкости к классификации по совокупности признаков, определяющих тушение. Такой подход позволит избежать переноса нормативов, полученных для метанола или этанола, на МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир), эфиры и другие жидкости с иным механизмом взаимодействия с огнетушащим веществом.

Для перспективных способов — пеностекла, твердого CO_2, CO_2-гидратов и композиционных порошков — необходимо расширить масштаб опытов, сравнив не только продолжительность устранения очага горения, но и период повторного возгорания, скорости снижения испарения, возможности вторичного растекания и технические условия внедрения. Для пен и тонкораспыленной воды необходимо дополнительно стандартизировать способ подачи, поскольку один и тот же состав при различном нанесении может демонстрировать существенно различную эффективность.

Анализ научных работ [2,6] показал, что полярные жидкости не могут быть объединены в единую категорию для целей ликвидации возгораний. Внутри этой группы имеются водорастворимые, частично растворимые и практически водонерастворимые жидкости, существенно различающиеся по летучести, теплоте сгорания, плотности и характеру взаимодействия с огнетушащими средствами.

Эффективность тушения определяется соответствием механизма действия огнетушащего средства и физико-химическим свойствам полярной жидкости. Для AR-пен ключевыми являются: устойчивость покрытия и способ подачи; для тонкораспыленной воды — интенсивность охлаждения и охват поверхности; для CO_2 — сочетание охлаждения и разбавления паровой зоны; для пеностекла — изоляция и подавление испарения; для композиционных порошков — сочетание тушения и иммобилизации жидкости.

Перспективным направлением дальнейшего совершенствования противопожарной защиты является разработка классификации «группа жидкости — физико-химические свойства — сценарий пожара — механизм тушения — огнетушащее средство — способ подачи». Такой подход позволяет обосновать дифференцированный выбор средств тушения и сформировать экспериментальную основу для разработки количественных нормативов, ориентированных не на абстрактную группу полярных жидкостей, а на конкретные классы веществ и сценарии пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, С. Г. Использование твёрдого гранулированного диоксида углерода для тушения пожаров нефтепродуктов и полярных жидкостей в резервуарах / С. Г. Аксенов, В. В. Баталов // Эпоха науки. – 2025. – № 43. – С. 11-13. – EDN AYERHC.

2. Копылов Н. П., Тарбеев А. С., Сушкина Е. Ю., Новикова В. И. Влияние физико-химических свойств на горение и тушение горючих полярных жидкостей // Пожарная безопасность. 2025. № 4. С. 5–15.

3. Копылов Н. П., Федоткин Д. В., Сушкина Е. Ю., Тарбеев А. С. Методология экспериментального исследования тушения пожаров водорастворимых полярных горючих жидкостей // Пожарная безопасность. 2024. № 2 (115). С. 14–22. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.001.

4. Копылов Н. П., Федоткин Д. В., Сушкина Е. Ю., Тарбеев А. С. Особенности горения и тушения простых и сложных эфиров — полярных горючих жидкостей // Пожарная безопасность. 2025. № 3 (120). С. 12–19. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2025.120.3.001.

5. Назаров В. П., Филипчик М. В., Старков Н. Н. Тушение нефтепродуктов и полярных жидкостей в резервуаре диоксидом углерода твердым // Пожаровзрывобезопасность. 2006. Т. 15. № 5. С. 82–85.

6. Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007.

7. Ширяев Е. В., Швырков С. А. Применение гранулированного пеностекла для противопожарной защиты объектов нефтегазового комплекса // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2026. № 1. С. 37–45. DOI: 10.25257/FE.2026.1.37-45.

8. Cong B., Liao G. Experimental Studies on Water Mist Suppression of Liquid Fires with and without Additives // Journal of Fire Sciences. 2009. Vol. 27, No. 2. P. 101–123. DOI: 10.1177/0734904108095339.

9. Hatakeyama T., Aida E., Yokomori T., Ohmura R., Ueda T. Fire Extinction Using Carbon Dioxide Hydrate // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2009. Vol. 48, No. 8. P. 4083–4087. DOI: 10.1021/ie8019533.

10. Kireev O., Tregubov D., Safronov S., Saveliev D. Study Insulating and Cooling Properties of the Material on the Basis of Crushed Foam Glass and Determination of its Extinguishing Characteristics with the Attitude to Alcohols // Materials Science Forum. 2020. Vol. 1006. P. 62–69. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.62.

11. Sugahara A., Nakano H., Yokomori T., Ohmura R., Ueda T. Effect of fuel boiling point of pool flame for the flame extinction by CO_2 hydrate // 10th Asia-Pacific Conference on Combustion (ASPACC 2015). Beijing, 2015.

УДК 614.841.3:620.1

А. П. Слюсарева, А. И. Шакирова
Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева – КАИ

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассмотрены подходы к комплексной оценке пожарной опасности материалов и конструкций с учётом эксплуатационных факторов. Показано, что стандартные испытания необходимо дополнять огневыми экспериментами, моделированием, мониторингом и анализом последствий горения. Особое внимание уделено огнезащите, цифровым методам и обеспечению безопасности промышленных объектов.

Ключевые слова: пожарная опасность, материалы, конструкции, условия эксплуатации, огнезащита, горение, мониторинг, цифровые технологии.

A. P. Slyusareva, A. I. Shakirova

INTEGRATED ASSESSMENT OF FIRE HAZARD OF MATERIALS AND STRUCTURES UNDER OPERATING CONDITIONS

Approaches to integrated assessment of fire hazard of materials and structures are considered taking into account operational factors. It is shown that standard tests should be supplemented by fire experiments, modeling, monitoring and analysis of combustion consequences. Special attention is paid to fire protection, digital methods and industrial safety.

Key words: fire hazard, materials, structures, operating conditions, fire protection, combustion, monitoring, digital technologies.

Повышение концентрации опасных производств, старение основных фондов и усложнение технологических систем формируют устойчивую потребность в объективной оценке пожарной опасности [1]. Материалы и конструкции, применяемые на промышленных объектах, в процессе эксплуатации подвергаются комплексу воздействий: температурным перепадам, увлажнению, механическим нагрузкам, ультрафиолетовому излучению, агрессивным средам. Эти факторы способны изменять исходные характеристики горючести, дымообразования и токсичности продуктов термодеструкции [2]. Поэтому оценка пожарной опасности только по паспортным данным материала недостаточна: необходим учёт реальных условий эксплуатации.

© Слюсарева А. П., Шакирова А. И., 2026

Современная практика опирается на несколько групп методов. Первую составляют стандартизированные лабораторные испытания, регламентированные ГОСТ 12.1.044-2018: определение группы горючести, температуры воспламенения, коэффициента дымообразования, токсичности продуктов горения. Дополнительно применяются методы термического анализа (ТГА, ДСК), испытания в конусном калориметре, оценка распространения пламени по поверхности [3]. Они дают воспроизводимые количественные показатели, но, как правило, не воспроизводят совместное действие эксплуатационных факторов.

Вторую группу образуют натурные и стендовые огневые испытания фрагментов конструкций. Они позволяют оценить огнестойкость, поведение узлов сопряжения, эффективность огнезащитных составов в условиях, приближенных к реальным. Однако такие испытания дорогостоящи и не могут охватить всё разнообразие сценариев эксплуатации.

Третья группа - цифровые методы. Математическое моделирование (зональные и полевые CFD-модели) используется как один из инструментов для прогнозирования динамики прогрева, распространения пламени и дыма. Оно дополняет эксперимент, но не заменяет его. В последние годы развиваются цифровые двойники конструкций и систем противопожарной защиты, а также технологии мониторинга: датчики температуры, газоанализаторы, системы обнаружения пожара, интегрированные с информационными платформами. Это позволяет перейти от периодических проверок к непрерывному наблюдению за состоянием материала.

Важным направлением является снижение пожарной опасности материалов. Применяются антипирены, интумесцентные покрытия, огнестойкие композиты, конструктивные решения с нормируемыми пределами огнестойкости. Эффективность огнезащиты также зависит от условий эксплуатации: покрытие может терять свойства при увлажнении, механическом повреждении или старении [4]. Поэтому оценка должна включать контроль сохранения защитных характеристик в течение жизненного цикла объекта.

Отдельного внимания заслуживают последствия горения. При термической деструкции полимеров, композитов и нефтепродуктов образуются токсичные вещества, включая оксиды углерода и азота, альдегиды, сажу, а в ряде случаев - диоксины и бензапирен. Прогнозирование зон задымления и концентраций опасных веществ необходимо для планирования эвакуации, защиты персонала и минимизации экологического ущерба. Здесь также полезны расчётные модели, но они должны опираться на достоверные данные о свойствах материалов.

Таким образом, комплексная оценка пожарной опасности материалов и конструкций в условиях эксплуатации предполагает сочетание стандартных испытаний, огневых экспериментов, цифрового моделирования и мониторинга. Такой подход позволяет обоснованно выбирать материалы, назначать огнезащиту, планировать профилактические мероприятия и повышать устойчивость промышленных объектов к пожарам. Дальнейшее развитие

связано с совершенствованием нормативной базы, накоплением данных о старении материалов и интеграцией систем мониторинга в единые платформы управления безопасностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная опасность строительных материалов [Текст] / А. Н. Баратов, Р. А. Андрианов, А. Я. Корольченко и др. ; под ред. А. Н. Баратова. — Москва : Стройиздат, 1988. — 380, [1] с. : ил. : 20 см.; ISBN 5-274-00114-9.

2. Сологаев В. И. Пожарная безопасность строительных конструкций и материалов : учебное пособие. – Омск : СибАДИ, 2023. – 107 с.

3. ГОСТ 12.1.044-2018. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М.: Стандартинформ, 2018.

4. Пузач, С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности : монография / С. В. Пузач ; С. В. Пузач ; М-во Рос. Федерации по делам гражд. обороны, чрезвычайн. ситуациям и ликвидации последствий стихийн. бедствий, Акад. гос. противопожар. службы. – Москва : Акад. ГПС МЧС России, 2005. – 336 с.

УДК 61

С. В. Смекалин, С. В. Таволжанский
Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ И ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наиболее серьезными опасностями в производстве пиротехнических средств являются пожары и взрывы. Поскольку количество используемого механического оборудования невелико, механические источники опасности менее значительны и аналогичны тем, которые существуют в других отраслях промышленности.

Ключевые слова: пиротехнические средства, здания, оборудование, тушение, взрывопожароопасность.

S. V. Smekalin, S. V. Tavolzhansky

EXPLOSION AND FIRE HAZARDS ASSOCIATED WITH THE PRODUCTION TECHNOLOGIES FOR PYROTECHNIC AND EXPLOSIVE MATERIALS

© Смекалин С. В., Таволжанский С. В., 2026

Fires and explosions pose the most serious hazards in the manufacture of pyrotechnic products. Since the amount of mechanical equipment used is limited, mechanical hazards are less significant and are similar to those found in other industries.

Keywords: pyrotechnic products, buildings, equipment, fire suppression, explosion and fire hazard.

Чувствительность большинства пиротехнических составов такова, что в рыхлом виде они могут легко воспламениться от удара, трения, искры или нагрева. Пиротехнические составы - пожаро- и взрывоопасны; их рассматривают как взрывчатые вещества.

Многие составы имеют взрывную силу обычных взрывчатых веществ, и работающие подвергаются дополнительной опасности сжечь одежду или получить ожоги от пламени.

При изготовлении пиротехнических средств с использованием вредных веществ (в основном соединений свинца) может возникнуть опасность для здоровья. Следует иметь в виду серьезность последствий при попадании этих составов внутрь организма.

К изготовлению пиротехнических средств разрешается допускать только ответственных и надежных людей. Не рекомендуется принимать на работу лиц моложе 18 лет. Необходимо проведение соответствующего обучения и инструктажа рабочих, а также контролировать их действия.

Перед внедрением любой новой технологии в производство очень важно установить чувствительность соответствующих пиротехнических составов к трению, ударам и теплу, а также их взрывной эффект. Именно от этих свойств должны зависеть характер всего технологического процесса, а также допустимое количество веществ в производственных помещениях, равно как и в складских зданиях и сушилках.

При изготовлении пиротехнических веществ и составов следует соблюдать следующие основные меры предосторожности:

а) конторские помещения, отдельные производственные цехи, помещения для личной гигиены и т.п. необходимо удалить из опасной зоны;

б) для различных технологических процессов в опасной зоне (изготовление, обработка, хранение веществ) должны быть предусмотрены отдельные здания, достаточно удаленные друг от друга;

в) в зданиях для различных операций обработки следует предусмотреть отдельные производственные помещения (цехи или участки);

г) нужно ограничить допустимое количество пиротехнических веществ в зданиях, где производятся их смешивание, обработка, складирование и сушка;

д) количество работающих, одновременно находящихся в различных производственных помещениях, также должно быть ограниченно.

Можно рекомендовать следующие расстояния между производственными зданиями: опасной и неопасной зоны-не менее 30 м; между зданиями для обработки - 15м; расстояние от зданий для сушки, смешивания, складирования до других зданий-от 20 до 40 м в зависимости от числа работников;

между самими зданиями - от 15 до 20 м. Расстояния между производственными зданиями могут быть уменьшены в особо благоприятных случаях, а также когда между ними имеются защитные стенки.

Отдельные здания должны быть выделены для выполнения следующих операций: складирование и подготовка исходных материалов, смешивание, хранение составов, обработка (упаковка, уплотнение, набивка), отделка, сушка и хранение готовых изделий, хранение черного пороха.

Следует хранить в отдельных помещениях следующие исходные материалы: хлораты и перхлораты, перхлорат аммония; нитраты, пероксиды и другие окислители; легкие металлы; горючие вещества; воспламеняющиеся жидкости; красный фосфор; нитроцеллюлозу (ее нужно держать во влажном состоянии). Металлические порошки необходимо защищать от соприкосновения с влагой, жидкими жирами и смазочными веществами.

Конструкция зданий. Для смешивания пиротехнических составов подходит взрывобезопасное здание с легко сбрасываемыми конструкциями (с тремя взрывостойкими стенками, взрывостойким перекрытием и одной взрывовышибной стенкой из пластмассовых панелей). Можно рекомендовать установку защитной стенки напротив взрывовышибной стенки. Помещения для смешивания составов, содержащих хлораты, нельзя использовать для выполнения операций с веществами, содержащими металлы или сульфид сурьмы.

Для сушки оказались практически пригодными взрывобезопасные здания с легко сбрасываемыми конструкциями, а также здания, засыпанные сверху землей, имеющие взрывовышибную стенку. Эти здания по периметру следует окружить насыпью. В помещениях для сушки рекомендуется термостатически поддерживать температуру 50 °С.

Для выполнения различных операций обработки в зданиях должны быть оборудованы отдельные помещения: для заполнения, уплотнения или набивки; для обрезки и запечатывания оболочек; для окраски и лакировки сформованных и наполненных пиротехнических изделий; для добавления к пиротехническим составам специальных компонентов; для хранения пиротехнических составов и промежуточных материалов; для упаковки; для хранения упакованных средств.

Здания для выполнения опасных операций, как правило, должны быть одноэтажными, без подвалов; необходимо, чтобы покрытия и их поверхности защищали от распространения огня; стены производственных помещений должны быть гладкие и моющиеся, полы - с ровной, гладкой поверхностью, без щелей и зазоров (их следует выполнять из мягких материалов, например ксилолита, асфальта без песчаного заполнителя или синтетических материалов).

Применение обычных деревянных полов недопустимо. В комнатах для выполнения опасных операций пол должен быть электропроводным, а обувь работников-с электропроводными подошвами.

Необходимо предусмотреть, чтобы окна и двери во всех помещениях открывались наружу. В рабочее время двери не следует запирать.

Обогрев помещений и зданий открытым огнем недопустим. Для обогрева зданий, где ведется работа с опасными веществами, необходимо использовать только системы водяного, парового (низкого давления) и электрического отопления (в пыленепроницаемом исполнении). Отопительные радиаторы должны быть гладкими; важно, чтобы их конструкция допускала очистку со всех сторон. Не следует использовать ребристотрубчатые радиаторы. Для нагревательных поверхностей и труб рекомендуется температура не выше 115 °С.

Рабочие столы, верстаки и полки должны быть выполнены из огнестойкого материала или дерева твердых пород.

Производственные, складские, сушильные помещения, а также производственное оборудование следует регулярно протирать влажной тряпкой.

Расположение рабочих мест, входов, проходов и запасных выходов должно обеспечивать быструю эвакуацию людей.

Рабочие места надлежит по мере возможности разделять защитными стенками. Необходимо обеспечить безопасные условия хранения материалов.

Все здания оборудуются молниеотводами.

Курить, использовать открытый огонь, держать при себе зажигалки в рабочих помещениях запрещается.

Оборудование. Механические прессы необходимо оснастить защитными экранами или стенками, чтобы при пожаре огонь не угрожал рабочим и не распространялся на соседние рабочие места. При обработке больших количеств материалов прессы следует размещать в отдельных помещениях и оборудовать дистанционным управлением; никому не разрешается находиться в помещении, где работает пресс.

В производственных помещениях следует предусмотреть достаточное количество средств для тушения пожара; их необходимо располагать на видных местах и регулярно проверять. Они должны соответствовать веществам, которые подвергаются обработке. Для тушения загоревшихся металлических порошков используют воду, пену и тетрахлорид углерода. В случае воспламенения одежды рекомендуется облить пострадавшего водой или накрыть шерстяным либо асбестовым покрывалом.

Лица, выполняющие операции с пиротехническими составами либо подвергающиеся опасности воздействия открытого пламени, должны носить одежду из прочного непроницаемого материала. Эту одежду пропитывают огнезащитным составом, регулярно стирают и снова пропитывают огнезащитным составом. Ее ежедневно очищают от пыли в специально отведенном для этого месте.

Пострадавшим должна быть оказана срочная медицинская помощь.

Материалы. Опасные отходы производства в виде веществ с различными свойствами следует собирать и удалять раздельно. Емкости для отходов должны опорожняться ежедневно. Отходы до уничтожения необходимо хранить в защищенном месте на расстоянии не менее чем 15 м от любого

производственного здания. Некачественные материалы и полуфабрикаты обрабатывают как отходы. Их переработка допустима только при условии, что это не представляет опасности.

При обработке вредных для здоровья материалов следует избегать прямого контакта с ними. Вредные газы, пары и пыль должны эффективно и безопасно удаляться вытяжной вентиляцией. Если вытяжная вентиляция недостаточно эффективна, необходимо обеспечить работающих средствами индивидуальной защиты органов дыхания, а также соответствующей спецодеждой.

УДК 61

С. В. Смекалин, С. В. Таволжанский
Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Современные системы противопожарной защиты требуют повышения оперативности и эффективности реагирования на возгорания, что обусловливает актуальность внедрения роботизированных установок пожаротушения (РУП) или, по-другому, установка пожаротушения роботизированная (УПР). Такие установки представляют собой автоматизированные комплексы, способные самостоятельно обнаруживать очаги пожара и подавать огнетушащие вещества в труднодоступных и опасных для человека зонах.

Ключевые слова: роботизированные установки пожаротушения, современные технологии автоматического пожаротушения, ручные средства, мобильные роботизированные комплексы.

S. V. Smekalin, S. V. Tavolzhansky

ROBOTIC FIRE SUPPRESSION SYSTEMS

Modern fire protection systems require faster and more effective responses to fires, making the implementation of robotic fire suppression systems—also known as robotic fire extinguishing unitsa matter of current importance. These systems are automated complexes capable of autonomously detecting fire sources and delivering extinguishing agents to areas that are difficult to access or hazardous to humans.

Keywords: robotic fire suppression systems, modern automatic fire suppression technologies, manual equipment, mobile robotic systems.

© Смекалин С. В., Таволжанский С. В., 2026

Установка пожаротушения роботизированная (далее - УПР) комплекс автоматических устройств, включающий два и более пожарных робота, систему определения координат загорания и устройство программного управления комплексом, соединенных информационным каналом связи и предназначенный для тушения и локализации пожара.

Современные системы противопожарной защиты требуют повышения оперативности и эффективности реагирования на возгорания, что обусловливает актуальность внедрения роботизированных установок пожаротушения (далее - РУП) или, по-другому, установка пожаротушения роботизированная (УПР). Такие установки представляют собой автоматизированные комплексы, способные самостоятельно обнаруживать очаги пожара и подавать огнетушащие вещества в труднодоступных и опасных для человека зонах. Роботизированные системы пожаротушения позволяют минимизировать время реакции и снизить риски для персонала.

Методы пожаротушения, включающие ручное использование огнетушителей, стационарные автоматические спринклерные и дренчерные системы, имеют ряд ограничений.

Ручные средства требуют непосредственного присутствия человека в зоне пожара, что связано с риском для жизни и здоровья. Стационарные автоматические установки ограничены фиксированной зоной действия и не всегда эффективны при сложной конфигурации объекта или в условиях ограниченного доступа. Кроме того, традиционные системы не обеспечивают гибкости и адаптивности при тушении пожаров в динамично меняющихся условиях. В этом контексте роботизированные установки пожаротушения выступают как современное решение, способное повысить надежность и эффективность противопожарной защиты.

УПР представляют собой автоматизированные системы, предназначенные для обнаружения и ликвидации очагов возгорания с использованием мобильных или стационарных роботизированных устройств.

Ключевыми компонентами роботизированных установок являются: системы обнаружения пожара (тепловые, дымовые датчики, видеокамеры), исполнительные механизмы подачи огнетушащих веществ (водяные, пенные, порошковые или газовые), мобильные роботизированные платформы либо стационарные огнетушащие модули, а также система управления, обеспечивающая автоматическое или дистанционное управление процессом тушения.

Конструктивно такие установки могут включать мини-роботов с высокой маневренностью, способных перемещаться в сложных условиях, а также стационарные модули, установленные на фиксированных позициях.

В отличие от традиционных автоматических систем пожаротушения, которые имеют ограниченную зону действия и фиксированные точки подачи огнетушащих веществ, роботизированные установки обладают способностью перемещаться и адаптироваться к изменяющейся обстановке на объекте. Это обеспечивает более гибкое и эффективное тушение пожаров, особенно в

сложных архитектурных или технологических условиях, а также снижает необходимость непосредственного присутствия человека в опасной зоне.

Роботизированные установки пожаротушения оснащаются комплексом датчиков, включая тепловые и дымовые сенсоры, а также видеокамеры с функциями видеонаблюдения и тепловизионного контроля. Системы мониторинга обеспечивают непрерывный анализ параметров среды и визуальный контроль, что позволяет своевременно выявлять очаги возгорания и определять их точное расположение. Интеграция данных с различных сенсоров повышает надёжность обнаружения и снижает вероятность ложных срабатываний.

В зависимости от типа установки и условий эксплуатации применяются различные огнетушащие средства: водяные, пенные, порошковые и газовые. Водяные и пенные системы эффективны при тушении пожаров классов А и В, порошковые — универсальны и применимы для широкого спектра возгораний, включая электрооборудование. Газовые составы (например, инертные газы или хладоны) используются для тушения пожаров в закрытых помещениях, где необходимо минимизировать повреждение оборудования и исключить остатки тушащих веществ.

Роботизированные установки оснащаются системами автоматического управления, которые обеспечивают автономное обнаружение и тушение пожара без участия оператора. При необходимости предусмотрено дистанционное управление с использованием радиоканалов или проводных интерфейсов, что позволяет оператору контролировать работу робота, корректировать маршрут и параметры тушения в реальном времени. Автоматизация включает алгоритмы распознавания признаков возгорания и принятия решений о запуске огнетушащих механизмов.

Мобильные роботизированные комплексы обладают высокой маневренностью, оснащены приводами для движения по различным типам поверхностей, включая лестницы и узкие проходы. Навигация реализуется с помощью датчиков положения, лазерных дальномеров и систем картографирования, что обеспечивает точное ориентирование в пространстве и обход препятствий. Это позволяет эффективно работать в сложных и опасных условиях, обеспечивая доступ к очагам возгорания даже в труднодоступных местах.

РУП обеспечивают быстрый запуск процесса тушения сразу после обнаружения очага возгорания благодаря интегрированным системам автоматического мониторинга. Автономность работы и возможность мгновенного реагирования снижают время между возникновением пожара и началом его локализации, что существенно уменьшает риск распространения огня и минимизирует потенциальные повреждения.

Благодаря компактным размерам и высокой маневренности роботизированные установки способны эффективно работать в условиях, недоступных или опасных для человека: узкие проходы, высотные конструкции, зоны с высоким уровнем токсичности или радиации. Это

расширяет возможности противопожарной защиты объектов с особыми требованиями к безопасности и сложной архитектурой.

Использование роботизированных систем позволяет снизить необходимость непосредственного участия человека в процессе тушения пожара, особенно в экстремальных условиях. Это уменьшает вероятность травм и отравлений среди сотрудников пожарной охраны и обслуживающего персонала, повышая общую безопасность на объекте.

Автоматизация пожаротушения с помощью УПР способствует сокращению затрат на ликвидацию пожаров за счёт минимизации времени реагирования и точечного воздействия на очаг возгорания. Кроме того, применение таких систем снижает объём повреждений имущества и оборудования, что уменьшает финансовые потери и расходы на восстановление после пожара.

Современное развитие роботизированных установок пожаротушения характеризуется повышением мобильности, универсальности и адаптивности устройств. Ведущие производители и исследовательские центры сосредоточены на создании компактных и маневренных роботов, способных работать в сложных и труднодоступных условиях, включая задымлённые и опасные для человека зоны. Кроме того, наблюдается тенденция к использованию модульных конструкций, позволяющих быстро адаптировать установки под конкретные задачи и типы пожаров.

Роботизированное пожаротушение представляет собой важный элемент современной системы противопожарной защиты, существенно повышающий уровень безопасности на объектах с повышенными требованиями к предотвращению и ликвидации пожаров. Их способность оперативно обнаруживать очаги возгорания и проводить локализацию пожара в условиях, недоступных или опасных для человека, позволяет значительно снизить риски для жизни и здоровья персонала, а также минимизировать материальные потери. Использование таких систем способствует сокращению времени реагирования на чрезвычайные ситуации, повышая эффективность мероприятий по тушению пожара и снижая вероятность его распространения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбань Ю.И., Цариченко С.Г. Роботизированные установки пожаротушения — современные технологии пожаротушения с российским приоритетом.

2. ГОСТ Р53326-2009. Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний.

УДК 614.8

И. В. Смирнов, С. А. Шабунин, С. Н. Ульева, А. Л. Никифоров
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ИНТУМИСЦЕНТНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ

В статье описан подход к разработке интумесцентного огнезащитного состава, предназначенный для защиты горючих полимерных материалов. Учитывая, что полимерные материалы могут применяться в качестве отделочных, теплоизоляционных, конструкционных материалов защищать такие материалы требуется не только от воспламенения и распространения пламени, но и от термодеструкции.

Ключевые слова: интумесцентный огнезащитный состав, полимерные строительные материалы, теплового воздействия.

I. V. Smirnov, S. A. Shabunin, S. N. Ulyeva, A. L. Nikiforov

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT COMPOSITION FOR PROTECTING POLYMER CONSTRUCTION MATERIALS FROM THERMAL DAMAGE

The article describes an approach to the development of an intumescent fire-retardant composition designed to protect flammable polymer materials. Given that polymer materials can be used as finishing, thermal insulation, and structural materials, it is necessary to protect such materials not only from ignition and flame spread, but also from thermal degradation.

Keywords: intumescent fire-retardant composition, polymeric building materials, thermal impact.

Уже давно в строительном мире большую популярность обрели полимерные материалы. Принято разделять все полимеры на два больших пласта: природные и синтетические. К природным полимерам, относят древесина и материалы на её основе (ДСП, ДВП). Синтетические полимеры, в основном, это материалы на основе полистирола, а так же полиуретана и пропилена.

Так же давно известно, что в силу строения и химического состава данные строительные материалы невозможно перевести в разряд «негорючие», но при помощи специальных лакокрасочных негорючих составов, антипиренов и т.д, возможно снизить их пожарную опасность. Однако в настоящее время

© Смирнов И. В., Шабунин С. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., 2026

существует не так много способов и методов эффективной защиты полимерных строительных материалов, позволяющих защитить их от термодеструкции.

Термодеструкция — процесс разложения материалов при повышенных температурах, который сопровождается образованием газообразных или жидких веществ, обладающих токсичным действием. Этот процесс в разных полимерах протекает по-разному из-за их химической природы, но во всех случаях приводит к заметному ухудшению ключевых свойств.

Процесс разложение древесины характеризуется снижением её массы. При этом в условиях экстремальной температуры это приводит к ухудшению прочностных характеристик древесины и как следствие к потере несущей способности конструкции.

Синтетические полимеры, не используются в качестве материалов несущих строительных конструкций, но имеют широкое применение в теплоизоляции, а также отделке. При этом процесс термодеструкции в таких материалах проходит заметно быстрее, за счёт наличия в их строении большого количества воздуха. При нагревании частицы воздуха схлопываются приводя к нарушению целостности материала, что далее влечет за собой разрушение защитного слоя, нанесенного на поверхность материла и как следствие приводит к возгоранию полимера [1-2]. При горении синтетические полимерные материалы выделяют большое количество дыма с высокой концентрацией токсичных продуктов горения.

Актуальность темы обусловлена широким распространением полимеров в строительстве, где они применяются в качестве отделочных материалов, теплоизоляции и конструктивных элементов.

Научная новизна заключается в разработке научно-обоснованного подхода к подбору компонентов вспучивающегося состава для защиты полимерных строительных материалов от теплового воздействия.

Цель работы: разработка защитного состава, обеспечивающего сохранение целостности и теплоизолирующей способности строительных конструкций из полимерных горючих материалов.

При рассмотрении этапов термодеструкции древесины и пенополистирола, как двух самых популярных полимерных материала в своих классах, были выявлены следующие закономерности рис.1-2 [1-5].

Проанализировав предложенные на рисунках 1 и 2 результаты, можно сделать вывод о сходстве температурных показателей термодеструкции древесины и пенополистирола, что дало основания для проведения тестовых экспериментальных исследований по подбору компонентов разрабатываего нами огнезащитного состава.

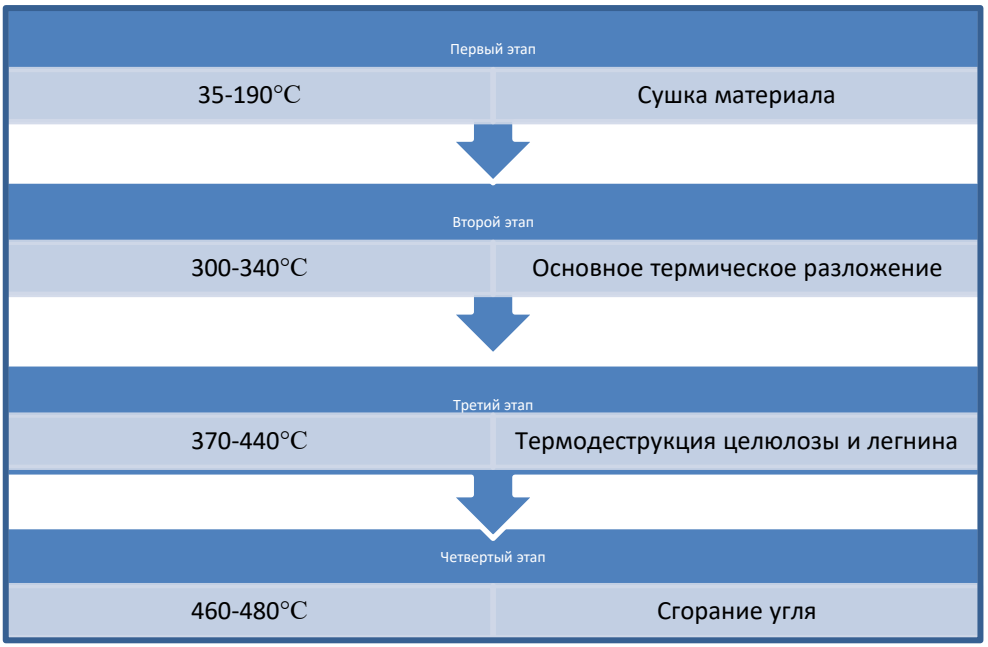


Рис. 1. Этапы термодеструкции древесины

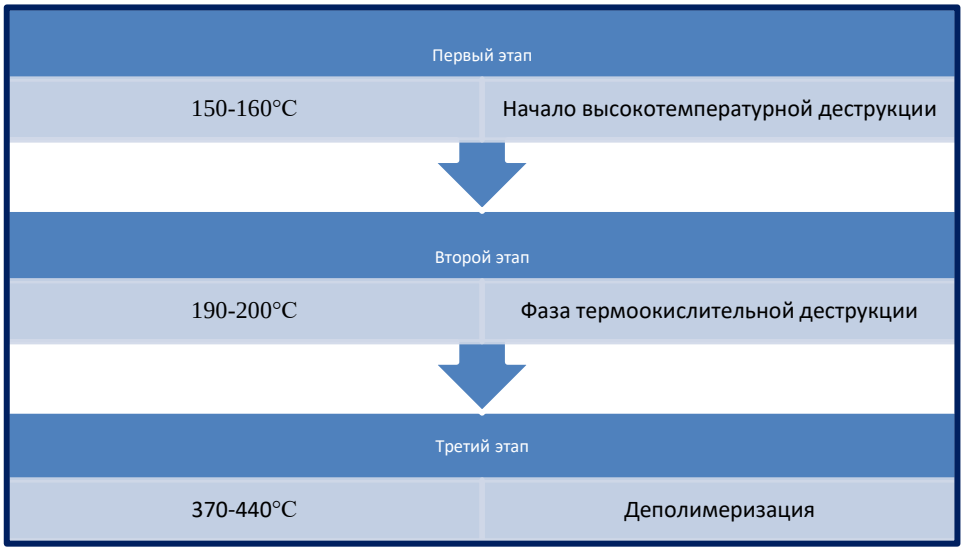


Рис. 2. Этапы термодеструкции пенополистирола

Дальнейшие исследования были проведены экспериментально на натурных образцах, первая серия экспериментальных исследований проводилась на пенополистироле. При нагревании пенополистирола до относительно невысоких температур (80–90 ^{0}C) невооруженным глазом видны следы механической деформации, вызванная схлопыванием пузырьков воздуха. В результате материал сильно изменяет свои изначальные геометрические размеры, что в итоге может вызвать разрушение строительной конструкции [6-7]. Кроме того, этот процесс протекает при температурах значительно меньших, чем температура деструкции самого пенополистирола. В во второй серии

исследований в качестве образцов использовали древесину термическая деструкций начинается при относительно невысоких температурах 200–250 ^{0}C [8-10]. При этом термодеструкция сопровождается выделением газообразных горючих и токсичных продуктов и обугливанием самой древесины. Кроме того, с увеличением температуры процесс интенсифицируется. Учитывая относительно низкие температуры, при которых наступают деструктивные воздействия, низкая температура срабатывания интумесцентной композиций позволит сохранить целостность полимерного материала.

Второй этап исследования проводился с нанесением разработанного нами огнезащитного состава. Разработанная интумесцентная композиция, включающая органический коксообразователь, неорганические донор кислоты и вспениватель наносилась на образец материала. Полученный состав отличается высокой адгезией как к древесине, так и к пенополистиролу. При воздействии пламени газовой горелки спустя 10 с начинает образовываться слой пенококса. По прошествии 30 мин огневого воздействия, высота получившегося слоя пенокоса составляет 35–45 мм. При этом температуре на необогреваемой стороне 60 ^{0}C, а на поверхности достигла 90 ^{0}C. Образующийся пенококс имеет объём, в 35–40 раз превышающий первоначальный объём покрытия.

Разработанная огнезащитная композиция имеет низкий температурный порог срабатывания. Так, при воздействии пламени газовой горелки после 10 с от начала огневого воздействия запускается процесс образования пенококса. В ходе экспериментальных проверок было установлено, что по истечении 30 минут максимальная температура на обогреваемой поверхности материала составила менее 60 °C. Предложенный состав основан на использовании недорогих и недефицитных отечественных производных; производство не требует сложного и энергоемкого оборудования, а использование готового продукта на объектах защиты специальных навыков и специальной подготовки персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Богданов И.А. Краснов А.А. Оценка влияния старения строительных полимеров на показатели их пожарной опасности // «Известия вузов. Технология текстильной промышленности» № 2 (416). С. 310-318.

2. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение древесины и её пожарная опасность // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 8. – С. 15–24.

3. Чернушевич Е.В., Сидоренко М.Н. Исследование термодеструктивной стойкости древесных плит, применяемых для изготовления корпусной мебели // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2025. – № 2

4. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение древесных плит и их пожарная опасность // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27, № 5. – С. 32–41.

5. Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Термическое разложение древесных ориентированно-стружечных плит // Пожарная безопасность. – 2020. – № 1. – С. 45–53. (37). – С. 133–140.

6. Шабунин С.А., Ульева С.Н., Никифоров А.Л. Способ защиты пенополистирольных плит от теплового воздействия в системах фасадной теплоизоляции // В сборнике: Полимерные материалы пониженной горючести. Сборник тезисов XII Международной конференции. Балашиха, 2025. С. 327-330.

7. Шабунин С.А., Ульева С.Н. Никифоров А.Л. Способ защиты пенополистирольных плит от теплового воздействия в системах фасадной теплоизоляции. В книге: Полимерные материалы пониженной горючести. Сборник тезисов XII Международной конференции. Балашиха, 2025. С. 327-330.

8. Кочетова А.А., Румянцев И.А., Янова Я.В., Шабунин С.А., Ульева С.Н. Подходы к огнезащите строительных материалов на основе древесины // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции. Иваново, 2025. С. 203-206.

9. Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Румянцева В.Е., Легкова И.А., Шарабанова И.Ю. Защита целлюлозных материалов от воздействия высоких температур и открытого пламени//Известия вузов. Технология текстильной промышленности. Вып.№2 (410) 2024г.С.207-212.

10. Сиплатов Е.А. Исследование теплоизолирующих свойств огнезащитных составов на древесине: разработка установки, оценка неопределённости и испытания покрытий // Современные проблемы гражданской защиты. 2026. № 2 (59). С. 99-106.

УДК: 378.147.88

О. Н. Сонина, О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова, В. А. Сонина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ В ВУЗАХ МЧС

Рассмотрены особенности использования демонстрационного лабораторного эксперимента в формате видеоролика при обучении в дистанционном формате. Представлен алгоритм подготовки и демонстрации видеоматериала с рекомендациями на каждом этапе.

© Сонина О. Н., Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Сонина В. А., 2026

Ключевые слова: лабораторный эксперимент, горение, дистанционное обучение, видео-демонстрация, рефлексия.

O. N. Sonina, O. E. Storonkina, T. A. Mochalova, V. A. Sonina

DEMONSTRATION LABORATORY EXPERIMENT IN DISTANT LEARNING

The features of using a demonstration laboratory experiment in the format of a video in distance learning are considered. An algorithm for preparing and demonstrating video material is presented with recommendations at each stage.

Keywords: laboratory experiment, combustion, distance learning, video demonstration, reflection.

Демонстрационный эксперимент является важной частью обучения дисциплинам, связанным с пониманием физико-химических особенностей процессов горения, развития и тушения пожаров. Наглядная иллюстрация изучаемых закономерностей обеспечивает возможность осознанно подходить к расчёту и оценке параметров развития и тушения пожаров. В условиях дистанционной формы обучения самостоятельное выполнение обучающимися лабораторных работ рассматриваемого профиля практически невозможно, поэтому особую роль играет качественное представление эксперимента, выполненного на базе лаборатории учебного заведения [1].

Цель работы: разработка алгоритма подготовки демонстрационного эксперимента в рамках обучения дисциплинам технического профиля в дистанционном режиме.

Натурный лабораторный эксперимент можно считать одним из важнейших инструментов в изучении физико-химических закономерностей процессов горения, развития и тушения пожаров. Демонстрация качественно выполненного видеоматериала при дистанционном формате обучения может иметь не меньше преимуществ, чем очное проведение лабораторных занятий (таблица) [2, 3].

Таблица. **Сравнительная характеристика демонстрационного эксперимента в очном и дистанционном формате**

Критерий	Очное обучение	Дистанционное обучение
Наглядность и детализация	Позволяет увидеть эксперимент в реальном времени и масштабе, изучить особенности оборудования и материалов, заметить нюансы (цвет пламени, дыма, звуковые эффекты).	Даёт возможность использовать макросъёмку, режим слоу-мо (съемка с высокой частотой кадров, что позволяет при воспроизведении получить замедленное в несколько раз изображение), графики и инфографику для объяснения процессов

Критерий	Очное обучение	Дистанционное обучение
Интерактивность и вовлечённость	Высокая вовлечённость за счёт присутствия, возможности самостоятельно выполнить эксперимент, задать вопрос по ходу эксперимента. Задействованы все органы чувств	Есть риск потери внимания за счёт пассивного восприятия. Интерактивность достигается за счёт сопровождающих вопросов, пауз для размышлений, вопросов преподавателю
Безопасность	Требует строгого соблюдения техники безопасности	Абсолютно безопасно для обучающихся
Воспроизводимость и повторение	Эксперимент уникален, повторить его в точности сложно, даже при высокой степени воспроизводимости результатов	Возможность многократного просмотра в удобное время, возвращение к ключевым или непонятным моментам
Доступность и ресурсы	Требует доступности лаборатории, оборудования, реактивов и времени на подготовку	Требует только доступа к интернету или носителю с файлом

Для обеспечения максимальной эффективности видео-демонстрации лабораторного эксперимента в ходе дистанционного занятия необходима комплексная подготовка, включающая следующие этапы:

1. Подготовительный. На основе сформулированных в соответствии с изучаемой темой целей и задач занятия разрабатывается сценарий-раскадровка видеоролика, включающая фоновые слайды, текст титров и фоновую музыку. В сценарий включаются следующие разделы:

- заставка с названием дисциплины, раздела тематического плана дисциплины и темы лабораторной работы;
- вводная часть, содержащая: теоретическую базу эксперимента, постановку целей и задач эксперимента;
- экспериментальная часть с необходимыми пояснениями выполняемых действий и фиксируемыми параметрами.
- рефлексивная часть, с пояснением полученных результатов и необходимых расчётов.
-заключительная часть с обсуждением результатов и предварительной формулировкой выводов.

Также на этом этапе следует подготовить лабораторное оборудование, приборы и материалы, которые понадобятся для демонстрации эксперимента. Для выбора наиболее удачного ракурса, обеспечивающего одновременно наглядность опыта и безопасность съемочного оборудования можно выполнить пробный эксперимент.

2. Технический этап (рисунок) включает:

- Съемку. Для получения качественного видеоряда следует использовать штатив, обеспечить хорошее освещение и чистый звук. При наличии технической возможности воспользоваться съемкой в режиме слоу-мо.

- Монтаж видео с добавлением заставки, пояснения теоретической части эксперимента, титров с ключевыми данными (названия веществ, секундомера, температуры и т.п.), стрелок-указателей, звуковой дорожки и фоновой музыки.

3. Демонстрация. Обеспечить интерактивность и вовлечённость обучающихся при просмотре учебного видеоролика – одна из главных задач преподавателя при дистанционном формате обучения. Этого можно достигнуть, используя следующие методические приемы:

- формулировка заданий и вопросов, ответы на которые нужно найти во время просмотра демонстрации эксперимента;

- определение моментов для пауз в видео, которые можно использовать для пояснения, обсуждения увиденного, вопросов о предполагаемом сценарии развития эксперимента;

- использование повтора ключевых моментов видеоролика или стопкадров, сопровождаемых вопросами и пояснениями, например: «о чем говорит скачок температуры в это момент?», «потеря массы при сгорании в этих условиях будет выше или ниже, чем в предыдущем эксперименте, обоснуйте»;

- рефлексивная часть должна сместить фокус внимания с вопроса «Что произошло?» на вопросы «Почему это произошло именно так?», «Насколько это доказательно?» и «Каково прикладное значение?». Следует модерировать дискуссию, подталкивая обучающихся к более глубоким выводам и связям с теоретическим материалом. В качестве инструмента можно использовать экспресс-SWOT - анализ продемонстрированного эксперимента, предложив проанализировать его по ключевым критериям:

S (Strengths - сильные стороны): В чём сильные стороны использованного экспериментального подхода? Насколько важны полученные данные для прикладных расчётов?

W (Weaknesses - уязвимости): Какие у данного метода недостатки или спорные моменты? Насколько надежны полученные таким способом данные?

O (Opportunities -перспективы): Можно ли технику эксперимета как-то усовершенствовать, какие новые исследования можно на его основе провести?

T (Threats -угрозы): Какие риски (технические, методологические) могут привести к неверным выводам?



Рисунок. Технический этап подготовки демонстрационного видеоролика:
А - съемка видеоматериала; Б, В - монтаж с добавлением ключевых данных

При дистанционном формате обучения видеоролик является основным форматом эксперимента. Использование предложенного алгоритма позволит выполнить качественную демонстрацию лабораторного эксперимента, обеспечивая наглядность, безопасность и доступность эксперимента для обучающихся, многократно повышая методическую ценность данного инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мочалова Т.А. Современные методы обучения и организации практических занятий в вузах МЧС России / Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина, Л.Н. Чеснокова // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 года. – Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2017. – С. 568-570. – EDN ZCBGNR.

2. Бобылев Ю.В. О применении виртуального демонстрационного и лабораторного эксперимента по физике в высшей школе / Ю. В. Бобылев, А. И. Грибков, Р. В. Романов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2016. – № 21(242). – С. 163-167. – EDN WYIEXD.

3. Шаповалов А.А. Учебный эксперимент в структуре технологий смешанного обучения / А.А. Шаповалов, Л.Е. Андреева // Человек и образование. – 2021. – № 4(69). – С. 125-132. – DOI 10.54884/S181570410018639-7. – EDN SBSWDK.

УДК 614.841.41

В. Н. Сопот, А. А. Трегубов
Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А. В. Хрулёва

ПОЖАРООПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАГЛУБЛЁННЫХ УКРЫТИЙ

Целью настоящей статьи является системный анализ пожароопасности строительных материалов, применяемых в современных блиндажах, временных полевых укрытиях и гражданских заглублённых укрытиях, комплексная оценка поведения различных материалов в условиях пожара в замкнутых подземных пространствах.

Ключевые слова: заглублённые укрытия, пожароопасность, строительные материалы, полимерные материалы, дымообразование, токсичность продуктов горения.

© Сопот В. Н., Трегубов А. А., 2026

V. N. Sopot, A. A. Tregubov

FIRE HAZARD OF MODERN MATERIALS FOR UNDERGROUND SHELTERS

The purpose of this article is a systematic analysis of the fire hazard of building materials used in modern bunkers, temporary field shelters, and civil underground shelters, as well as a comprehensive assessment of the behavior of various materials under fire conditions in enclosed underground spaces.

Keywords: underground shelters, fire hazard, building materials, polymer materials, smoke generation, combustion toxicity

Введение

Пожароопасность в заглублённых укрытиях и полевых фортификационных сооружениях принципиально отличается от таковой в наземных зданиях. В замкнутых или полузамкнутых подземных пространствах скорость накопления продуктов горения значительно выше, чем на поверхности, а сложность эвакуации людей и внешнего спасения также существенно возрастает. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1] и ГОСТ 30244-94, ГОСТ Р 57270-2016 [2, 3] предоставляют стандартизированную классификационную систему для оценки пожароопасности строительных материалов.

Согласно ГОСТ 30244-94 строительные материалы по горючести делятся на негорючие (НГ) и горючие (Г), причём горючие материалы дополнительно подразделяются на четыре группы: Г1 (слабогорючие), Г2 (умеренногорючие), Г3 (нормальногорючие), Г4 (сильногорючие). Кроме того, пожароопасность материалов включает пять измерений: горючесть, воспламеняемость, распространение пламени по поверхности, дымообразующую способность и токсичность продуктов горения.

Пожарные риски материалов для заглублённых укрытий имеют особый характер. Во-первых, замкнутое пространство приводит к быстрому накоплению тепла и дыма; во-вторых, ограниченные условия вентиляции способствуют более высокой концентрации продуктов неполного сгорания; в-третьих, пути эвакуации обычно однонаправлены, и окно для спасения при пожаре крайне коротко. Поэтому при оценке материалов важность показателей дымообразования (Д) и токсичности (Т) часто превышает важность класса горючести.

Анализ пожароопасности основных категорий материалов

Негорючие материалы (НГ) [4, 5]

Бетон и железобетон — наиболее безопасная категория материалов для заглублённых укрытий. Обычный бетон, железобетон, а также минеральные волокна в фибробетоне относятся к негорючим материалам, не участвуют в процессе горения и не выделяют дым или токсичные газы. Стальная или

базальтовая фибра в фибробетоне также является негорючим компонентом, её введение не изменяет негорючих свойств матрицы. Однако железобетон при длительном воздействии высоких температур может растрескиваться и терять несущую способность, но этот процесс не сопровождается выделением продуктов горения.

Минеральная вата (базальтовая) как используемый теплоизоляционный материал для заглублённых укрытий относится к негорючим материалам (НГ). Температура плавления базальтового волокна превышает 1000°С, в условиях пожара оно не горит и не выделяет токсичных газов, являясь идеальным тепло- и звукоизоляционным материалом для подземных пространств. Однако следует отметить, что минеральная вата при увлажнении резко теряет теплоизоляционные свойства, а органические связующие в некоторых продуктах при высоких температурах могут разлагаться с выделением небольшого количества дыма.

Металлические материалы (сталь, оцинкованная сталь, алюминий) являются негорючими. Гофрированные стальные конструкции и металлические профили в заглублённых укрытиях выполняют в основном конструкционные функции и в условиях пожара не становятся источником топлива. Однако высокая теплопроводность металла может передавать внешнее тепло внутрь укрытия, а при высоких температурах прочность значительно снижается.

Материалы на древесной основе и композиты (горючие)

Фанера (ФСФ/ФОФ) и плиты ОСП относятся к сильногорючим материалам класса Г4. Согласно классификации ГОСТ 30244, такие материалы при пожаре не только интенсивно горят, но и выделяют большое количество дыма и токсичных газов (формальдегид, оксид углерода и др.). В предоставленных сводных материалах фанера и ОСП чётко обозначены как «горючие (Г4), требуется огнебиозащитная обработка». Однако эффективность огнезащитной обработки (антипирены) ограничена и может снижаться со временем.

LVL-брус и CLT-панели также относятся к горючим материалам. Хотя плотная структура инженерной древесины увеличивает время воспламенения по сравнению с обычной древесиной, при вовлечении в горение скорость тепловыделения высока, а клеевые связующие при термическом разложении могут выделять токсичные вещества. В заглублённых укрытиях эти материалы используются в основном для внутреннего каркаса и обшивки и должны быть изолированы от источников огня.

Цементно-стружечные плиты (ЦСП) и фибролитовые плиты (ФЛП) относятся к трудногорючим или умеренногорючим материалам класса Г1-Г2 (чаще Г1), таблица. ЦСП с цементным связующим имеет низкое содержание органических компонентов и обладает хорошей огнестойкостью; древесная шерсть в ФЛП минерализована и обёрнута цементом, что значительно улучшает показатели горючести по сравнению с обычными материалами на древесной основе. Их дымообразующая способность и токсичность также значительно ниже, чем у ОСП и фанеры.

Таблица. **Сравнение пожароопасности плит на древесной основе и композитных плит**

Материал	Группа горючести	Дымо образование	Токсичность	Применимость в заглублённых укрытиях
ЦСП	Г1-Г2	Д1-Д2	Т1-Т2	Хорошая
ФЛП	Г1-Г2	Д2	Т2	Хорошая
Фанера ФСФ	Г4	Д3	Т3-Т4	Требуется огнезащита
ОСП-3	Г4	Д3	Т3-Т4	Требуется огнезащита
LVL-брус	Г3-Г4	Д3	Т3	Требуется огнезащита

Полимерные теплоизоляционные материалы

Экструдированный пенополистирол (XPS) относится к горючим материалам класса Г3-Г4. XPS при горении выделяет большое количество густого чёрного дыма, содержащего стирол, оксид углерода и другие токсичные компоненты. При использовании XPS в качестве теплоизоляционного слоя в заглублённых укрытиях необходимо полное покрытие негорючими материалами (например, гипсокартоном или фиброцементными плитами) для создания эффективного противопожарного барьера.

Полиуретан (PUR) и полиизоцианурат (PIR) – используемые теплоизоляционные материалы в сэндвич-панелях. PUR относится к горючим материалам класса Г3-Г4, при горении выделяет цианистый водород и другие высокотоксичные газы. PIR по пожарным характеристикам превосходит PUR, обычно достигая класса Г2, но риск горения сохраняется. В заглублённых укрытиях сэндвич-панели с PUR/PIR требуют дополнительной огнезащиты и не должны применяться на путях эвакуации или в критических несущих элементах.

Пожарные характеристики сэндвич-панелей в целом: сэндвич-панели с минеральной ватой могут достигать класса К0 (негорючая конструкция), тогда как панели с PUR/PIR или EPS обычно достигают лишь класса К1-К2. Панели с PIR могут соответствовать классу К1 (низкая пожарная опасность) и при наличии соответствующей сертификации могут применяться в подземных сооружениях [6, 7].

Полимерные геотехнические материалы

Полиэтиленовые геомембраны (HDPE/LDPE) и геотекстиль относятся к сильногорючим материалам класса Г4 [8]. Согласно соответствующим нормативным документам, горючесть полипропиленового или полиэфирного геотекстиля относится к группе Г4, распространение пламени– РП1–РП3, воспламеняемость – В2–В3. Температура воспламенения полиэтилена не ниже 280 °С, температура самовоспламенения около 325–350 °С.

В применении к заглублённым укрытиям геотекстиль и геомембраны используются в основном для гидроизоляции и дренажа, обычно покрыты

бетоном или грунтом. Однако на этапе строительства или обслуживания открытые геотекстильные материалы подвержены риску воспламенения от сварочных искр или открытого огня. При горении геотекстильные материалы выделяют расплавленные капли и густой дым, содержащий оксид углерода, непредельные углеводороды и другие вредные компоненты [9].

Маскировочные и внутренние отделочные материалы

Маскировочные сети и полимерные покрытия обычно изготавливаются из полиэстера или нейлона и относятся к горючим материалам. В полевых условиях эти материалы покрывают поверхность укрытия, и при воспламенении от зажигательных боеприпасов или трассирующих пуль могут стать каналом распространения пламени по поверхности.

Резиновые маты и конвейерная лента в качестве противорикошетного и демпфирующего слоя также относятся к горючим материалам. Резина при горении выделяет густой чёрный дым и серосодержащие соединения, что особенно опасно в подземных пространствах.

Особые пожарные риски в подземных пространствах

Пожарные риски заглублённых укрытий существенно отличаются от наземных зданий и проявляются в следующем:

Накопление дыма: в замкнутых пространствах дым не может быстро удаляться, видимость может упасть до нуля в течение нескольких минут. Даже если материал имеет класс горючести всего Г2, но дымообразующая способность Д3, это может привести к смертельным последствиям. Согласно ГОСТ, материалы класса Д3 при горении могут снизить видимость для эвакуации до нуля в течение короткого времени.

Концентрация токсичных газов: в подземных пространствах концентрация оксида углерода и цианистого водорода растёт значительно быстрее, чем на поверхности. Цианистый водород, выделяемый при горении полиуретана, может привести к смерти в течение нескольких минут. Поэтому в заглублённых укрытиях показатель токсичности (Т) материала более критичен, чем показатель распространения пламени (РП).

Неполное сгорание: ограниченное поступление кислорода в подземных пространствах часто приводит к неполному сгоранию материалов с образованием большего количества оксида углерода и органических продуктов пиролиза. Это означает, что даже материалы с хорошими характеристиками горения в наземных условиях могут выделять более высокие концентрации токсичных газов в подземной среде.

Сложность удаления дыма: в отличие от наземных зданий, заглублённые укрытия обычно не имеют эффективных условий для естественного дымоудаления. Механические вентиляционные системы при пожаре могут отказать или быть принудительно отключены, что ещё больше усугубляет накопление дыма.

Рекомендации по выбору материалов и снижению рисков [10]

На основе проведённого анализа выбор материалов для заглублённых укрытий должен следовать следующим принципам:

Приоритет негорючих материалов: бетон, железобетон, минеральная вата, металл и фиброцементные плиты должны быть предпочтительными материалами для несущих конструкций и внутренней обшивки заглублённых укрытий. Минеральная вата как теплоизоляционный материал обладает незаменимым преимуществом негорючести в подземных пространствах.

Ограничение области применения органических материалов: если необходимо использовать органические теплоизоляционные материалы, такие как XPS, PUR/PIR, они должны быть полностью заключены между слоями негорючих материалов с образованием эффективного противопожарного барьера. В путях эвакуации, эвакуационных выходах и критических жилых зонах не следует использовать горючие материалы класса Г3-Г4.

Внимание к показателям дымообразования и токсичности: при выборе материалов следует отдавать предпочтение материалам с дымообразованием Д1-Д2 и токсичностью Т1-Т2. Для органических материалов, даже если класс горючести Г1, но дымообразующая способность Д3, в подземных пространствах всё равно требуется осторожная оценка.

Ограниченность эффективности огнезащитной обработки: хотя огнебиозащитная обработка может снизить горючесть древесины и ОСП, эффект обработки может со временем снижаться, а сами антипирены при высоких температурах могут выделять токсичные вещества. Не следует рассматривать огнезащитную обработку как достаточное условие для безопасного использования горючих материалов в подземных пространствах.

Пожарная профилактика на этапах строительства и обслуживания: пожарные риски заглублённых укрытий на этапе строительства (открытые геотекстильные материалы, сварочные работы) и в период обслуживания (проверка электрооборудования) часто выше, чем на этапе эксплуатации. Необходимо разрабатывать специальные меры противопожарной защиты при строительстве, включая согласование огневых работ, оснащение средствами пожаротушения и временные схемы вентиляции.

С развитием материаловедения новые неорганические композитные материалы (такие как фиброармированные цементные материалы) и улучшенные огнестойкие полимерные материалы могут обеспечить лучшие характеристики пожарной безопасности в применении к заглублённым укрытиям. Однако любой новый материал перед применением в подземных замкнутых пространствах должен пройти комплексную оценку посредством стандартизированных огневых испытаний, с особым вниманием к его поведению при горении в условиях ограниченной вентиляции и токсичности продуктов горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

2. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.1996. – Режим доступа: https://protect.gost.ru/gost/details/0f7d90a1-0933-47e4-a058-5efc1325efa4

3. ГОСТ Р 57270-2016 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть». – Режим доступа: https://uc.foresltd.com/wp-content/uploads/2025/07/gost-r-57270-2016.pdf.

4. ОДМ 218.3.061-2015. Рекомендации по применению композитных конструкций и материалов с параметрами горючести «НГ» для объектов.

5. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

6. Требования пожарной безопасности к проектированию зданий и строений из сэндвич-панелей с теплоизоляцией из пенополиуретана PUR и пенополиизоцианурата PIR// НАППАН. – 2016

7. Заключение о пределах огнестойкости конструкций из сэндвич панелей «Ruspan» // СЗРЦ ТЕСТ. – 2022

8. СТО 008-2020. Геомембрана. Требования безопасности

9. СТО 37483884-002-2017. Геополотно. Требования безопасности и охраны окружающей среды

10. Пожаробезопасность материалов: классификация, советы по выбору // Химтраст. – 2022

УДК 614.841.41

В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ АГЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТКАНЕЙ С ОГНЕЗАЩИТНЫМ ПЛЕНОЧНЫМ ПОКРЫТИЕМ

В статье рассмотрен вопрос получения огнезащищенных текстильных материалов путем поверхностного нанесения вспучивающихся огнезащитных составов. Проанализированы вещества, добавляемые в пленочные покрытия в качестве вспучивающихся агентов. Отмечены перспективы создания вспучивающихся огнезащитных составов для текстильных материалов различного назначения.

Ключевые слова: пожарная опасность, текстильные материалы, огнезащита, пленочное покрытие, интумесцентный состав.

© Спиридонова В. Г., Циркина О. Г., 2026

V. G. Spiridonova, O. G. Tsirkina

FEATURES OF CHOOSING INTUMESCENT AGENTS FOR PRODUCING FABRICS WITH A FIRE-RESISTANT FILM COATING

The article examines the issue of producing fire-retardant textile materials by surface application of intumescent fire-retardant compounds. The substances added to film coatings as intumescent agents are analysed. The prospects for developing intumescent fire-retardant compounds for textile materials of various purposes are noted.

Key words: fire hazard, textile materials, fire protection, film coating, intumescent composition.

Вопрос придания огнезащитных свойств текстильным материалам различного назначения не теряет своей актуальности. Большая часть тканей и изделий из них относится к легковоспламеняемым и способным быстро распространять пламя по поверхности [1]. К примеру, вертикальная скорость распространения пламени по поверхности для ткани «миткаль» (103 г/м^2) из натурального хлопкового волокна, применяемой для пошива постельных принадлежностей, достигает 30,1 мм/с, а для ткани технического назначения «саржа» (250 г/м^2) аналогичного состава – 23,9 мм/с. Для смесовой ткани «Консул» (235 г/м^2) из хлопковых и полиэфирных волокон, применяемой для пошива спецодежды, вертикальная скорость распространения пламени составляет 22,3 мм/с [2], для ткани «Вельбоа» (220 г/м^2) из полиэстера с длиной ворса
3–5 мм, используемой для пошива игрушек, доходит до 9,55 мм/с [3]. Все рассмотренные ткани являются легковоспламеняемыми.

Огнезащитная обработка текстильных материалов может осуществляться как при формировании волокон, так и на стадии отделки готовых тканей. Первый метод применим для синтетических волокон, когда огнезащитная добавка вводится в расплав полимера. Для тканей из натуральных волокон, широко применяемых во всех сферах жизнедеятельности человека, подходит только второй метод.

Огнезащитный состав для текстильного материала может наноситься как пропиточным, так и поверхностным способом. В настоящее время перспективным направлением снижения пожарной опасности тканых материалов является использование интумесцентных составов, предполагающих нанесение на поверхность ткани полимерного пленочного покрытия, содержащего антипирен. Проводимые в данной области экспериментальные исследования направлены на решение ряда задач, связанных с созданием и эксплуатацией огнезащищенных текстильных материалов [4] (рис. 1).

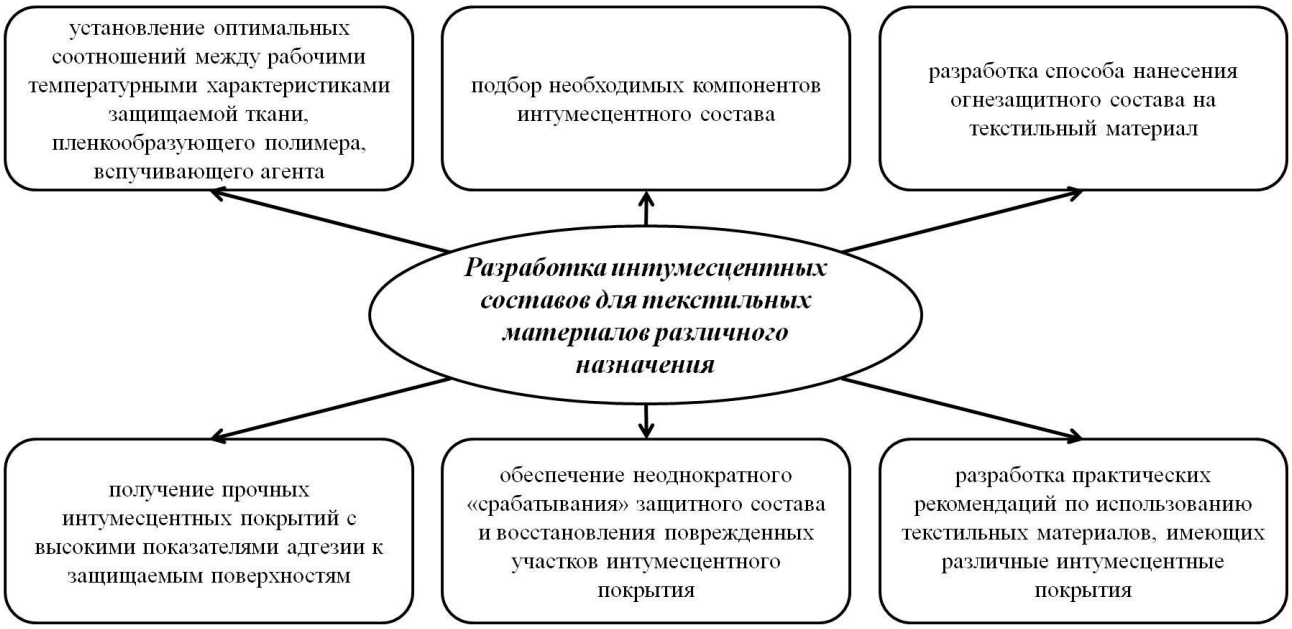


Рис. 1. Направления исследований в рамках разработки интумесцентных составов для текстильных материалов и изделий из них

Таблица 1. **Справочные данные по пожаровзрывоопасности натуральных целлюлозных волокон**

Характеристика ткани	Артикул	Скорость распространения пламени, мм/с		Кислородный индекс, %	Начало термического разложения в воздушной среде, °С	Окончание термического разложения в воздушной среде, °С	Температура максимальной скорости деструкции в воздушной среде, °С	Процент потери массы, %
		вертикальная	горизонтальная					
саржа 250 г/м^2 100ХВ	7153	23,9	1,63	20,0	289	465	312	93,9
авизент 393 г/м^2 100ХВ	6700	22,4	1,22	21,3	253	429	302	95,3
брезент 500 г/м^2 45ХВ+ 55ЛНВ	11290	21,2	1,10	22,2	177	443	297	98,9
Примечание: ХВ – хлопковое волокно; ЛНВ – льняное волокно.								

Наиболее важными направлениями являются подбор необходимых компонентов интумесцентного состава и установление оптимальных рабочих соотношений между тканью, пленкообразующим полимером и вспучивающим агентом. Применение вспучивающихся огнезащитных составов наиболее актуально для тканей технического назначения, используемых для промышленных нужд, в том числе в качестве укрывных материалов. В связи с этим для проведения исследований были выбраны технические ткани «саржа», «брезент» и «авизент», характеристика которых представлена в табл. 1 [2].

В качестве полимера, за счет которого на поверхности целлюлозосодержащей ткани формируется пленка, использовался эмульсионный поливинилхлорид (ПВХ). Характеристики веществ и наполнителей, применяемых в рецептурах композиционных материалов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Характеристика применяемых в рецептурах композиционных материалов веществ и наполнителей**

Название	**Формула**	**Характеристика вещества**	**Область применения**
Поливинилхлорид (ПВХ) эмульсионный	$– (CH_2 – CHCl)_n –$	порошок белого цвета	полимерное покрытие
Диоктилфталат (ДОФ)	$C_6H_4(COOC_8H_{17})_2$	бесцветная вязкая жидкость	пластификатор
Шунгит	$C_{тв.}$ (96-99 %)	механическая смесь порошок черного цвета $t_{пл.}$~ 770 °С	широкая, в т.ч. радиационная защита

В качестве вспучивающегося агента был выбран шунгит. Выбор данного вещества обусловлен тем, что в структуре шунгита есть кристаллизационная вода. Когда такое покрытие нагревают, эта вода испаряется – объем частицы резко увеличивается. В итоге формируется коксовый слой, создающий барьер: он плохо проводит тепло, защищая нижележащие слои от прямого воздействия огня и высокой температуры [5].

При воздействии пламени на поверхность огнезащитного состава на основе шунгита образуется вспученная поверхность (рис. 2). Вспучивание сопровождается выделением белого и серого дыма, пламя горит зеленым цветом.

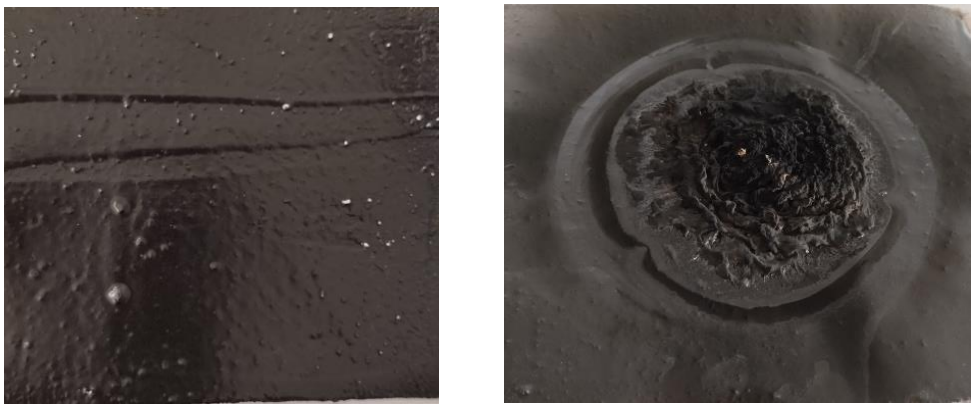
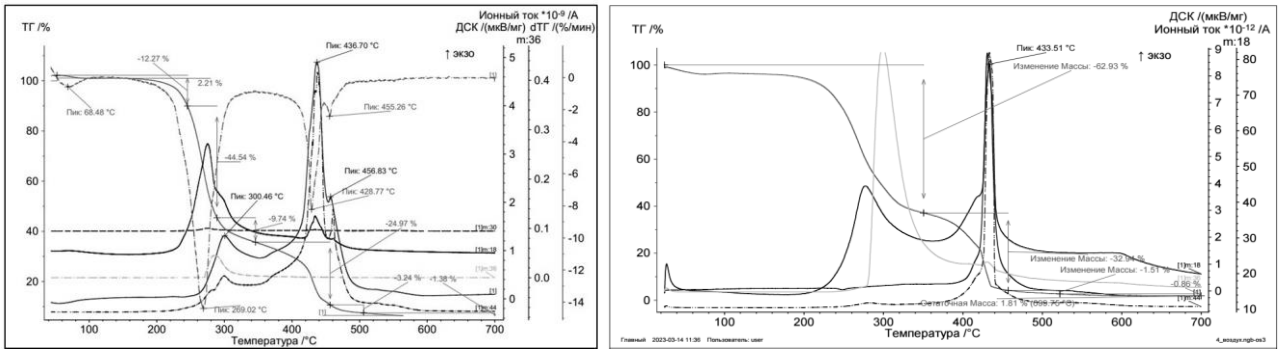


Рис. 2. Образец «авизента» до и после вспучивания огнезащитного состава с добавлением шунгита

В рамках методов исследования пожарной опасности текстильных материалов, содержащихся в ряде нормативных документов, можно определить, является ли исследуемый образец в одном случае легко- или трудновоспламеняемым, в другом – огнестойким или не огнестойким. Однако для материалов с нанесенными огнезащитными композитами такие результаты не позволяют провести сравнительный анализ и выбрать наиболее эффективный композит [6], поэтому с целью изучения поведения полученных образцов под действием повышенных температур использованы методы термического анализа.

Результаты термического анализа для «брезента» и «саржи» представлены на рис. 3.



а **б**

Рис. 3. Результаты термического анализа для тканей «брезент» (а) и «саржа» (б) с нанесенным огнезащитным составом с добавлением шунгита

Анализ полученных результатов показывает, что термогравиметрические кривые (ТГ) и кривые дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) имеют схожий характер. Интенсивное термическое разложение образцов начинается при средней температуре 250 °C, завершается при средней температуре 450 °C. Максимальный пик на кривой теплового потока

отмечается при температурах 436,7 °С для «брезента» и 433,51 °С для «саржи» [6, 7].

Таким образом, использование шунгита в качестве вспучивающегося агента позволяет получить композиционное покрытие на поверхности текстильного материала, способное образовывать вспученный слой при огневом воздействии. Дальнейшие исследования направлены на совершенствование огнезащитных свойств полученной композиции и подбор пленкообразующих полимеров, позволяющих повысить эффективность огнезащиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. База данных по пожарной опасности текстильных материалов в целях судебной пожарно-технической экспертизы / О.Г. Циркина, С.А. Сырбу, В.Г. Спиридонова, А.Х. Салихова, Е.А. Шварев, В.А. Комельков, Н.А. Таратанов, С.А. Шабунин, О.Е. Сторонкина, Т.А. Мочалова. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2025624963, 07.11.2025. Заявка № 2025624754 от 30.10.2025.

3. Попова Е.С., Спиридонова В.Г. Пожарная опасность текстильных материалов для изготовления мягких игрушек // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Иваново, 21 мая 2026 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2026. С. 384-388.

4. Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей различного функционального назначения / В.Г. Спиридонова, Д.В. Сорокин, А.Л. Никифоров, О.Г. Циркина // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 125-132.

5. Огнестойкое экранирующее покрытие на основе шунгитсодержащей краски / Е.С. Белоусова, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков [и др.] // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2013. Т. 5, № 4. С. 97-109.

6. Влияние наполнителей ПВХ-покрытия целлюлозосодержащих текстильных материалов на эффективность их огнезащиты / С.А. Сырбу, О.Г. Циркина, Н.Н. Колесникова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 2 (416). С. 181-195.

7. Проблемные вопросы придания текстильным материалам специальных защитных свойств / С.А. Сырбу, О.Г. Циркина, А.Х. Салихова [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 133-140.

УДК 614.841

О. Е. Сторонкина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЗАТУХАЮЩИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ТЕРМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН В ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

В статье приведена зависимость степени термического поражения полиэфирных волокон текстильных материалов от температур 150 °С–200 °С и времени воздействия. На основании полученных экспериментальных данных составлена схема распространения пожара.

Ключевые слова: термическое поражение, затухающие тепловые потоки, полиэфирное волокно, поляризационная микроскопия.

O. E. Storonkina

ANALYSIS OF THE EFFECT OF DECAYING HEAT FLUXES ON THE THERMAL BEHAVIOR OF POLYESTER FIBERS IN TEXTILE MATERIALS

The article presents the relationship between the degree of thermal damage to polyester fibers in textile materials and temperatures ranging from 150 °C to 200 °C, as well as the duration of exposure. Based on the experimental data obtained, a fire spread model has been developed.

Key words: thermal damage, decaying heat fluxes, polyester fiber, polarization microscopy.

Расследование пожаров в жилых помещениях требует расширения доказательной базы за счет углубленного анализа следов термического воздействия на текстильную бытовую обстановку. Особое внимание уделяется изучению полиэфирных нитей и волокон, которые составляют основу большинства современных текстильных изделий и мягкой мебели. Выбор данного типа материала обоснован его глобальным преобладанием в текстильной промышленности и ежегодным увеличением доли потребления полиэфирного сырья по сравнению с альтернативными видами волокон [1].

Следственная практика зачастую не уделяет должного внимания анализу обгоревших остатков текстиля и мягкой мебели. Пренебрежение обусловлено убеждением, что текстильные материалы полностью уничтожаются в зоне активного горения, не оставляя значимых следов. Однако такой подход игнорирует состояние материалов в периферийных зонах термического воздействия. Представляется целесообразным выдвинуть гипотезу о том, что

© Сторонкина О. Е., 2026

текстильные остатки, находящиеся за пределами очага интенсивного горения, обладают высоким диагностическим потенциалом [2].

Поэтому, целью данного исследования являлось установление влияния затухающих тепловых потоков в помещении, на степень термического поражения полиэфирных волокон текстильного материала.

Испытания проводились самостоятельно на оборудовании учебной лаборатории Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

На первом этапе нами были отобраны образцы тканей размером 10×10 см, имеющем в своем составе полиэстер. В таблице 1 представлены образцы тканей.

Таблица 1. **Образцы тканей и их состав**

 Образец № 1. Ткань ARGO. Состав: 100 % полиэстер	 Образец № 2. Ткань FREEDOM. Состав: 100 % полиэстер	 Образец № 3. Ткань Атлас-жаккард. Состав: полиэстер 65 %, хлопок 35 %	 Образец № 4. Джутовая. Состав ткани: полиэфир 60 %, натуральное волокно 40 %

На втором этапе образцы ткани были подвергнуты температурным воздействиям в муфельной печи, предварительно разогретой, до температур 150, 200, 250 и 300 °С в течение 10 минут. В табл. 2–5 представлены образцы тканей после температурного воздействия.

Таблица 2. **Образец ткани № 1 после температурного воздействия**

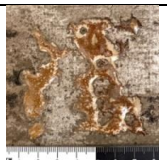
 150 °С Образец сохранил мягкость, усадка и видимая деформация отсутствуют. Цвет образца – фиолетово-голубой	 200 °С Незначительная усадка, структура сохранена. Цвет образца изменился до светло – сиреневого оттенка.	 250 °С Образец стал жестким, начал давать усадку и деформироваться. Цвет образца изменился до сиреневого оттенка.	 300 °С Образец ткани спекся, застывший расплав коричневого цвета с серыми вкраплениями.

Таблица 3. **Образец ткани № 2 после температурного воздействия**

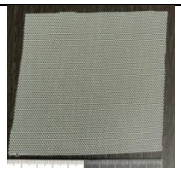
 150 °С Образец мягкий, усадка и видимая деформация отсутствуют. Цвет ткани белый.	 200 °С Образец стал более жестким, усадка и видимая деформация отсутствует. Поверхность ткани приобрела упругие свойства, цвет образца не изменился.	 250 °С Образец спекся, сильно скрутился, застывший расплав кремового цвета с серыми вкраплениями.

Таблица 4. **Образец ткани № 3 после температурного воздействия**

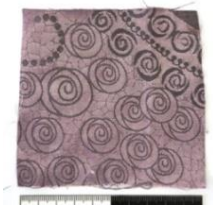
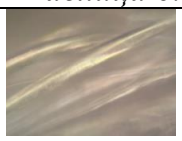
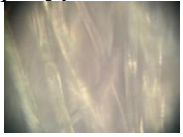
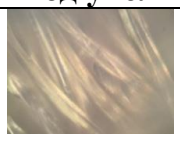
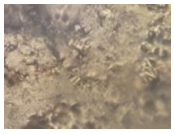
 150 °С Изменения в структуре и внешнем виде образца отсутствуют. Цвет ткани сиреневый.	 200 °С Деформация образца, появление жесткости, но структура сохранена. Цвет образца изменился до светло-сиреневого оттенка.	 250 °С Оплавление поверхности материала до твердой пленки, переплетение волокон неразличимо

Таблица 5. **Образец ткани № 4 после температурного воздействия**

 150 °С Образец сохранил мягкость, усадка и видимая деформация отсутствуют	 200 °С Изменение цвета образца, усадка и скручивание краев к центру	 250 °С Образец полностью расплавился и спекся

На следующем этапе все образцы до и после высокоинтенсивного нагрева были исследованы под стереоскопическим микроскопом Микромед МЕТ С [3]. В табл. 6–9 представлены образцы тканей под увеличением в 1200 раз.

Таблица 6. **Образец ткани № 1 под увеличением в 1200 раз**

 без температурного воздействия  100 °С	 150 °С  200 °С	 250 °С  300 °С

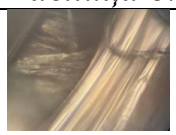
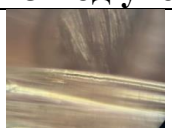
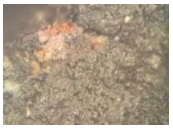
При температурах до 150 °С структура волокон стабильна, сохраняются гладкость и радужные переливы. При 200 °С проявляется начальная деградация (шероховатость, снижение интенсивности бликов), при 250 °С — выраженная деформация, трещины и слипание волокон с потерей блеска. При 300 °С происходит критическое разрушение, сопровождающееся фрагментацией, оплавлением и обугливанием материала.

Таблица 7. **Образец ткани № 2 под увеличением в 1200 раз**

 без температурного воздействия  100 °С	 150 °С  200 °С	 250 °С

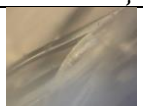
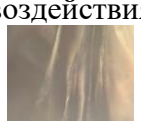
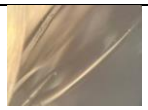
Исходные полиэфирные волокна обладают упорядоченной структурой и высокой степенью прозрачности, сохраняя стабильность при нагреве до 100 °С. При повышении температуры до 150 °С начинаются процессы деформации и фибрилляции, которые при 200–250 °С переходят в стадию глубокой термической деструкции и карбонизации. В результате высокотемпературного воздействия волокна сплавляются в аморфные массы, необратимо теряя механическую прочность, эластичность и оптические свойства.

Таблица 8. **Образец ткани № 3 под увеличением в 1200 раз**

 без температурного воздействия  100 °С	 150 °С  200 °С	 250 °С

Образец с гладкими радужными волокнами при нагреве до 100 °С сохраняет структуру, лишь слегка теряя блеск. При 150 °С проявляется деформация, утончение волокон и снижение эластичности. При 200 °С волокна скручиваются, желтеют, трескаются и обугливаются. При 250 °С происходит полная деструкция: материал спекается в пористую красноватую массу с потерей радужного эффекта.

Таблица 9. **Образец ткани № 4 под увеличением в 1200 раз**

 без температурного воздействия  100 °C	 150 °C  200 °C	 250 °C

Исходный образец обладает четкой структурой и естественным блеском. При 100 °C наблюдается легкое размягчение и уплотнение волокон. При 150 °C начинаются деформация и частичное сплавление нитей с потерей четкости контуров. При 200 °C происходит существенная деградация: волокна сплющиваются, слипаются и теряют упорядоченность. При 250 °C структура полностью разрушается, превращаясь в однородную аморфную массу вследствие плавления.

Проведенное исследование показало низкую устойчивость полиэфирных волокон к высоким температурам. Уже при температуре 300 °C все образцы полностью оплавились, превратившись в стекловидную твердую массу, что не позволит их идентифицировать по цвету и структуре. Воздействие температур до 200 °C оказывает щадящее воздействие на материал, способствующее образованию на нем устойчивых характерных следовых признаков.

Для обнаружения обгоревших остатков текстильных материалов из полиэфира с признаками, характерными для определенного температурного воздействия предполагает тщательный осмотр места пожара за зоной горения. В рамках исследования было проведено компьютерное моделирование пожара в жилой комнате размером 4 × 6 метров с вещной обстановкой (рисунок).

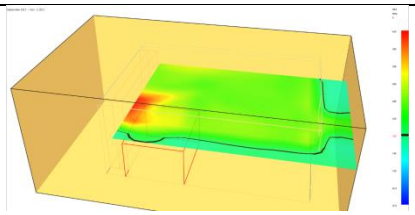
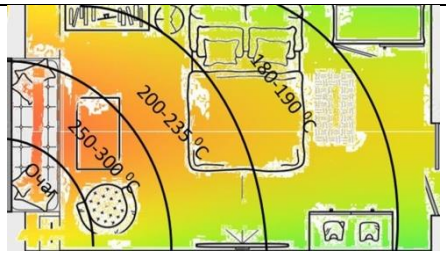
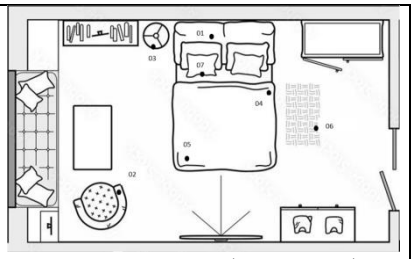
 Модель распространения пожара в комнате жилого помещении	 План-схема распространения пожара в комнате жилого помещения	 План-схема отбора проб в комнате жилого помещения

Рисунок. План-схема распространения пожара в комнате жилого помещения

Для изучения динамики термической деструкции текстильных материалов по температурному градиенту выделены три зоны:

- зона горения, характеризующаяся температурой до 300 °C и максимально быстрой деструкцией материалов;

- зона воздействия тепловых потоков, характеризующаяся температурой до 200 °С;

- фронтальная зона затухающих тепловых потоков.

Отбор проб по всей траектории пожара позволил проследить деградацию волокон при снижении интенсивности тепла и определить пространственную ориентацию температурного градиента через степень термической деструкции.

Таким образом, анализ степени термического повреждения полиэфирных волокон может служить важным доказательством при установлении:

- Температурного режима пожара: различные степени деградации волокон соответствуют определенным температурным диапазонам.

- Направления распространения огня и тепловых потоков: характер повреждения волокон в разных частях помещения может помочь реконструировать картину развития пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение термического анализа при исследовании и экспертизе пожаров: Методическое пособие / Е.Д. Андреева [и др.]. М.: ВНИИПО, 2012. 60 с.

2. Сторонкина О.Е. Морфологическое исследование обгоревших текстильных материалов для пожарно-технической экспертизы / О.Е. Сторонкина, Т.А. Мочалова // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-й годовщине образования гражданской обороны, Иваново, 24 ноября 2022 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2022. – С. 205-208. – EDN HWEMYJ.

3. Долгушина Л.В. Влияние температуры на текстильные материалы и возможности идентификации ткани методом оптической микроскопии / Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2021, Вып. 3 (22) - С. 64-70.

УДК 542.8

О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова, О. Н. Сонина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРООПАСНОСТИ ПОРТЬЕРНЫХ ТКАНЕЙ

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования скоростей распространения пламени по горизонтально и вертикально ориентированным образцам портьерных тканей, в зависимости от химического состава волокна и поверхностной плотности материала. Показано, что пожароопасные свойства исследованных портьерных тканей находятся в прямой зависимости от этих факторов.

© Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Сонина О. Н., 2026

Ключевые слова: портьерные ткани, показатели пожарной опасности, скорость распространения пламени, поверхностная плотность, пространственная ориентация.

O. E. Storonkina, T. A. Mochalova, O. N. Sonina

STUDYING THE FIRE HAZARD OF CURTAIN FABRICS

This paper presents the results of an experimental study of flame propagation rates for horizontally and vertically oriented curtain fabric samples, depending on the chemical composition of the fibers and the surface density of the material. It is shown that the fire hazard properties of the studied curtain fabrics are directly related to these factors.

Keywords: curtain fabrics, fire hazard indicators, flame propagation rate, surface density, spatial orientation.

Пожары в жилых и общественных зданиях представляют серьезную угрозу как для жизни людей, так и для имущества. Одним из факторов, способствующих быстрому распространению огня, являются текстильные материалы, в частности портьерные ткани. Текстильные материалы, используемые для изготовления портьерных тканей, играют важную роль в интерьере помещений, добавляя уют и эстетическую завершенность. Однако их способность поддерживать горение и способствовать распространению пламени представляет собой серьезную опасность в случае возникновения пожара. В условиях современного урбанизированного общества, где значительная часть населения проживает в многоэтажных зданиях, проблема пожарной безопасности приобретает особую актуальность. Портьерные ткани, находясь в непосредственной близости от оконных проемов и источников тепла, таких как отопительные приборы или электрооборудование, могут стать первоисточником быстрого распространения огня.

Вследствие этого, чтобы оценить скорость развития пожара в помещениях, нужно учитывать пожароопасные свойства текстильных материалов, такие как воспламеняемость и кислородный индекс. Эти параметры помогут тщательно проанализировать вещественные доказательства, которые будут представлены на пожарно-техническую экспертизу. Эксперты смогут определить, насколько эти материалы склонны к возгоранию и распространению горения при контакте с источниками зажигания.

Настоящее исследование является продолжением серии предыдущих работ [1-3], в которых использовался комплексный подход для изучения воспламеняемости современных тканей, применяемых в декоративных целях.

Цель проведенной работы заключалась в исследовании процессов воспламенения и распространения пламени по текстильным материалам, применяемым для изготовления портьерных тканей. Особое внимание уделялось анализу факторов, влияющих на скорость и интенсивность горения: химический состав тканей, поверхностная плотность материала.

В работе в качестве объектов исследования использовались образцы современных портьерных тканей, различного волокнистого состава и поверхностной плотности.

Испытания на определение скорости распространения пламени по горизонтали и вертикали проводили на установке Flame Resistance (Gibitre Instruments S.r.l., Italia).

Перед началом испытаний было подготовлено 4 образца размером 60×130 мм. Эти образцы размещались в рамке размером 110×150 мм и закреплялись с помощью гаек.

После этого рамка устанавливалась в камеру (рисунок) для проведения испытаний. Высота пламени горелки регулировалась в вертикальном положении и достигала 40 мм.



Рисунок. Рамка с исследуемым образцом, установленная горизонтально в камеру

Для определения скорости распространения пламени в вертикальном направлении испытуемый образец размещался в рамке, которая устанавливалась вертикально. Поджиг образца осуществлялся с использованием горелки, при этом угол наклона горелки относительно образца составлял 45°. Расстояние между горелкой и образцом подбиралось таким образом, чтобы край пламени горелки соприкасался с кромкой образца.

После воспламенения образца и достижения фронтом пламени расстояния в 10 мм от его края, включался секундомер. Секундомер останавливался при выполнении одного из следующих условий:

- достижение фронтом пламени края рамки.
- полное затухание пламени.

При определении скорости распространения пламени в горизонтальном направлении рамка с образцом размещалась горизонтально, при этом горелка также располагалась горизонтально. Расстояние между горелкой и образцом выбиралось таким образом, чтобы край пламени горелки контактировал с кромкой образца.

Аналогично, после воспламенения образца и прохождения фронтом пламени расстояния в 10 мм от его края, начинали измерение времени с помощью секундомера. Секундомер останавливался при выполнении одного из вышеуказанных условий.

По завершении испытаний производилась оценка максимальной длины участка, подвергшегося обугливанию.

Скорость распространения пламени рассчитывалась по формуле:

$$v = \frac{l}{t}, \text{ мм/с}$$

где l – максимальная длина обугленного участка, мм; t – время горения образца, с.

Итоговое значение скорости распространения пламени принималось среднее значение между 3 сходящимися результатами. результаты испытаний на распространение пламени представлены в таблице.

Таблица. **Экспериментальные данные по распространению пламени**

№ п/п	Вид образца ткани	Состав	Поверхностная плотность, г/м²	$v_{\text{р.п.}}^{\text{верт.}}$, мм/с	$v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$, мм/с
1	блэкаут-рогожка	100% полиэстер	215	9	2,04
2	канвас	внешний слой – полиэстер/нейлон 85/15%, внутренний слой – хлопок/полиэстер 35/65%	230	10,3	2,15
3	атлас-жаккард	полиэстер 97%, спандекс 3%	250	10,56	2,13
4	блэкаут	100% полиэстер	390	11,06	2,37

Проведенные испытания показали, что скорость распространения пламени при вертикальной ориентации образцов портьерных тканей приблизительно в 4,4– 5,0 раз выше, чем скорость распространения пламени при горизонтальной ориентации. Это объясняется тем, что при вертикальном расположении образца пламя распространяется в направлении конвективного потока тепла, что ускоряет процесс горения. Кроме того, пламя непосредственно контактирует с еще не горящим материалом, предварительно прогревая его до момента воспламенения.

Анализ полученных результатов испытаний позволил установить чёткую зависимость скорости распространения пламени по поверхности текстильных материалов от их поверхностной плотности:

– материалы с меньшей поверхностной плотностью горят быстрее как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях, что указывает на их повышенную пожароопасность;

– с увеличением поверхностной плотности тканей скорость распространения пламени снижается. Это можно объяснить тем, что при высокой поверхностной плотности ткани в её порах и межволоконном пространстве содержится меньше кислорода. В результате плотность ткани существенно влияет на её поведение при пожаре. Чем ниже плотность, тем выше пожароопасность текстильной продукции [2].

Анализ образцов портьерных тканей по показателю кислородного индекса (КИ) показал, что существует прямая связь между этим значением и поверхностной плотностью материала: с увеличением плотности ткани повышается и её кислородный индекс.

Полученные в результате исследования данные войдут в Базу данных по пожарной опасности текстильных материалов в целях судебной пожарно-технической экспертизы, а также найдут применение в практике при проведении судебной пожарно-технической экспертизы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сторонкина О.Е. Оценка воспламеняемости современных текстильных материалов декоративного назначения / О.Е. Сторонкина, Т.А. Мочалова // Современные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 3(44). – С. 67-71. – EDN BUPEJF.

2. Сторонкина О.Е. Комплексный подход к оценке пожароопасных свойств мебельных тканей / О.Е. Сторонкина, Т.А. Мочалова, А.И. Закинчак // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2025. – № 1(415). – С. 86-90. – DOI 10.47367/0021-3497_2025_1_86. – EDN QLBPIQ.

3. Сонина О.Н. Современные подходы к нормированию показателей пожарной опасности в России и за рубежом / О.Н. Сонина, Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина // Современные проблемы гражданской защиты. – 2025. – № 1(54). – С. 95-108. – EDN EPGKCH.

УДК 614.84

О. В. Стрельцов, А. А. Кондашов, Е. Ю. Удавцова, Е. В. Бобринев
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОСРЕДСТВОМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ДОГОВОРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ

Проведен анализ состава сил и средств договорных подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, созданных в целях совершенствование противопожарной защиты промышленных предприятий.

Ключевые слова: пожарная безопасность, договорные подразделения, деятельность, численность, пожарная техника

© Стрельцов О. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В., 2026

O. V. Streltsov, A. A. Kondashov, E. Yu. Udavtsova, E. V. Bobrinev

IMPROVEMENT OF FIRE PROTECTION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES THROUGH THE INVOLVEMENT OF CONTRACTUAL UNITS OF THE FEDERAL FIRE SERVICE

The analysis of the composition of forces and means of contractual units of the Federal fire Service of the State Fire Service, created in order to improve fire protection of industrial enterprises.

Keywords: fire safety, contractual units, activity, number, fire fighting equipment

В системе МЧС России в целях охраны имущества организаций от пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на договорной основе в соответствии со статьей 5 Федерального закона от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [1] созданы и функционируют 35 юридических лиц договорных подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы (далее – ДП ФПС ГПС) в форме федеральных государственных бюджетных учреждений, включающих в себя 338 реагирующих подразделений.

Анализ организации деятельности ДП ФПС ГПС проведен в [2].

В исследовании [3] проанализировано правовое регулирование деятельности ДП ФПС ГПС.

Распределение юридических лиц – ДП ФПС ГПС по федеральным округам представлено на рис. 1.

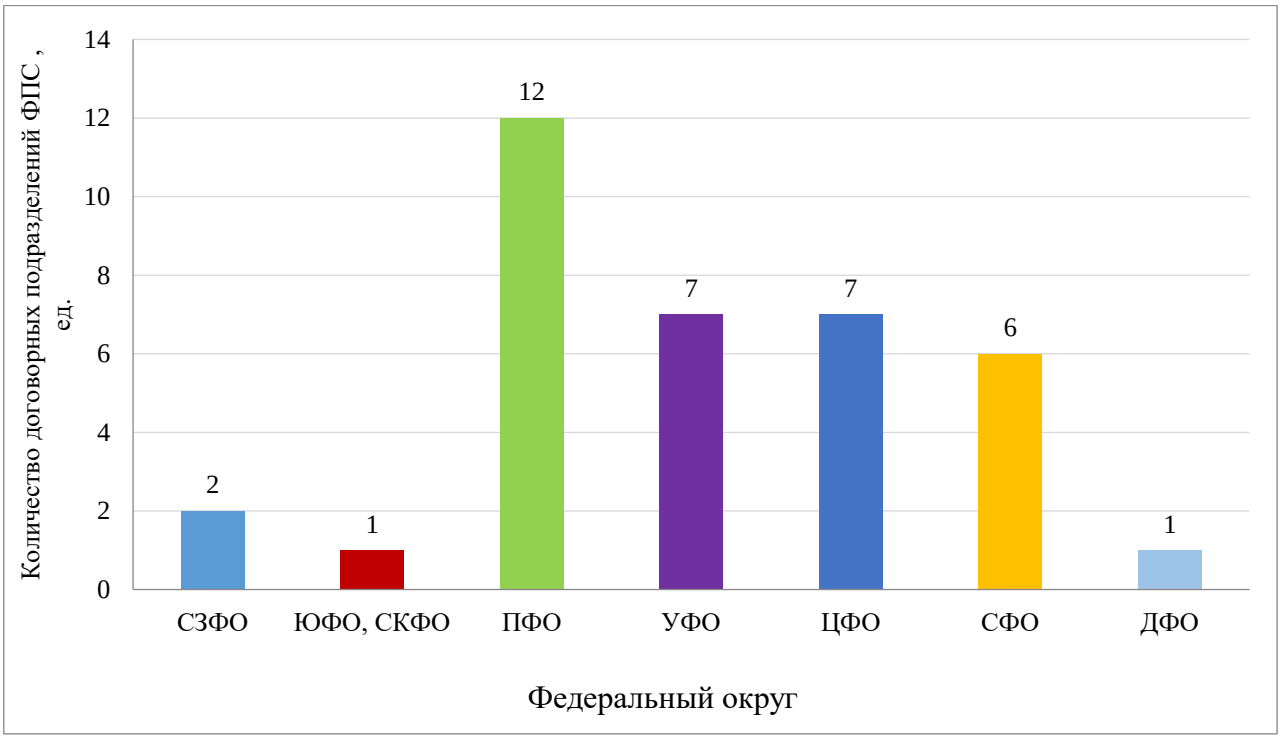


Рис. 1. Распределение юридических лиц – ДП ФПС ГПС по федеральным округам

Штатная численность личного состава ДП ФПС ГПС составляет 5 868 человек, фактическая – 5 185 человек, укомплектованность составляет 88,4 %. Распределение по видам личного состава:

- управленческий аппарат – 6,0 %, укомплектованность – 89,9 %;
- дежурные караулы – 79,9 %, укомплектованность – 89,1 %;
- профилактический состав – 8,0 %, укомплектованность – 82,4 %;
- иные службы (МТО, преподавательский состав) – 6,0 %, укомплектованность – 86,2 %.

Штатное количество техники в составе ДП ФПС ГПС составляет 524 единицы, фактическое количество – 507 единиц, укомплектованность – 96,8 %. Распределение техники по видам:

- основная – 78,1 % от общего количества техники;
- специальная – 7,9 %;
- вспомогательная – 14,0 %.

На дежурстве находится 988 человек личного состава и 428 единиц техники, из которых:

- основной – 51,9 %;
- специальная – 5,4 %;
- вспомогательная – 42,8 %.

За 1 квартал 2026 года в ДП ФПС ГПС принято 216 работников ФПС, уволено 225 работников ФПС. Коэффициент текучести равен 0,042, коэффициент восполнения – 0,043.

За 1 квартал 2026 года в ДП ФПС ГПС принято 13 работников учреждения, уволено 9 работников учреждения. Коэффициент текучести равен 0,041, коэффициент восполнения – 0,028.

На рис. 2 представлена пожарная техника, стоящая в расчете в ДП ФПС ГПС. Больше всего в расчете стоит пожарных автоцистерн тяжелого класса – 48,4 % от общего количества пожарной техники, пожарных автоцистерн среднего класса – 9,8 %, пожарных автомобилей пенного тушения – 9,4 %, пожарных пеноподъемников длиной до 45 м – 8,3 %, пожарных автоподъемников длиной до 45 м – 6,3 %.

На рис. 3 представлена пожарная техника, стоящая в резерве в ДП ФПС ГПС. Больше всего в резерве находится пожарных автоцистерн тяжелого класса – 55,9 % от общего количества пожарной техники, пожарных автоцистерн среднего класса – 16,8%, пожарных насосно-рукавных автомобилей – 5,6 %, пожарных автомобилей пенного тушения – 5,0 %.

На рис. 4 показано количество транспорта в составе ДП ФПС ГПС. Больше всего в составе ДП ФПС ГПС находится автомобилей легковых оперативно-служебных – 68,4% от общего количества транспорта, автомобилей грузовых вместимостью до 3,5 т – 12,7%, пожарных оперативно-служебных автомобилей – 6,3%.



Рис. 2. Количество пожарной техники в расчете в ДП ФПС ГПС
по состоянию на 1 квартал 2026 года

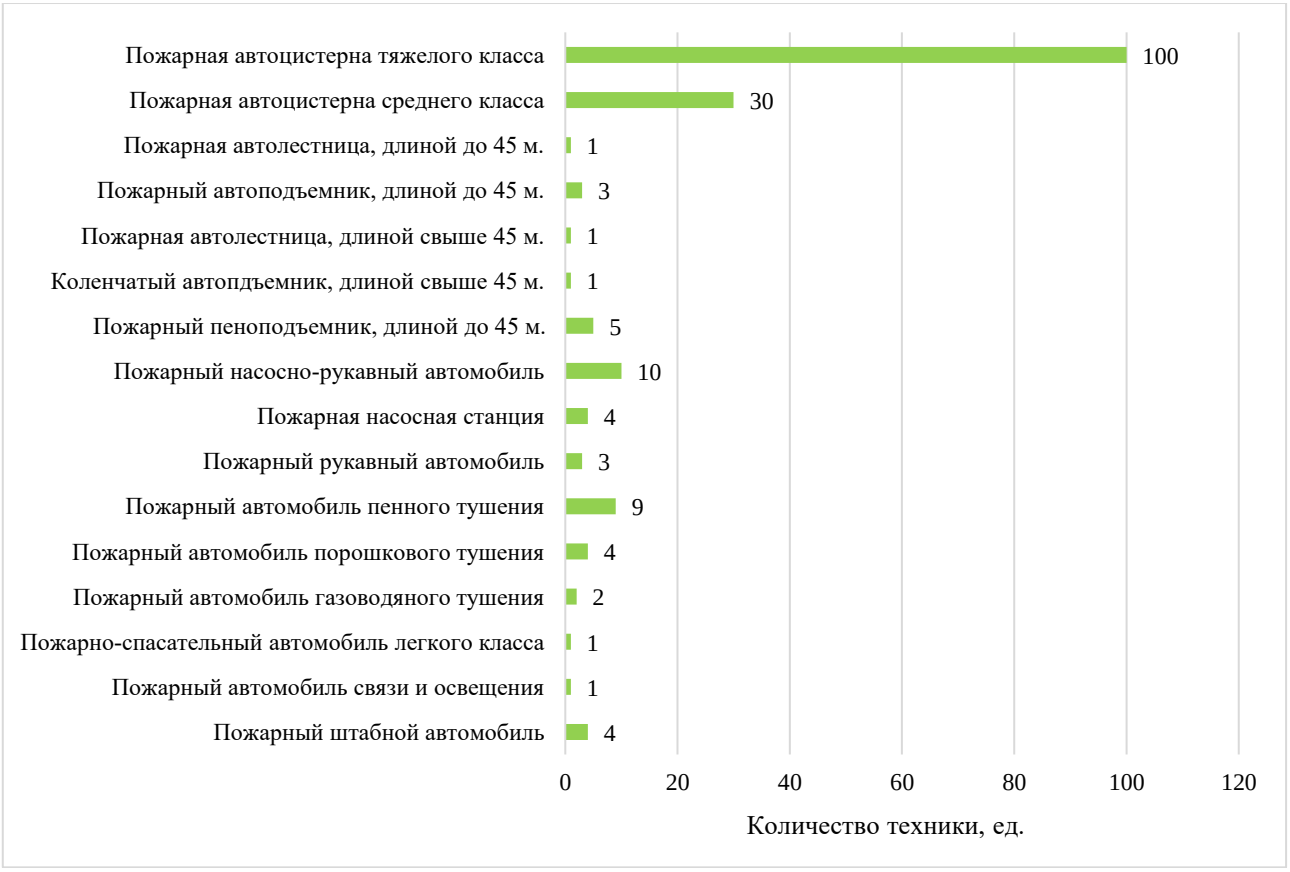


Рис. 3. Количество пожарной техники в резерве в ДП ФПС ГПС
по состоянию на 1 квартал 2026 года



Рис. 4. Количество транспорта в ДП ФПС ГПС

Выполнение задач, стоящих перед договорными подразделениями пожарной охраны, требует организации и принятия управленческих решений, при реализации которых возникает потребность в комплексном анализе состояния противопожарной защиты предприятий, охраняемых договорными подразделениями, с учетом оперативно-тактических характеристик (особенностей) производственных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69-ФЗ. URL: https://mchs.gov.ru/dokumenty/840 (дата просмотра 11.08.2026).

2. Сибиряков, М. В. Анализ организации деятельности договорных подразделений ФПС ГПС / М. В. Сибиряков, С. В. Умяров // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". – 2021. – № 30. – С. 138-143.

10. Кузьмина, С. А. Правовое регулирование деятельности договорных подразделений Федеральной противопожарной службы МЧС России / С. А. Кузьмина, К. В. Шевчук, А. В. Эльмурзаев // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. – 2017. – № 4(37). – С. 13-18.

УДК 614.843.8

Р. М. Султанов, А. И. Манылов
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСЛОЙНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ РЕЗЕРВУАРА ОГНЕТУШАЩИМИ ПЕНАМИ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПОЛИАКРИЛАМИДОМ

В статье рассматриваются натурные исследования по оценке эффективности тушения пожаров в вертикальных стальных резервуарах при подслойном способе подачи огнетушащей пены, модифицированной водорастворимым полимером – полиакриламидом. Водорастворимые полимеры повышают устойчивость получаемой воздушно-механической пены тем самым образуя более плотный и долговечный изоляционный слой на поверхности горящей жидкости в зеркале резервуара.

Ключевые слова: подслойный способ пожаротушения, вертикальный стальной резервуар, водорастворимые полимеры, воздушно-механическая пена, полиакриламид, тушение пожаров.

R. M. Sultanov, A. I. Manylov

STUDY OF UNDER‑LAYER FIRE EXTINGUISHMENT OF A TANK USING FIRE‑EXTINGUISHING FOAMS MODIFIED WITH POLYACRYLAMIDE

The article discusses field studies on the assessment of fire extinguishing efficiency in vertical steel tanks with a sub-layer method of fire extinguishing foam supply, modified with a water-soluble polymer – polyacrylamide. Water-soluble polymers increase the stability of the resulting air-mechanical foam, thereby forming a denser and more durable insulation layer on the surface of the burning liquid in the tank mirror.

Keywords: sublayer fire extinguishing method, vertical steel tank, water-soluble polymers, air-mechanical foam, polyacrylamide, fire extinguishing.

Исследования по оценке эффективности воздушно-механичсеких пен при тушении пожаров в вертикальных стальных резервуарах проводились в соответствии с ГОСТ Р 53280.2-2010 [1, 2] (рис. 1).

В качестве цилиндрической емкости использовалась металлическая тара емкость 50 литров, подача пены проводилась через металлический гибкий шланг внутренним диаметром 12 мм [3]. На наружной поверхности емкости использовались две термопары для анализа температуры горения. В качестве топлива использовался бензин АИ-92 [4]. В качестве образцов пены использовались:

– Образец №1: ПО-6ЦБТ-Н;

– Образец №2: ПО-6ЦБТ-Н + полиакриламин 0,1 %;

© Султанов Р. М., Манылов А. И., 2026

– Образец №3: ПО-6ЦБТ-Н + полиакриламин 0,5 %;
– Образец №4: ПО-6ТС;
– Образец №5: ПО-6ТС + полиакриламин 0,1 %;
– Образец №6: ПО-6ТС + полиакриламин 0,5 %.

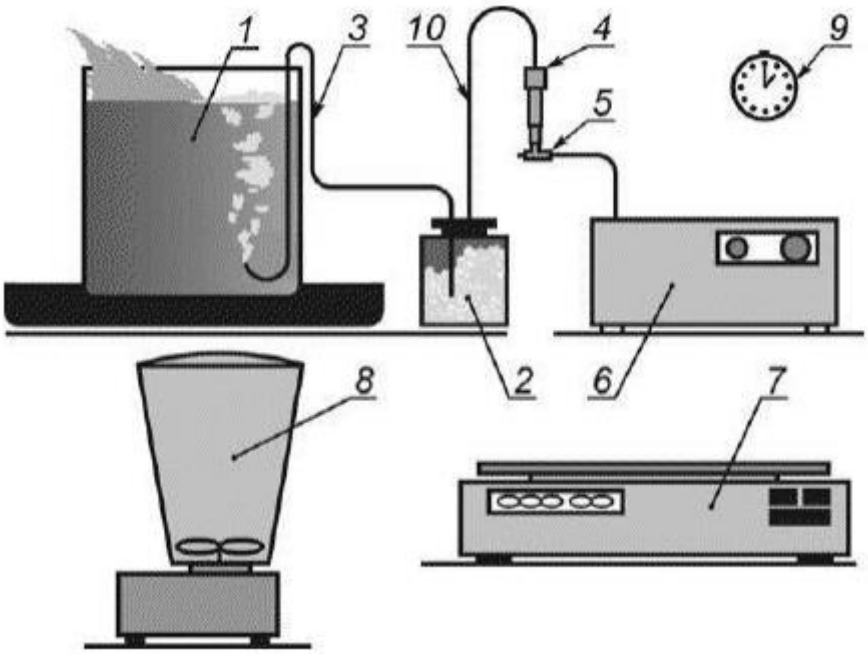


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для определения времени тушения гептана подачей пены в слой горючего: 1 – модель резервуара; 2 – промежуточная емкость с пеной; 3 – трубопровод для подачи пены в резервуар; 4 – измеритель расхода воздуха (ротаметр); 5 – регулирующий вентиль; 6 – компрессор; 7 – одночашечные весы; 8 – устройство для получения пены; 9 – секундомер; 10 – трубопровод для подачи воздуха в емкость с пеной

Пена была подготовлена заранее в специально отведенном баке, и при пожаре подавалась посредством тяги компрессора в очаг пожара.

На первом этапе емкость с бензином зажигалась, и подачу под слой начинали спустя 30±1 секунд от начала горения. При этом происходила фиксация температуры поверхности стенок резервуара, а также общее время, затрачиваемое при тушении. Результаты испытаний по определению времени тушения бензина АИ-92 при подаче пены под слой горящей жидкости приведены в таблице 1.

За счет более плотной структуры, а также большего объема получаемой пены пенообразователи при наличии полиакриламина показывают более быстрое тушение модельного очага пожара, даже при подаче воздушно-механической пены под слой горящей жидкости. Наилучшие результаты зафиксированы у ПО-6ТС с добавлением 0,5 % полиакриламина (скорость тушения в 2,6 раз выше в сравнении с тушением без добавок).

Таблица 1. **Результаты испытаний по определению времени тушения СМТ при подаче пены в слой горючей жидкости**

Воздушно-механическая пена		Время тушения при интенсивности подачи 0,005 л/м²·с, сек
№ образца	Состав	
ПО №1	ПО-6ЦБТ-Н	293
ПО №2	ПО-6ЦБТ-Н + полиакриламин 0,1 %	166
ПО №3	ПО-6ЦБТ-Н + полиакриламин 0,5 %	118
ПО №4	ПО-6ТС	261
ПО №5	ПО-6ТС + полиакриламин 0,1 %	140
ПО №6	ПО-6ТС + полиакриламин 0,5 %	98

Изменение температуры на стенках термопары в период тушения пожара приведено на рис. 2.

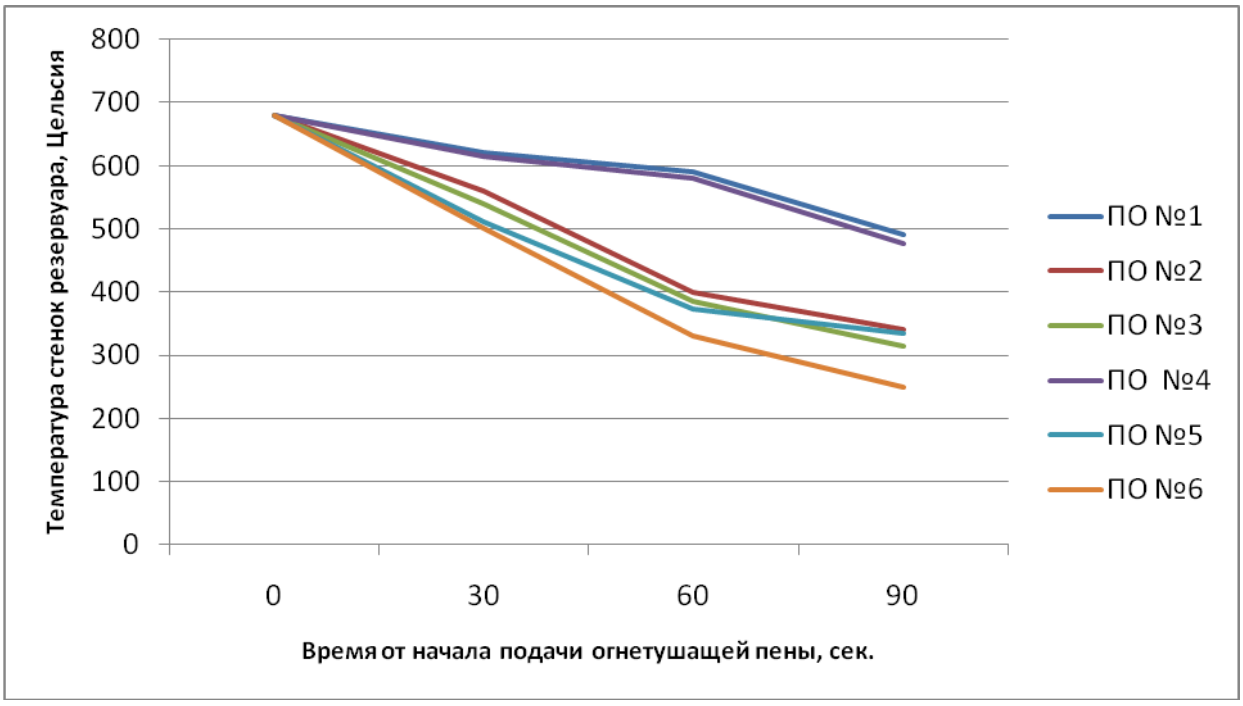


Рис. 2. Изменение температуры стенок резервуара при подслойном тушении различными растворами пенообразователя

Эффективность охлаждения при использовании полимерных водорастворимых добавок так же повысилась, и так же для образца ПО-6ТС с добавлением 0,5 % полиакриламина явилась максимальной, что не удивительно, так как в данном случае тушение произошло быстрее и очаг пожара (открытое горение) больше не способствовало нагреву стенок резервуара. В любом случае по результатам опыта можно констатировать увеличение эффективности охлаждения стенок резервуара при подслойном тушении при использовании модернизированной пены на 30-40 %, что является

весомым показателем при выборе средств и технологий пожаротушения для резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53280.2-2010 «Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслойного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний». [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/70371066/ (дата обращения: 06.07.2026).

2. Говор, Э. Г. О линейной зависимости кратности и устойчивости пены в диапазоне низкократных пен / Э. Г. Говор, А. О. Лихоманов, А. Н. Камлюк // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2021. –№ 10. - С. 13–16.

3. Потеряев, Ю.К. Сравнение эффективности компрессионной пены и пены низкой кратности AFFF / Ю. К. Потеряев, А. В. Мироньчев, А. М. Ощепков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация.— 2023.— № 3. - С. 32–38.

4. Хиль, Е. А. Влияние кратности пены на эффективность тушения пламени нефтепродуктов подачей пены в основание резервуара / Е. А. Хиль, И. П. Макарова, А. Ф. Шароварников // Управление качеством в нефтегазовом комплексе.— 2016.— № 1. - С. 48–50.

УДК 614.842

Я. А. Тарасова, И. Н. Субботкина, И. В. Некрасова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОГРАНИЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

В статье рассматриваются современные подходы к тушению ландшафтных пожаров и возможности повышения эффективности их ликвидации за счёт комплексного применения различных средств пожаротушения.

Ключевые слова: ландшафтные пожары, тушение пожаров, беспилотные летательные аппараты, пожарно-спасательные подразделения, технические средства пожаротушения

© Тарасова Я. А., Субботкина И. Н., Некрасова И. В., 2026

Y. A. Tarasova, I. N. Subbotkina, I. V. Nekrasova

IMPROVING TECHNOLOGIES FOR LIMITING THE SPREAD OF LANDSCAPE FIRES THROUGH THE COMBINED USE OF MODERN FIRESUPPRESSION MEASURES

The article examines modern approaches to suppressing landscape fires and the potential for enhancing the effectiveness of their suppression through the integrated use of various firefighting agents.

Keywords: landscape fires, firefighting, unmanned aerial vehicles, fire and rescue units, firefighting equipment.

Введение

Ландшафтные пожары отличаются быстро меняющейся обстановкой. На открытой местности развитие огня во многом зависит от погодных условий и состояния растительности. Даже изменение направления ветра или небольшое снижение её влажности может заметно ускорить распространение пламени и привести к увеличению площади пожара [1-12]. Особую сложность представляет тушение пожаров на территориях, имеющих значительную площадь и сложный рельеф. Подразделения могут сталкиваться с отсутствием дорог и источников противопожарного водоснабжения, высокой температурой, задымлением и необходимостью работы на значительном удалении от населённых пунктов. В таких условиях большое значение имеет не только количество привлекаемой техники и личного состава, но и правильный выбор средств и способов тушения.

Основным огнетушащим веществом при таких пожарах остаётся вода. Её применение не всегда даёт одинаковый эффект. При сухой растительности и высокой температуре вода быстро нагревается и испаряется, а часть её может просто стечь с поверхности горючего материала. В результате не весь поданный объём используется непосредственно для охлаждения. В подобных условиях применение растворов со смачивателями, пенообразующих составов может повысить результативность воздействия. Поэтому при тушении ландшафтных пожаров целесообразно не ограничиваться одним средством. В зависимости от характера горения и условий на конкретном участке, разные составы могут использоваться последовательно или дополнять друг друга. Такой подход позволяет своевременно реагировать на изменение обстановки и рациональнее расходовать огнетушащее вещество [4, 5].

Особенности ограничения распространения ландшафтных пожаров

В основе ландшафтного пожара лежит горение природной растительности и других горючих материалов, находящихся на открытой территории. В зависимости от конкретного участка меняется и характер горения. Сухая трава,

лесная подстилка, кустарники или древесная растительность имеют разные свойства и по-разному реагируют на воздействие огнетушащих веществ.

Ещё одна особенность заключается в неоднородности самого пожара. На одной территории одновременно могут присутствовать участки с интенсивным пламенным горением, зоны тления и места, где огонь пока не распространился, но существует угроза его перехода. При этом фронт пожара постоянно меняется. Наибольшую скорость распространения огня, можно ожидать в направлении ветра, однако одного этого фактора недостаточно для оценки обстановки. На движение влияют рельеф, вид растительности, её влажность и наличие препятствий. Поэтому при организации тушения важно понимать не только общую площадь пожара, но и его структуру. Практический интерес представляют прежде всего:

- фронт пожара, где распространение огня происходит наиболее активно;
- тыловая часть пожара;
- отдельные очаги и зоны тления;
- участки, расположенные на предполагаемом направлении дальнейшего распространения огня.

При этом тушение не всегда сводится к воздействию непосредственно на пламя. В ряде случаев важнее сначала ограничить его распространение, а уже затем перейти к ликвидации отдельных очагов. Здесь целесообразно применение специальных устройств [8, 9].

Средства для ограничения распространения ландшафтных пожаров

Несмотря на появление новых составов и технологий, вода остаётся основным средством, используемым при тушении природных пожаров. Главный эффект её применения связан с охлаждением горящего материала. При нагревании и последующем испарении, вода отводит значительное количество тепла, благодаря чему, температура в зоне горения снижается. Листья, сухая трава и другие поверхности не всегда хорошо удерживают воду. При высокой температуре и низкой влажности окружающей среды потери дополнительно возрастают.

Один из способов изменить ситуацию это применение смачивателей. Добавление смачивателей, позволяет улучшить контакт раствора с горючим материалом. В результате вода может более равномерно распределяться по поверхности и воздействовать непосредственно на растительность.

Пенообразующие составы решают несколько иную задачу. Помимо охлаждения, пена способна некоторое время сохраняться на поверхности и отделять горючий материал от теплового воздействия. Это делает её применение интересным не только при непосредственном тушении, но и при защите отдельных участков от приближающегося огня.

Из этого следует, что вода обеспечивает прежде всего охлаждение, смачиватели помогают улучшить её взаимодействие с горючим материалом, пенообразующие составы дополнительно создают защитный слой. При выборе средства тушения имеет смысл учитывать не только его огнетушащие свойства, но и задачу, которую необходимо решить на пожаре.

Технические средства доставки огнетушащих веществ

При тушении ландшафтных пожаров важно обеспечить своевременную подачу огнетушащего вещества к очагу горения. Поэтому большое значение имеет выбор способа доставки огнетушащего вещества с учётом конкретных условий пожара.

Одним из наиболее распространённых средств доставки воды являются пожарные автоцистерны. Они позволяют одновременно транспортировать запас воды и осуществлять её подачу через насосно-рукавные системы. Применение автоцистерн эффективно на участках, к которым имеется возможность подъезда. При значительном удалении от водоисточника эффективность их использования зависит от организации подвоза воды. При отсутствии удобных подъездных путей могут использоваться мотопомпы. Они позволяют забирать воду из доступных водоисточников и подавать её по рукавным линиям к месту тушения. Такой вариант особенно важен при работе на удалённых участках, где применение крупной пожарной техники затруднено. Однако эффективность насосного оборудования напрямую зависит от наличия подходящего водоисточника и возможности организовать подачу воды.

Для труднодоступных участков могут применяться авиационные средства пожаротушения. Самолёты и вертолёты способны доставлять значительные объёмы воды или других огнетушащих составов в очаг пожара, в том числе на территории, куда наземная техника не может оперативно пройти. Их преимуществом становится возможность быстро воздействовать на отдельные наиболее опасные участки фронта пожара. При этом применение авиации зависит от погодных условий, рельефа местности, характеристик воздушного судна и организации взаимодействия с наземными подразделениями.

В последние годы дополнительным инструментом разведки пожара являются беспилотные летательные аппараты (далее — БПЛА). Их основная ценность при тушении ландшафтных пожаров связана с возможностью быстро получить информацию о территории, которую сложно осмотреть с земли. Информация, полученная с беспилотника, может использоваться непосредственно при принятии решений руководителем тушения пожара. При крупных пожарах БПЛА не заменяют пожарную технику или авиацию, но могут дополнять их и повышать точность принимаемых решений [4, 5].

Комплексное применение технических средств при ограничении распространения ландшафтных пожаров

Обстановка на пожаре быстро меняется, поэтому действия подразделений МЧС России должны корректироваться с учётом фактического развития горения. Одним из важных условий такой работы является своевременная разведка.

По результатам разведки можно уточнить расположение очагов горения, определить направление распространения огня. При этом данные воздушного наблюдения должны использоваться совместно с информацией, поступающей от подразделений пожарной охраны, поскольку именно на месте определяется фактическая обстановка и возможность работы пожарной техники.

Основная нагрузка при тушении приходится на силы и средства пожарно-спасательных подразделений. При наличии условий для подъезда и источников воды наземный способ позволяет продолжительно работать на выбранном участке и контролировать результат.

Авиационные средства применяются в тех случаях, когда необходимо воздействовать на удалённые или труднодоступные участки. Необходимость согласованного применения различных сил и средств отражается и в подходе к организации тушения лесных и торфяных пожаров, где предусматривается привлечение подразделений МЧС России и авиации в зависимости от обстановки. Отдельное значение имеет повторная разведка после проведения основных мероприятий. Даже после снижения интенсивности горения отдельные очаги могут сохраняться на территории пожара. Поэтому контроль уже пройденного огнём участка необходим для своевременного обнаружения оставшихся очагов горения.

БПЛА в данном случае могут использоваться как дополнительное средство наблюдения. Совершенствование технологии тушения ландшафтных пожаров в этих условиях следует связывать прежде всего с повышением оперативности получения информации и улучшением взаимодействия между различными силами и средства подразделений. Перспективным направлением остаётся развитие беспилотных систем мониторинга, включая использование визуальной и тепловизионной информации. При этом развитие технологий должно быть связано не только с появлением нового оборудования, но и с его практическим включением в существующую систему разведки, управления и тушения пожаров.

Таким образом, совершенствование тушения ландшафтных пожаров целесообразно рассматривать не как замену одних средств другими, а как повышение согласованности их применения. БПЛА могут использоваться для получения оперативной информации, авиация для воздействия на удалённые и труднодоступные участки, а пожарно-спасательные подразделения для ликвидации пожара. Такое распределение задач позволяет использовать возможности различных средств в зависимости от конкретной обстановки и поддерживать непрерывный контроль за развитием пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальцев А.Н. [и др.] База данных по теплофизическим характеристикам для разработки устройств в целях предотвращения распространения ландшафтного пожара свидетельство о регистрации базы данных RU 2025620979, 03.03.2025. заявка № 2025620518 от 24.02.2025. –EDN: EJOHBL

2. Мальцев А.Н., Лазарев А.А. Обзор основных способов для защиты от ландшафтных пожаров. В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90- й годовщине образования гражданской обороны. Иваново, 2022. С. 111-114. – EDN: FMCRXY

3. Об утверждении Правил тушения лесных пожаров: приказ Минприроды России от 01.04.2022 № 244. — URL: https://pravo.ppt.ru/prikaz/minprirody/n-244-269726

4. МЧС России. Оснащение реагирующих подразделений беспилотными авиационными системами. — URL: https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/tehnika/aviacionnaya-tehnika/osnashchenie-reagiruyushchih-podrazdeleniy-bespilotnymi-aviacionnymi-sistemami

5. Boroujeni S. P. H., Razi A., Khoshdel S., et al. A comprehensive survey of research towards AI-enabled unmanned aerial systems in pre-, active-, and post-wildfire management // Information Fusion. 2024. Vol. 108. Article 102369. DOI: 10.1016/j.inffus.2024.102369.

6. Лазарев А.А. [и др.] Ветровые нагрузки на устройства для ограничения распространения ландшафтных пожаров на сельскохозяйственных землях. В сборнике: Экологические аспекты современных городов. Сборник материалов I национальной научно-практической конференции с международным участием. Иваново, 2024. С. 71-75. –EDN: ORMVQB

7. Малый И.А. [и др.] Устройство для предотвращения распространения ландшафтного пожара. Патент на полезную модель RU 219622 U1, 28.07.2023. Заявка № 2023108064 от 30.03.2023. –EDN: DDKUPF

8. Малый И.А. [и др.] Устройство для предотвращения распространения ландшафтного пожара. Патент на полезную модель RU 221505 U1, 09.11.2023. Заявка № 2023118396 от 11.07.2023. –EDN: CKXYGR

9. Мальцев А.Н., Лазарев А.А. Вероятностный подход к созданию модели распространения ландшафтного пожара // В сборнике: Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности. сборник материалов Дней науки с международным участием, посвященных 90-летию Гражданской обороны России. В 2-х частях. Екатеринбург, 2022. С. 121-125. –EDN: PPDQAG

10. Лазарев А.А. [и др.] О проблеме пресечения правонарушений, способствующих возникновению экологонеблагоприятных ландшафтных пожаров // В сборнике: Экологические аспекты современных городов. Сборник материалов IX межрегионального семинара. Иваново, 2023. С. 48-51. –EDN: NLZEJK

11. Мальцев А.Н. [и др.] Оценка эффективности затрат по обеспечению пожарной безопасности малого сельского поселения при защите от ландшафтного пожара // В сборнике: Качество жизни: архитектура, строительство, транспорт, образование. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 153-156. –EDN: YRGAWM

12. Fedosov S. V., Lazarev A. A., Maltsev A. N., Toropova M. V., Bogdanov I. A. Fiberglass thermal barrier for building safety. Materials Physics and Mechanics. 2024;52(4): 152-162. – EDN: QIECAP

УДК 614.841:004.8

Я. А. Тарасова, В. Р. Шавшина, А. И. Закинчак
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Раннее обнаружение пожара является важной частью обеспечения пожарной безопасности технологических объектов. Особенность таких объектов заключается в том, что признаки пожара могут возникать на фоне работающего оборудования, высоких температур, движения воздуха, образования пыли и пара. В таких условиях обычный подход, основанный на использовании одного типа пожарных извещателей, не всегда позволяет получить верный результат.

Ключевые слова: пожарная безопасность, технологический объект, обнаружение пожара, пожарный извещатель, пожарная сигнализация.

Y. A. Tarasova, V. R. Shavshina, A. I. Zakinchak

IMPROVING EARLY FIRE DETECTION AT INDUSTRIAL FACILITIES

Early fire detection is a crucial aspect of ensuring fire safety at industrial facilities. A particular challenge with such facilities is that signs of fire may emerge amidst operating equipment, high temperatures, air currents, and the generation of dust and steam. Under these conditions, the conventional approach of relying on a single type of fire detector does not always yield accurate results.

Keywords: fire safety, industrial facility, fire detection, fire detector, fire alarm system.

Введение

Для технологических объектов раннее обнаружение пожара имеет особое значение. На производстве возгорание может быть связано не только с конструкциями здания, но и с самим технологическим оборудованием, горючими жидкостями и газами, материалами и технологическими процессами. При этом развитие пожара может сопровождаться нарушением работы оборудования, распространением опасных веществ и возникновением аварийных ситуаций.

© Тарасова Я. А., Шавшина В. Р., Закинчак А. И., 2026

Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устанавливает минимально необходимые требования пожарной безопасности к объектам защиты, в том числе к производственным объектам. В соответствии со статьей 5, каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, которая включает систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [1]. Поэтому обнаружение пожара нельзя рассматривать отдельно от общей системы противопожарной защиты. Сигнал от пожарного извещателя должен не просто фиксировать опасное изменение окружающей среды, но и обеспечивать своевременное формирование информации о пожаре, а в предусмотренных проектом случаях, запуск связанных с системой пожарной сигнализации средств противопожарной защиты [2].

В процессе работы технологического оборудования могут выделяться тепло, пар, газы и различные аэрозоли. Для пожарных извещателей такие признаки иногда похожи на начинающийся пожар. Системы обнаружения должны не просто быстро реагировать на изменения окружающей среды, но и уметь отличать пожар от обычных процессов, которые происходят на производстве. Иначе слишком высокая чувствительность может привести к ложным срабатываниям, или наоборот, слишком поздно обнаружить возгорание.

На технологических объектах нередко применяются датчики горючих газов, паров ЛВЖ, температуры, давления и иные средства АСУ ТП. Они могут передавать информацию в систему управления безопасностью, но не каждый такой датчик является пожарным извещателем и не может автоматически рассматриваться как штатный элемент СПС.

Цель исследования - разработать рекомендации по выбору технических средств раннего обнаружения пожара на технологических объектах с учётом вида пожарной нагрузки, сценария развития пожара и производственных факторов, влияющих на достоверность сигналов пожарной автоматики.

Особенности раннего обнаружения пожара на технологических объектах

Основная проблема заключается в том, что универсального пожарного извещателя, который будет эффективен для любых производственных условий, не существует. Выбор типа извещателя должен учитывать предполагаемый характер развития пожара и условия в зоне его контроля.

Согласно СП 484.1311500.2020, тип пожарного извещателя выбирают с учетом того, какие признаки пожара предполагается обнаружить на защищаемом объекте. В зависимости от характера возможного пожара могут применяться дымовые, тепловые, пламени и газовые пожарные извещатели. Для обнаружения дыма предусмотрено применение точечных, линейных и аспирационных дымовых извещателей [2].

На технологическом объекте особенно важным становится учет особенностей самого производства. Если в помещении постоянно присутствуют аэрозоли или вещества, способные влиять на работу дымового извещателя, его применение требует соответствующего обоснования. Тепловой извещатель может оказаться недостаточно эффективным, если температура, необходимая для его срабатывания, при пожаре достигается только на поздней стадии горения. Поэтому СП 484.1311500.2020 обращает внимание на ограничения при применении тепловых извещателей. Их не рекомендуется устанавливать в местах, где при пожаре температура может не достигнуть уровня срабатывания или повыситься до него только на поздней стадии горения. Также отмечается, что дифференциальные и максимально-дифференциальные извещатели не следует применять там, где возможны резкие изменения температуры, не связанные с пожаром, поскольку они могут привести к ложному срабатыванию [2].

Современные средства обнаружения пожара

В качестве основы системы пожарной сигнализации обычно используют стандартные пожарные извещатели, однако при необходимости могут применяться и другие технические решения.

Средства контроля загазованности и параметры технологического процесса следует разграничивать с пожарными извещателями. Их интеграция с системами противопожарной защиты допускается при обеспечении нормативно установленной функциональной безопасности, подтверждённой проектными решениями и характеристиками применяемого оборудования.

1. Дымовые пожарные извещатели. Они используются в тех случаях, когда на начальной стадии пожара ожидается выделение дыма. Для обнаружения дыма могут использоваться точечные, линейные и аспирационные извещатели, а также их комбинация. Аспирационные системы забирают пробы воздуха через специальные отверстия, которые можно разместить вблизи оборудования [2].

2. Тепловые пожарные извещатели. Их применяют, когда на начальной стадии пожара основным признаком становится повышение температуры. При выборе необходимо учитывать нагрев оборудования в ходе технологического процесса, поскольку температурные колебания могут вызывать ложные срабатывания [2].

3. Пожарные извещатели пламени. Применяются при ожидаемом возникновении открытого пламени. Согласно п. 6.2.7 СП 484.1311500.2020, они используются, для обнаружения пожаров при горении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, газов и металлов [2].

4. Газовые пожарные извещатели. Эти извещатели целесообразны, если на начальной стадии пожара ожидается интенсивное выделение газообразных продуктов горения. Их выбор зависит от состава возможных продуктов горения. Согласно СП 484.1311500.2020, такие извещатели не рекомендуется использовать при пламенном горении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на начальной стадии пожара, а также при возможном горении полимерных материалов [2].

5. В качестве дополнительного направления развиваются пожарные извещатели с видеоканалом обнаружения. Анализируют изображение с помощью программных алгоритмов, выявляющих признаки дыма и пламени. При этом на точность обнаружения могут влиять условия съёмки, недостаток разнообразных обучающих данных и ложные срабатывания. Поэтому эффективность таких устройств необходимо оценивать с учётом особенностей конкретного объекта [2].

Основные направления совершенствования систем противопожарной защиты на раннем обнаружении пожара

- Эффективность раннего обнаружения пожара на технологических объектах зависит от правильного выбора и размещения пожарных извещателей, а также применения дополнительных средств контроля. При этом важно учитывать условия работы оборудования и особенности технологического процесса.
- Выбор типа пожарного извещателя. На производстве могут присутствовать пыль, пар, повышенная температура и другие факторы, влияющие на работу оборудования пожарной сигнализации. Если не учитывать эти условия при проектировании, возможны ложные срабатывания или задержка обнаружения пожара.
- Применение адресной пожарной сигнализации. Она позволяет определить конкретный извещатель, от которого поступил сигнал и упростить поиск места возможного возгорания. На крупных технологических объектах это важно, потому что проверка территории может занимать значительное время. При этом применение адресной пожарной сигнализации само по себе не ускоряет обнаружение пожара.
- Комбинирование пожарных извещателей. Их использование позволяет учитывать больше информации при формировании сигнала. В отдельных случаях могут применяться извещатели с видеоканалом обнаружения, способные выявлять признаки дыма или пламени по изображению. Выбор таких устройств должен соответствовать условиям эксплуатации и действующим нормативным требованиям.

- Учет технологического процесса. Во взрывоопасных зонах необходимо применять оборудование, соответствующее требованиям для конкретной взрывоопасной среды. Если технологический процесс связан с возможным выделением определённых газов, целесообразность применения газовых пожарных извещателей следует оценивать с учётом состава ожидаемых продуктов горения и особенностей производства.
- Правильность проектирования и своевременное обслуживание. Даже самые современные технические средства противопожарной защиты не обеспечивают надежное обнаружение, если их неправильно установили или не проводят техническое обслуживание в соответствии требованиями нормативных документов.

Предлагается методика выбора извещателей по совокупности факторов риска

Алгоритм выбора системы раннего обнаружения пожара представлен на рисунке.

В качестве обобщённого критерия рекомендуется использовать рейтинговую модель:

$$K_i = w_1 S_i + w_2 N_i + w_3 E_i + w_4 M_i - w_5 F_i,$$

где K_i — интегральная оценка i-го варианта системы обнаружения; S_i — скорость обнаружения; N_i — достоверность; E_i — соответствие условиям эксплуатации; M_i — удобство обслуживания; F_i — чувствительность к производственным помехам; $w_1 \dots w_5$ — весовые коэффициенты, установленные экспертно или на основе анализа рисков.

Представленная таблица носит рекомендательный характер и предназначена для предварительного выбора средств обнаружения пожара с учётом предполагаемых сценариев возгорания и особенностей технологического процесса. Она не заменяет проектирование системы пожарной сигнализации в соответствии с действующими нормативными требованиями, результатами оценки пожарного риска и требованиями конкретного технологического регламента.

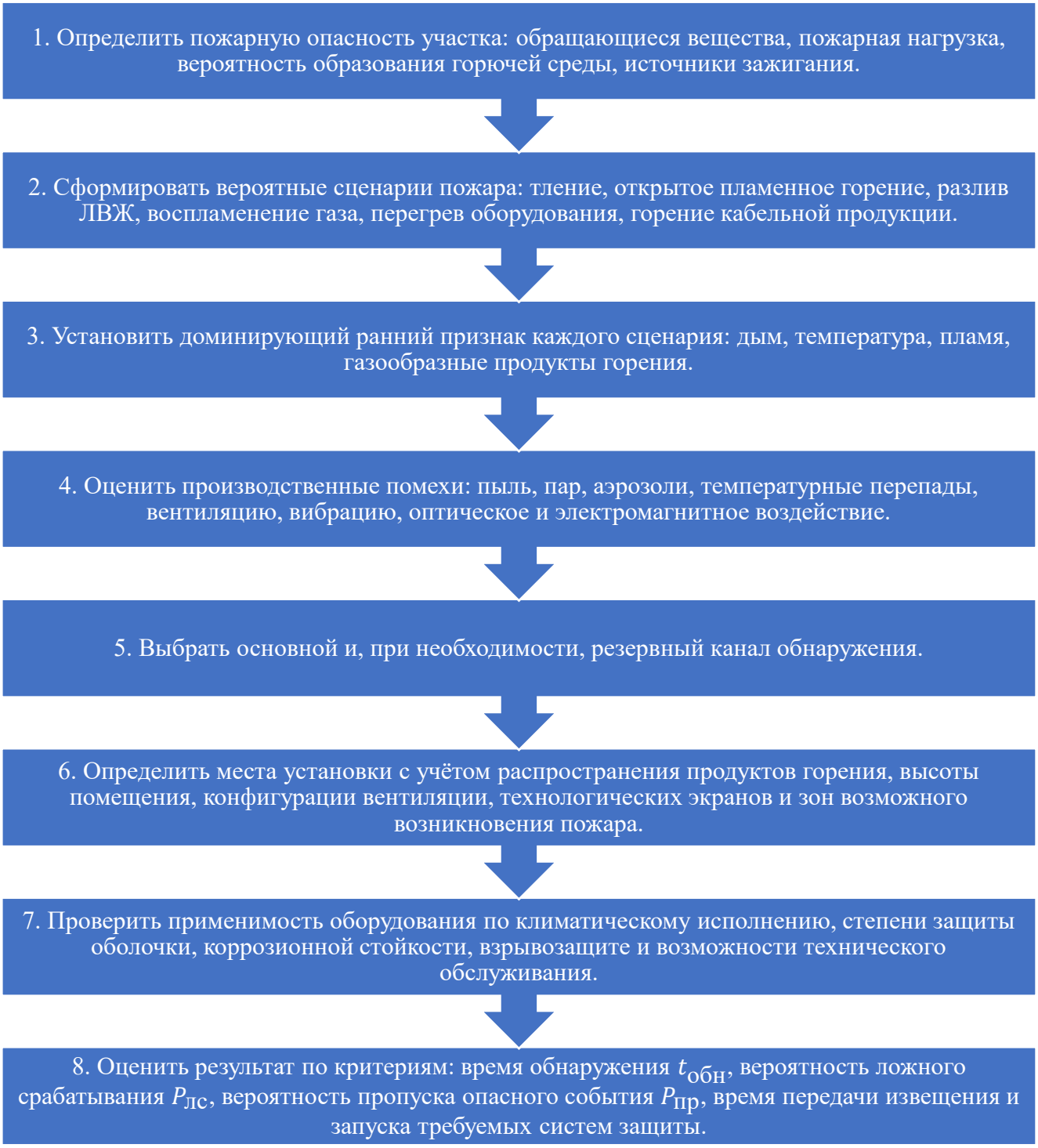


Рисунок. Выбор системы раннего обнаружения пожара

Таблица. **Связь характерных признаков пожара с техническими средствами обнаружения**

Условия технологической зоны	**Основной риск**	**Предпочтительное решение**	**Существенные ограничения**
Чистые помещения с вероятностью тления кабелей и полимеров	Медленное дымообразование	Точечные или аспирационные дымовые извещатели	Загрязнение чувствительных элементов, воздушные потоки
Пыльные производства	Загрязнение дымовых извещателей, быстрое развитие пожара	Тепловые, пламени, специальные аспирационные решения при обосновании	Пыль, высокая температура, необходимость обслуживания
Участки обращения ЛВЖ, ГЖ и горючих газов	Быстрое пламенное горение	Извещатели пламени в сочетании с проектными решениями по контролю загазованности	Засветка, экранирование, требование взрывозащиты
Высокие помещения и склады	Длительное поступление дыма к потолку	Линейные или аспирационные дымовые извещатели	Высота, стратификация дыма, сложность обслуживания
Зоны с паром и аэрозолями	Ложные срабатывания дымовых средств	Тепловые, пламени либо комбинированные решения по сценарию пожара	Температурные колебания, оптические помехи

Раннее обнаружение пожара на технологических объектах должно основываться не на универсальном выборе наиболее чувствительного извещателя, а на сопоставлении вероятных сценариев пожара с производственными помеховыми факторами. Рациональное решение формируется с учётом доминирующего признака пожара, динамики его развития, параметров воздушной среды, конструктивно-планировочных характеристик помещения, требований взрывозащиты и доступности технического обслуживания. Перспективным направлением является применение многоканальных и адресных систем обнаружения, а также средств видеоаналитики в качестве дополнительного источника информации при условии их нормативной и технической верификации. Такой подход позволяет повысить достоверность пожарной сигнализации, сократить время локализации места возникновения пожара и обеспечить своевременное включение предусмотренных проектом систем противопожарной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 04.08.2026) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

2. СП 484.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования (с Изменением № 1)

3. СП 486.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности (с Изменением № 1)

4. ГОСТ 34698-2020 Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний (с Поправкой)

5. Vorwerk P., Kelleter J., Müller S., Krause U. Classification in Early Fire Detection Using Multi-Sensor Nodes—A Transfer Learning Approach. Sensors, 2024, Vol. 24, No. 5, 1428.

6. Акименко, Д. С. Сравнительный анализ экономической эффективности активных и пассивных систем пожарной защиты на промышленных объектах / Д. С. Акименко, А. И. Закинчак // Современные проблемы обеспечения безопасности : Сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28–29 апреля 2026 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2026. – С. 11-19.

7. Жерехов, Н. Д. Здания и пожарная защита: принципы выбора систем для собственников / Н. Д. Жерехов, А. И. Закинчак // Современные проблемы обеспечения безопасности: Сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28–29 апреля 2026 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2026. – С. 45-53.

УДК 614.84

А. П. Терентьева
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРА АВТОМОБИЛЕЙ С НАЛИЧИЕМ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

В статье рассматриваются ключевые особенности пожарной опасности транспортных средств, оснащённых литий-ионными батареями. Сопоставлены возможности порошковых составов, углекислоты, водяного охлаждения, пены высокой кратности и водяного тумана. Сделан вывод о том, что приоритетной тактикой остаётся длительная подача воды, а перспективными направлениям и комбинированные схемы с предварительным охлаждением и локализацией.

Ключевые слова: электромобиль, литий-ионная батарея, тепловой разгон, распространение горения, огнетушащие составы, водяное охлаждение, пожарная безопасность.

A. P. Terenteva

FEATURES OF OCCURRENCE, DEVELOPMENT AND EXTINGUISHING OF FIRE OF VEHICLES WITH LITHIUM-ION BATTERIES

The article discusses the key features of the fire hazard of vehicles equipped with lithium-ion batteries. The capabilities of powder compositions, carbon dioxide, water cooling, high-expansion foam and water mist are compared. It is concluded that the priority tactic remains long-term water supply, and the promising areas are combined schemes with pre-cooling and localization.

Key words: electric vehicle, lithium-ion battery, thermal runaway, fire propagation, extinguishing agents, water cooling, fire safety.

Электромобилей становится больше, и вместе с этим растёт интерес к их пожарной безопасности. Статистика при этом благоприятна: электромобили загораются реже автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. В США на 100 тысяч электромобилей приходится около 25 пожаров, на 100 тысяч автомобилей с ДВС - около 1500. В Швеции в 2022 году среди более чем 600 тысяч электромобилей зафиксировано 23 пожара, среди автомобилей с ДВС за тот же период - свыше 3400.

Особенность пожаров литий-ионных аккумуляторов связана с тепловым разгоном. В обычном горении топливо и окислитель разделены и соединяются лишь при поджигании. В литий-ионной ячейке оба компонента находятся в одном герметичном корпусе, поэтому внешний источник пламени не нужен:

© Терентьева А. П., 2026

достаточно нагрева выше определённого порога. Затем запускается последовательность экзотермических процессов. Разрушается защитная плёнка на границе электрода и электролита. Оголённый литированный графит реагирует с растворителями электролита. Плавится сепаратор, и электроды замыкаются. Завершает цепочку разложение материала катода с выделением кислорода [2]. С этого момента горение поддерживается без доступа внешнего воздуха, что обесценивает большинство классических приёмов пожаротушения.

Температурные ориентиры дали эксперименты МЧС России. При нагреве батарейного модуля до 360 °C начинается активное разрушение ячеек с выделением тепла, а в момент разлёта фрагментов температура достигает около 1200 °C [3]. Для сравнения возьмите температуру плавления многих конструкционных материалов. Пожар быстро переходит в стадию, на которой задача состоит уже не в спасении имущества, а в недопущении дальнейшего распространения.

Отдельный вопрос - как реакция переходит от ячейки к ячейке. Долгое время считалось, что единственный путь - теплопередача через соседние элементы. Исследования последних лет показали другой сценарий. В батарейных блоках со сложной коммутацией повреждение цепи перераспределяет токи и вызывает спонтанный перезаряд ячеек, пространственно удалённых от первичного очага [7]. Параллельное соединение ускоряет распространение почти на 70 % по сравнению с отсутствием связи. Этот эффект назван дискретным распространением. Он заставляет пересматривать привычные схемы размещения датчиков и средств подачи.

Около 70 минут устойчиво горел автомобиль с батареей 64 кВт·ч в полномасштабном испытании. Основным горючим материалом выступила не батарея, а отделка салона [5]. Струя пламени из-под днища поджигала соседние узлы и ускоряла распространение огня по кузову. Температура газов превышала 1000 °C, что прямо угрожает несущим конструкциям подземных парковок [6]. Пиковая мощность тепловыделения у электромобиля и машины на традиционном топливе сопоставима. Различие в другом: электромобиль отдаёт больше энергии в сумме, а фронт пламени у него движется быстрее [7].

Порошковые составы работают исключительно на поверхности: они сбивают открытое пламя, однако не способны проникнуть вглубь ячейки. Исследования МЧС России подтверждают, что порошковые огнетушители и воздушно-механическая пена средней кратности не способны остановить внутренние процессы горения и дают результат только на начальном этапе. Углекислота также неэффективна, но по другой причине. Она вытесняет кислород вокруг объекта, а сам очаг выделяет окислитель изнутри поэтому внешнее тушение здесь бесполезно [3].

Вода - единственное средство, которое бьёт по пожару сразу с двух сторон. Она отбирает тепло благодаря высокой теплоёмкости и теплоте парообразования и при достаточном расходе проникает в щели блока, охлаждая ещё не разогнавшиеся ячейки. В экспериментах МЧС России после подачи воды из ствола температура резко снижалась, а цепная реакция прекращалась

[3]. Те же выводы содержит отчёт американской лаборатории: стандартный пожарный рукав эффективнее любых специализированных составов. Платой становится расход. При пожаре Tesla Semi потребовалось около 189 тысяч литров воды и 15 часов работы. В городских условиях такая схема выполнима далеко не всегда [8].

Альтернативы ищут в двух направлениях. Высокократная пена хорошо проявила себя в замкнутых пространствах. В японских испытаниях с Nissan Leaf пена с кратностью 900 покрывала автомобиль и подавляла пламя; после повторного воспламенения повторная подача гасила очаг за 2–3 часа, тогда как водяному туману требовалось почти 10. Тонкораспылённая вода экономична: эксплуатационные затраты на 30–50 % ниже, чем у спринклерных систем, расход воды минимален. Внутреннюю часть блока такая вода охлаждает ограниченно, и без продуманной схемы распыления эффект остаётся поверхностным [6].

Тепловой разгон непохож на привычное горение: это самоускоряющаяся химическая реакция, и внешний окислитель ей не нужен. Между ячейками реакция передаётся по теплу и по электрическим цепям, поэтому зона поражения шире видимого очага. Надёжнее всего пока работает вода. Порошок и углекислота годятся как подмога на начальной стадии. Пена высокой кратности и водяной туман выглядят перспективно, но универсальными не стали: их приходится привязывать к условиям конкретного объекта.

Таблица 1. **Сравнительная оценка огнетушащих средств применительно к пожарам литий-ионных аккумуляторов электромобилей [составлено авторами]**

Огнетушащее средство	**Подавление поверхностного пламени**	**Подавление внутренних реакций**	**Риск повторного воспламенения**	**Расход воды**	**Область применения**
Вода (непрерывное охлаждение)	Эффективно	Эффективно при достаточном расходе	Низкий	Высо-кий	Открытые площадки, при наличии водоснабжения
Порошок (ABC)	Эффективно	Неэффективно	Высокий	Не требуется	Начальная стадия, внешнее пламя
CO2	Ограниченно эффективно	Неэффективно	Высокий	Не требуется	Начальная стадия, замкнутые объёмы
Высокократная пена	Эффективно	Частично эффективно	Средний	Сред-ний	Замкнутые пространства, морские перевозки
Тонкораспылённая вода	Эффективно	Ограниченно эффективно	Средний	Низкий	Подземные парковки, замкнутые объёмы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов, Н. Н. Тепловая теория горения и взрывов / Н. Н. Семенов // Успехи физических наук. – 1940. – Т. 23, № 3. – С. 251-292. – EDN ZHHGPT. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30036073 (дата обращения: 08.10.2026)

2. Язвинская, Н. Н. Исследование теплового разгона в литий-ионных аккумуляторах / Н. Н. Язвинская // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2020. – № 2(206). – С. 89-95. – DOI 10.17213/1560-3644-2020-2-89-95. – EDN NKZVBJ. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42973494 (дата обращения: 08.10.2026)

3. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Тушение электромобилей подвластно МЧС России: в Перми проходят сборы. — 2025. URL: https://59.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5580481 (дата обращения: 08.10.2026)

4. Основные положения о пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей / О. В. Двоенко, Д. А. Кучмасов, Н. А. Щербаков, А. И. Захаров // Техносферная безопасность. – 2024. – № 4(45). – С. 34-47. – EDN FQSBDJ. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=78776372 (дата обращения: 08.10.2026)

5. Кулага, Н. В. Тушение пожаров литий-ионных аккумуляторных батарей / Н. В. Кулага // Современные проблемы обеспечения безопасности : Сборник материалов XXVI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 24–25 апреля 2024 года. – Екатеринбург: Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2024. – С. 56-60. – EDN HAIKNF. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67896943 (дата обращения: 08.10.2026)

6. Черивханова, А. К. Особенности тушения литиевых аккумуляторов / А. К. Черивханова, П. В. Пучков // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, Иваново, 22 октября 2025 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2025. – С. 516-519. – EDN IKLWOK. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=88802062 (дата обращения: 08.10.2026)

7. Емельянов, Р. А. Причины возникновения и тушение пожаров на электротранспорте / Р. А. Емельянов // Тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий ДТП с электромобилями : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Ниш, 25 сентября 2024 года – 26 2025 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России" (федеральный центр науки и высоких технологий), 2025. – С. 213-220. – EDN IVGGDW. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49915882 (дата обращения: 08.10.2026)

8. Штатные средства почти не работают: ученые не нашли эффективного способа тушения электромобилей // Naked Science. URL: https://naked-science.ru/community/1209751 (дата обращения: 08.10.2026)

УДК 621.382

В. А. Титов[1], К. В. Наумова[2], О. Н. Сонина[1], И. Н. Субботкина[1], О. Е. Сторонкина[1], И. К. Наумова[3]
[1] Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
[2] Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина
[3] Ивановский государственный университет

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОПОРОШКОВ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье дан краткий обзор современных исследований в области получения наночастиц металлов и оксидов с использованием неравновесной плазмы. Приведены примеры применения наночастиц для создания композиционных материалов с регулируемыми характеристиками, включая придание огнезащитных свойств. Рассмотрены варианты оборудования для плазмохимического получения оксидных нанопорошков.

Ключевые слова: огнезащита, теплоотражение, плазма, наночастицы, металлы, оксиды.

V. A. Titov, K. V. Naumova, O. N. Sonina, I. N. Subbotkina, O. E. Storonkina, I. K. Naumova

PLASMA-CHEMICAL SYNTHESIS OF METAL OXIDE NANOPOWDERS AND PROSPECTS FOR THEIR APPLICATION TO REDUCING THE FIRE HAZARD OF POLYMER MATERIALS

The article provides a brief overview of current research on the production of metal and oxide nanoparticles using non-equilibrium plasma. Examples of the use of nanoparticles for the creation of composite materials with controlled characteristics, including imparting fire-retardant properties, are given. Equipment options for the plasma-chemical synthesis of oxide nanopowders are also discussed.

Key words: fire protection, heat reflection, plasma, nanoparticles, metals, oxides.

Анализ пожарной опасности объектов защиты показывает актуальность создания новых материалов, обладающих улучшенными огнезащитными и теплофизическими характеристиками [1, 2]. Это справедливо как по отношению к строительным материалам или материалам для интерьеров, так и к материалам для изготовления спецодежды пожарных, металлургов, сварщиков и др. Один из перспективных технологических подходов к

© Титов В. А., Наумова К. В., Сонина О. Н., Субботкина И. Н., Сторонкина О. Е., Наумова И. К., 2026

улучшению огнезащитных и теплоотражающих свойств материалов основан на применении неравновесной газоразрядной плазмы [3-5]. В частности, было показано, что с применением плазмохимических методов можно синтезировать антипирены и наносить их на различные полимерные материалы, включая текстильные [3], а магнетронное ионно-плазменное напыление тонких металлических слоев открывает новые возможности в создании эффективных теплоотражающих материалов [4].

Неравновесная плазма характеризуется низкой температурой газа (~300–500 К) при высокой энергии электронов, которая в равновесных условиях соответствовала бы температуре ~ 10000–50000 К. Вследствие сильной неравновесности в плазме достигаются очень большие концентрации химически активных частиц (электронов и ионов, атомов и радикалов, возбужденных молекул и атомов) при низкой температуре газа, а химические реакции протекают с высокими скоростями. В качестве генераторов плазмы используют газовые разряды как при атмосферном, так и при пониженном давлении: разряды постоянного тока, высокочастотные (ВЧ) и сверхвысокочастотные (СВЧ) разряды, коронный, барьерный и дуговой разряды [5, 6]. Успешно эксплуатируется в промышленности оборудование для обработки тканей и полимерных пленок в плазме [7].

Плазмохимический синтез нанопорошков оксидов (например, TiO_2, Al_2O_3, ZnO) можно осуществить в плазме дугового разряда, ВЧ или СВЧ разрядов [8]. При этом исходное сырье (галогениды, гидроксиды металлов или металлоорганические соединения) вводится в поток газа, который проходит через зону плазмы. Там происходит испарение сырья и протекают быстрые химические реакции с активными частицами. В результате формируются зародыши новой фазы. Быстрое охлаждение газа при выходе из плазмы способствует закалке продуктов и предотвращает дальнейший рост частиц. В дуговом разряде источником металла для синтеза оксидов и других соединений могут быть испарение материала электродов или их распыление ионной бомбардировкой.

Введение оксидных нанопорошков в полимерные матрицы или их нанесение на поверхность материала снижает его пожарную опасность. Механизм этого эффекта может быть связан как с формированием защитного барьера на поверхности, который изолирует полимер от пламени и кислорода, так и с влиянием наночастиц на процесс термического разложения полимера (например, через образование негорючих продуктов вместо горючих газов).

Плазменная обработка используется, в частности, для закрепления неорганических наночастиц на поверхности материалов, что способствует улучшению огнестойкости [9-11]. Например, показано, что наночастицы глины фиксируются на модифицированной в плазме поверхности полимера и создают неорганический барьер, улучшающий огнезащитные свойства [9, 10]. Авторы работы [9] обрабатывали плазмой аргона при атмосферном давлении хлопок и метаарамид, пропитанные коммерческими огнестойкими составами Proban и Nomex. После плазменной обработки на поверхность наносили тонкий слой

нанопластинок монтмориллонита вместе с полисилоксаном, пленка которого обеспечивала устойчивость покрытий к стирке. Было достигнуто улучшение огнестойкости текстильных материалов при высоких значениях теплового потока (70 кВт/м^2) и сохранность характеристик материалов после стирки.

В работе [10] исследовано влияние обработки ткани из полиэтилентерефталата (ПЭТ) в плазме кислорода на последующее осаждение частичек монтмориллонитовой глины при погружении ткани в суспензию. Обработку в плазме проводили при давлении 50 Па, мощности разряда от 50 до 120 Вт и времени воздействия 15–180 с. Испытания показали, что после плазмохимической обработки и последующей сорбции монтмориллонита скорость горения ткани снизилась на ~10 %, а время до воспламенения увеличилось более чем в два раза. Кроме того, если сорбцию проводили без предварительной плазменной обработки ткани, то модифицированный материал значительно слабее противостоял возгоранию. Необходимость плазменной активации поверхности текстильных материалов для нанесения наночастиц TiO_2 показана в [11]: обработка в плазме увеличивала стабильность и долговечность нанокомпозитных покрытий в процессе их эксплуатации.

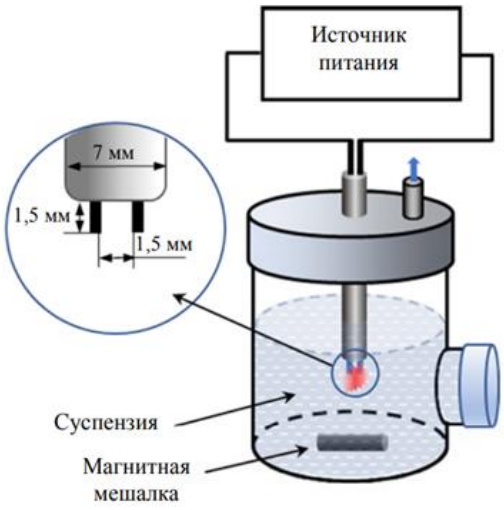


Рис. 1. Лабораторная установка для получения металлсодержащих наночастиц при разрядах в жидкости

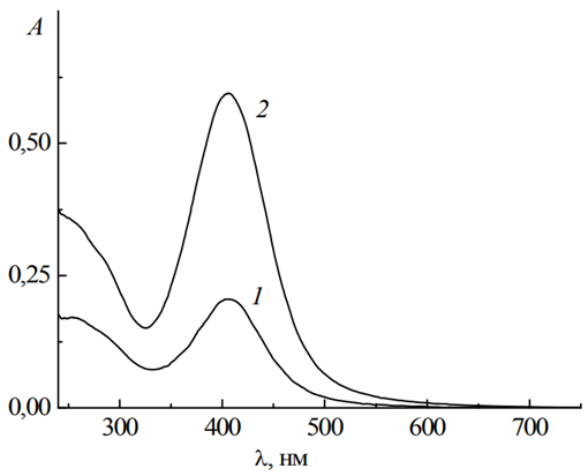


Рис. 2. Электронные спектры поглощения наночастиц, полученных при разрядах в воде между электродами из Ag в течение 5 (*1*) и 10 мин (*2*)

В последние годы интенсивно развиваются исследования и разработки процессов в плазме, контактирующей с жидкой фазой (так называемые плазменно-растворные системы) [12-14]. Способы технической реализации таких систем и особенности их свойств рассмотрены в работах [12, 13] Одно из важных направлений использования плазменно-растворных систем – синтез наноструктур на основе металлов и их оксидов [14, 15]. На рис. 1 для примера показана упрощенная схема лабораторной установки для синтеза наночастиц в

плазме, создаваемой при пропускании тока между двумя металлическими электродами, погруженными в воду [16]. Эксперименты показывают, что при использовании электродов из золота, платины или серебра формируются преимущественно металлические наночастицы, а из других металлов (Cu, Zn, Al, Ti, Ni, Fe, Mo, W и др.) – частицы оксидов [14, 15]. Пики плазмонного резонанса, отчетливо проявляющиеся на электронных спектрах поглощения (рис. 2), доказывают образование наночастиц серебра при горении разряда между серебряными электродами в воде или водных суспензиях [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарев А.А. [и др.] // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2024 год. Результаты научных мероприятий: три внутриакадемических научно-практических семинара; внутриакадемический круглый стол. Иваново, 2025. С. 52-57. – EDN: BWVYUJ

2. Романова О.С. [и др.] // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 347-351.

3. Титов В.А., Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Баусов А.М. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2025. № 2 (416). С. 56-65.

4. Титов В.А., Легкова И.А., Никифоров А.Л., Баусов А.М., Ульева С.Н. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 5 (419). С. 239-247.

5. Титов В.А., Сонина О.Н., Наумова И.К. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции. Иваново, 2025. С. 478-482.

6. Jang H.J., Jung E.Y., Parsons T., Tae H.-S., Park C-S. // Polymers. 2021. V. 13. № 14. 2267.

7. Gorberg B.L., Ivanov A.A., Mamontov O.V., Stegnin V.A., Titov V.A. // Russian Journal of General Chemistry. 2013. V. 83. № 1. P. 157-163.

8. Методы получения и свойства нанообъектов: учебное пособие / Н.И. Минько [и др.]. - М.: ФЛИНТА, Наука, 2008.- 162 с.

9. Horrocks A. R. et al. //Polymers for Advanced Technologies. 2011. V. 22. №. 1. P. 22-29.

10. Carosio F., Alongi J., Frache A. // European Polymer Journal. 2011. V. 47. №. 5. P. 893-902.

11. Radetić M. // Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. 2013. V. 16. P. 62-76.

12. Кутепов А.М., Захаров А.Г., Максимов А.И. Вакуумно-плазменное и плазменно-растворное модифицирование полимерных материалов. – М.: Наука, 2004. -496 с.

13. Рыбкин В.В., Шутов Д.А. // Физика плазмы. 2017. Т. 43. С. 929.

14. Saito G., Akiyama T. // J. Nanomater. 2015. P. 123696.

15. Agafonov A.V., Sirotkin N.A., Titov V.A., Khlyustova A.V. // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2022. V. 67. № 3. P. 253-261.

16. Титов В.А., Сироткин Н.А., Наумова И.К., Хижкина М.А., Кичеева Т.Г., Агафонов А.В. // Прикладная физика. 2024. № 5. С. 19-25.

УДК 614.876

С. А. Титов, Н. М. Барбин, М. А. Коробков, Я. В. Бачурина
Уральский институт ГПС МЧС России

ПОВЕДЕНИЕ НАТРИЕВОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПРИ ПОЖАРЕ В ПОМЕЩЕНИЯХ АЭС: РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье представлены результаты термодинамического моделирования поведения натриевого теплоносителя при пожаре в помещениях АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. В интервале температур 373 – 3273 К рассчитан равновесный состав газовой и конденсированных фаз. Установлено, что с ростом температуры происходит интенсивное испарение натрия и формирование его оксидов, гидроксидов и водородсодержащих соединений.

Ключевые слова: пожар, термодинамическое моделирование, натрий, реактор на быстрых нейтронах, атомные электростанции.

S. A. Titov, N. M. Barbin, M. A. Korobkov, Ya. V. Bachurina

BEHAVIOR OF SODIUM COOLANT IN CASE OF FIRE IN NPP PREMISES: RESULTS OF THERMODYNAMIC MODELING

The article presents the results of thermodynamic modeling of the behavior of sodium coolant during a fire in the premises of a nuclear power plant with fast neutron reactors. The equilibrium composition of the gaseous and condensed phases was calculated in the temperature range of 373 – 3273 K. It was established that as the temperature rises, sodium undergoes intensive evaporation and forms its oxides, hydroxides, and hydrogencontaining compounds.

Key words: fire, thermodynamic modeling, sodium, fast neutron reactor, nuclear power plants.

В настоящее время в Российской Федерации реализуется масштабная программа развития двухкомпонентной ядерной энергетики, предполагающая активное строительство и ввод в эксплуатацию энергоблоков с реакторами на быстрых нейтронах (БН) со свинцовым и натриевым теплоносителями.

Обеспечение безопасности данных установок напрямую зависит от анализа сценариев тяжелых аварий, связанных с разгерметизацией первого контура и последующим возгоранием натриевого теплоносителя. Вследствие высокой химической активности натрия, аварийные протечки приводят к развитию интенсивных пожаров. Особую опасность представляет горение радиоактивного теплоносителя, сопровождающееся генерацией токсичных

© Титов С. А., Барбин Н. М., Коробков М. А., Бачурина Я. В., 2026

аэрозолей оксидов и гидроксидов натрия, а также выделением горючего водорода при контакте расплава с бетоном.

Поскольку полномасштабные натурные эксперименты по сжиганию сотен килограммов радиоактивного натрия экономически нецелесообразны и сопряжены с критическими радиационными рисками, единственным инструментом для обоснования безопасности является расчетное термодинамическое моделирование [1].

В данной работе проведено термодинамическое моделирование поведения натриевого теплоносителя при пожаре в помещениях атомных электростанций с реакторами на быстрых нейтронах. Расчеты выполнялись с использованием программного комплекса TERRA [2] в диапазоне температур 373–3273 К с шагом 100 К при давлении 0,1 МПа в предположении термодинамического равновесия; влияние кинетики реакций не учитывалось [3].

Целью моделирования являлось исследование поведения теплоносителя в условиях запроектной аварии, сопровождающейся его разгерметизацией, разливом и последующим горением. Исходный состав исследуемой системы приведен в таблице [4].

Таблица. **Исходный состав исследуемой системы**

Фаза	Фазовый состав	Содержание, мас%
Конденсированная	Na	9,17
	Cs	$7\cdot10^{-6}$
	Cd	$1\cdot10^{-6}$
	Pu	$1\cdot10^{-6}$
	Ag	$1\cdot10^{-6}$
	Sb	$1\cdot10^{-6}$
	Sn	$3{,}7\cdot10^{-4}$
	Mn	$1\cdot10^{-6}$
	Fe	$1\cdot10^{-6}$
	U	$1\cdot10^{-6}$
	Te	$1\cdot10^{-6}$
Газовая	N_2	69,46
	H_2	$2\cdot10^{-4}$
	CH_4	$1{,}2\cdot10^{-5}$
	O	21,32

Результаты термодинамического моделирования равновесного состава газовой фазы представлены на рис. 1. В температурном диапазоне от 373 до 773 К основными компонентами газовой фазы системы являются молекулярный азот (N_2), молекулярный кислород (O_2) и пары воды (H_2O). При дальнейшем повышении температуры наблюдается увеличение содержания молекулярного кислорода (O2), нитрата натрия ($NaNO_3$), а также, уменьшение паров воды (H_2O), содержание молекулярного азота (N_2), молекулярного кислорода (O_2) остается неизменным до температурного значения 3273 К.

В температурном диапазоне от 1073 К до 1773 К в системе наблюдается уменьшение содержания нитрата натрия ($NaNO_3$), а также, увеличение содержания нитрита натрия (NaNO2), оксида азота (NO), оксида азота IV (NO_2), пара натрия (Na), оксида натрия (NaO), оксида натрия (Na_2O), гидроксида натрия (NaOH) и пероксида натрия (Na_2O_2). В диапазоне температур от 1773 К до 2073 К продолжает увеличиваться содержание оксида азота (NO).

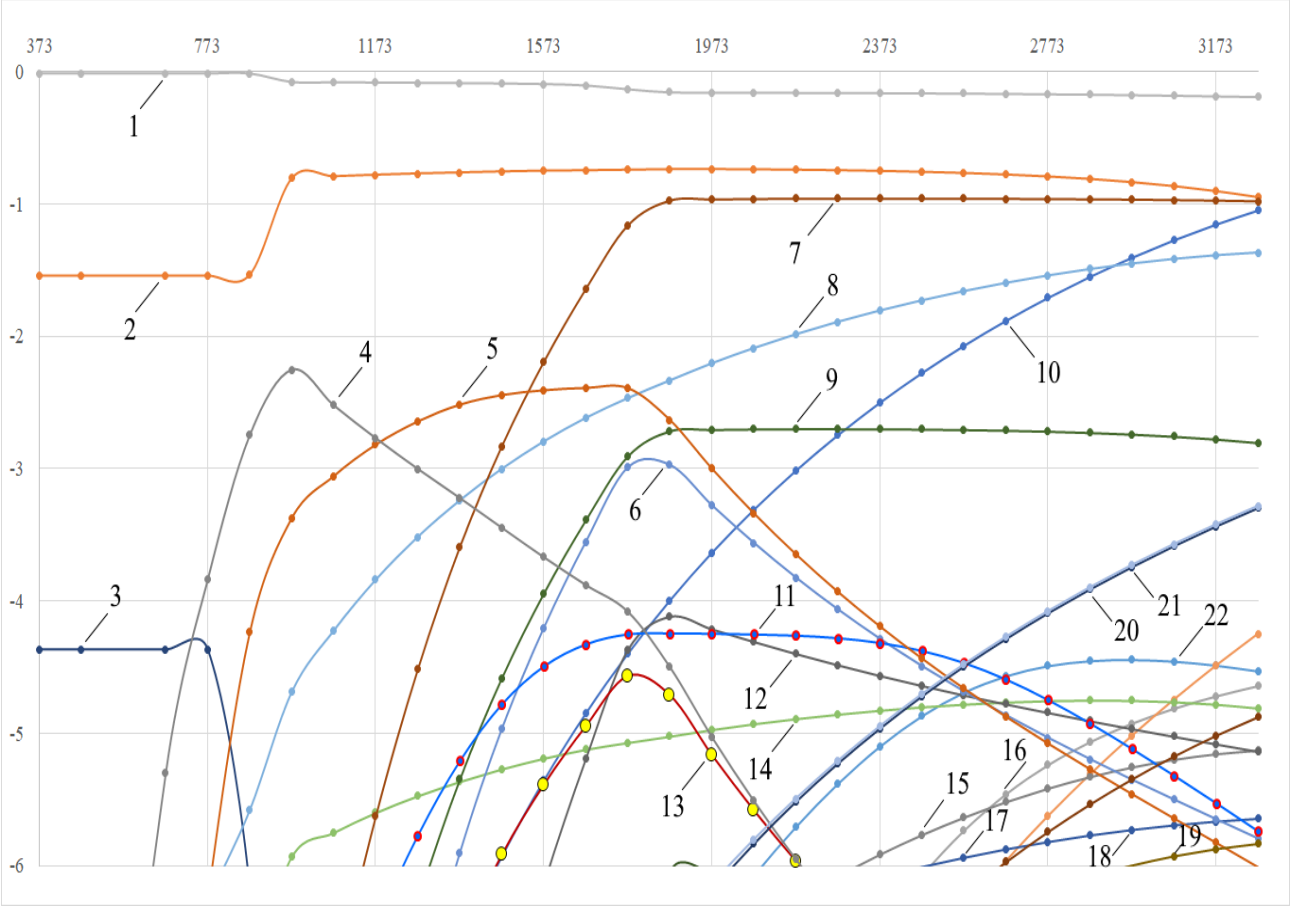


Рис. 1. Результаты термодинамического моделирования равновесного состава газовой фазы: 1 – N_2, 2 – O_2, 3 – H_2O, 4 – $NaNO_3$, 5 – $NaNO_2$, 6 – Na_2O, 7 – Na, 8 – NO, 9 – NaO, 10 – O, 11 – NaOH, 12 – Na_2, 13 – Na_2O_2, 14 – NO_2, 15 – N_2O_2, 16 – H, 17 – N_2O, 18 – N_2O, 19 – O_2^-, 20 – Na^+, 21 – e^-, 22 – OH

Результаты термодинамического моделирования равновесного состава конденсированной фазы представлены на рис. 2. В температурном диапазоне от 373 К до 873 К в конденсированной фазе наблюдается большое количество оксидных компонентов системы, а именно оксиды олова (SnO_2), кадмия (CdO), марганца (Mn_2O_3), серебра (Ag_2O), плутония (PuO_2), теллура (TeO), марганца (MnO), а также, диоксид теллура (TeO_2), гидроксид натрия (NaOH) и тетраоксид сурьмы (SbO_2). Содержание данных компонентов (кроме оксида олова (SnO_2) и гидроксида натрия (NaOH), уменьшается при нагреве до температуры 873 К, что говорит об их испарении.

Содержание оксида олова (SnO_2) уменьшается до 10^{-5} при температуре 973 К и остается неизменным до температурного значения 1673 К, после чего испаряется при значении температуры 1773 К.

Содержание гидроксида натрия (NaOH) увеличивается до более 10^{-1} при температуре 873 К, после чего уменьшается до 10^{-3} и остается неизменным до температурного значения 1673 К, после чего испаряется при значении температуры 1773 К.

При температуре 773 К наблюдается увеличение содержания пероксида натрия (Na_2O_2) и оксида натрия (Na_2O), с последующим уменьшением содержания до температурного значения 1773 К и испарением при нагреве до 1973 К.

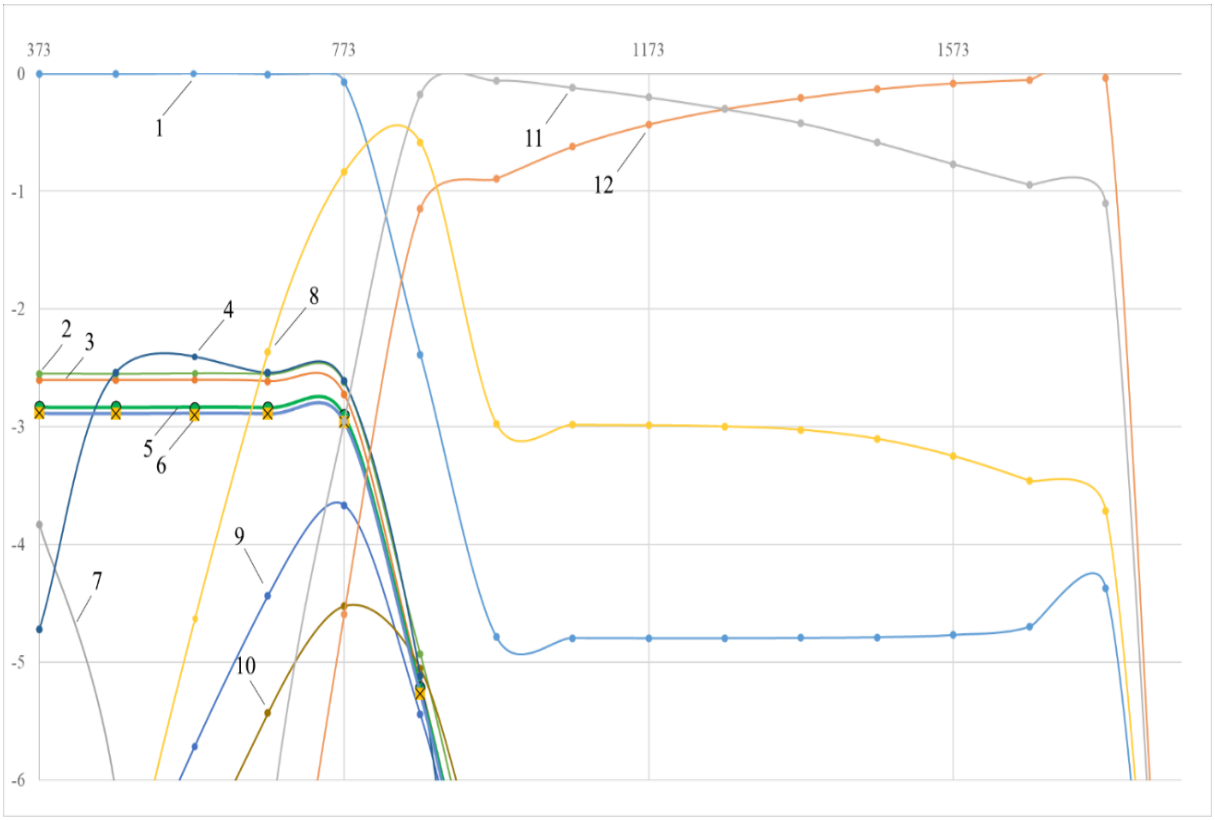


Рис. 2. Результаты термодинамического моделирования равновесного состава конденсированной фазы: 1 –SnO_2, 2 – CdO, 3 – TeO_2, 4 – Mn_2O_3, 5 – Ag_2O, 6 – PuO_2, 7 – SbO_2, 8 – NaOH, 9 – TeO, 10 – MnO, 11 – Na_2O_2, 12 – Na_2O

Исходя из результатов термодинамического моделирования можем сделать вывод, что компоненты в системе газовой фазы металлического раствора присутствуют в виде: N_2, O_2, H_2O, $NaNO_3$, $NaNO_2$, Na_2O, Na, NO, NaO, O, NaOH, Na_2, Na_2O_2, NO_2, N_2O_2, H, N_2O, N_2O, O_2^-, Na^+, e^-, OH. В конденсированной фазе в виде: SnO_2, CdO, TeO_2, Mn_2O_3, Ag_2O, PuO_2, SbO_2, NaOH, TeO, MnO, Na_2O_2, Na_2O. Высокая химическая активность натрия по отношению к атмосферным газам и влаге существенно осложняет ликвидацию возгораний данного теплоносителя. Особую опасность представляет горение

радиоактивного натрия при разгерметизации первого или второго контура реакторной установки на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, поскольку данный процесс сопровождается формированием повышенных концентраций радиоактивных аэрозолей в объеме реакторного зала, создавая непосредственную угрозу персоналу и личному составу специальных управлений федеральной противопожарной службы. Для ликвидации горения применяются порошковые и газовые огнетушащие составы. Принцип действия порошковых агентов основан на формировании на поверхности расплава изолирующего слоя, который блокирует доступ кислорода и ингибирует окислительные реакции [5-7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двухкомпонентная ядерная энергетика / Е. О. Адамов, В. Г. Асмолов, Л. А. Большов, В. К. Иванов // Вестник Российской академии наук. – 2021. – Т. 91, № 5. – С. 450-458. – DOI 10.31857/S0869587321050029.

2. Белов, Г.В. Термодинамическое моделирование химически реагирующих систем. / Г.В. Белов, Б.Г. Трусов. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2013. – 96 с.

3. Моисеев, Г. К. Применение термодинамического моделирования для изучения взаимодействия с учётом ионных расплавов / Г. К. Моисеев, Г. П. Вяткин, Н. М. Барбин. – Челябинск: ЮУрГУ, 2002. – 166 с.

4. Жидкометаллические теплоносители ЯЭУ. Очистка от примесей и их контроль / Ф.А. Козлов, Л.Г. Волчков, Э.К. Кузнецов, В.В. Матюхин; под ред. Ф.А. Козлова. М.: Энергоатомиздат, 1983.

5. Прытков, Л. Н. Температурные интервалы изменения радионуклидов при тушении натриевого теплоносителя способом изоляции зоны горения / Л. Н. Прытков, С. А. Титов // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 5-ти частях, Москва, 27 февраля 2026 года. Часть V. – Москва: Академия государственной противопожарной службы, 2026. – С. 339-343.

6. Анализ пожарной опасности натриевого теплоносителя / Л. Н. Прытков, Н. М. Барбин, А. М. Кобелев, С. А. Титов // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 26 апреля 2022 года. – Санкт-Петербург: 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, 2022. – С. 22-24.

7. Прытков, Л. Н. Радиационная и пожарная опасность натриевого теплоносителя / Л. Н. Прытков, Н. М. Барбин, С. А. Титов // Пожаровзрывобезопасность. – 2023. – Т. 32, № 2. – С. 33-43. – DOI 10.22227/0869-7493.2023.32.02.33-43.

УДК 614.841:629.7.05-52

А. М. Ткаченко, А. В. Сидельников, Т. В. Ашихмина, Е. И. Головина
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА НА ПОЛИГОНАХ ТКО: РАСЧЁТ ВРЕМЕНИ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЛЯ ТРЁХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

Сравнивается эффективность трёх систем обнаружения тления на полигоне ТКО: тепловизионного БПЛА, стационарного извещателя и визуального обхода. Рассчитано время обнаружения; показано преимущество БПЛА и предложена комбинированная схема мониторинга

Ключевые слова: полигон ТКО, обнаружение пожара, тепловизионный мониторинг, БПЛА, тление, время обнаружения.

A. M. Tkachenko, A. V. Sidelnikov, T. V. Ashikhmina, E. I. Golovina

IMPROVING FIRE DETECTION TECHNOLOGY AT SOLID WASTE LANDFILLS: CALCULATION OF DETECTION TIME FOR THREE MONITORING SYSTEMS

The effectiveness of three smoldering detection systems at a solid waste landfill is compared: a thermal imaging UAV, a stationary detector, and a visual inspection. The detection time is calculated; the advantage of the UAV is demonstrated, and a combined monitoring scheme is proposed.

Keywords: solid waste landfill, fire detection, thermal imaging monitoring, UAV, smoldering, detection time.

Пожары на полигонах твёрдых коммунальных отходов (ТКО) представляют собой серьёзную экологическую проблему. Они сопровождаются выбросами токсичных газов: диоксины, фураны и метан, загрязнением почв и подземных вод, а также угрозой для населения прилегающих территорий [1, 2]. Самыми опасными являются очаги тления в теле полигона, которые трудно локализовать традиционными методами. По данным официальных и новостных источников на полигонах, располагающихся на территории России, фиксируется до нескольких десятков или даже сотен пожаров в год. При этом масштабные пожары характеризуются длительным тлением на локальных участках [3, 4, 5].

Существуют различные методы мониторинга и обнаружения очагов пожара. Одним из них являются современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА), оснащённые специальными тепловизионными модулями. Они позволяют выявлять температурные изменения ещё до появления

© Ткаченко А. М., Сидельников А. В., Ашихмина Т. В., Головина Е. И., 2026

открытого пламени [6, 7]. Это существенно сокращает время реагирования и минимизирует площадь возможного возгорания. Однако количественное сравнение эффективности БПЛА по сравнению с другими методами остается актуальной темой для исследования.

Таким образом, целью исследования является расчёт времени обнаружения очага тления на поверхности полигона ТКО для трёх систем мониторинга: БПЛА, стационарного теплового извещателя и визуального обхода.

Модель роста площади очага тления

Для расчёта времени обнаружения принята модель линейного роста площади очага тления. Такое решение обосновано тем, что на начальной стадии тление распространяется вдоль поверхности тела полигона. Скорость тления зависит от свойств материала, влажности и доступа кислорода и может быть относительно постоянной. Квадратичная модель роста, характерная для открытого пламени, на стадии тления не применяется, поскольку горение в глубинных слоях ограничивается переносом кислорода [8, 9].

Приняты следующие параметры модельного очага:

- начальная площадь очага: S_0 = 0,01 м² (соответствует локальному участку самовозгорания);

- линейная скорость роста радиуса очага: v = 0,005 м/мин (0,3 м/ч) - консервативная оценка для тления в уплотнённых отходах;

- форма очага: круг.

Площадь очага в момент времени t (мин) определяется как [8]:

$$S(t) = \pi(r_0 + v \times t)^2$$

где $r_0 = \sqrt{S_0/\pi}$ - начальный радиус очага.

Пороги обнаружения приняты на основе анализа технических характеристик и практики эксплуатации.

Современные тепловизионные БПЛА обеспечивают разрешение, достаточное для идентификации температурной аномалии площадью от 0,1–0,5 м² при облёте с высоты 100–120 м. В качестве порога обнаружения принята площадь $S_{БПЛА}$= 0,5 м². Время обнаружения дополнительно включает период между облётами; при периодичности один раз в сутки максимальная задержка составляет 12 часов (720 мин).

Порог срабатывания стационарного теплового извещателя определяется зоной покрытия одного датчика, которая для помещений составляет до 15–20 м². Для открытой поверхности полигона зона покрытия существенно меньше вследствие тепловых потерь; принята консервативная оценка $S_{ИЗВ}$ = 2,0 м² [3].

Обнаружение по визуальным признакам (дым, пар, выгоревшая растительность) возможно при площади очага $S_{ВИЗ}$ = 10 м². Периодичность обходов принята один раз в смену (12 часов = 720 мин).

Результаты расчёта времени достижения пороговых площадей и полного времени обнаружения с учётом периодичности представлены в таблице. График роста площади очага с отметками моментов обнаружения приведён на рисунке.

Таблица. **Время обнаружения очага тления для трёх систем мониторинга**

Система	Пороговая площадь, м^2	Время до порога, мин	Периодичность, мин	Полное время обнаружения, мин
Тепловизионный БПЛА	0,5	12,1	720	732,1 (12,2 ч)
Стационарный извещатель	2,0	32,3	0 (непрерывно)	32,3
Визуальный обход	10,0	76,4	720	796,4 (13,3 ч)

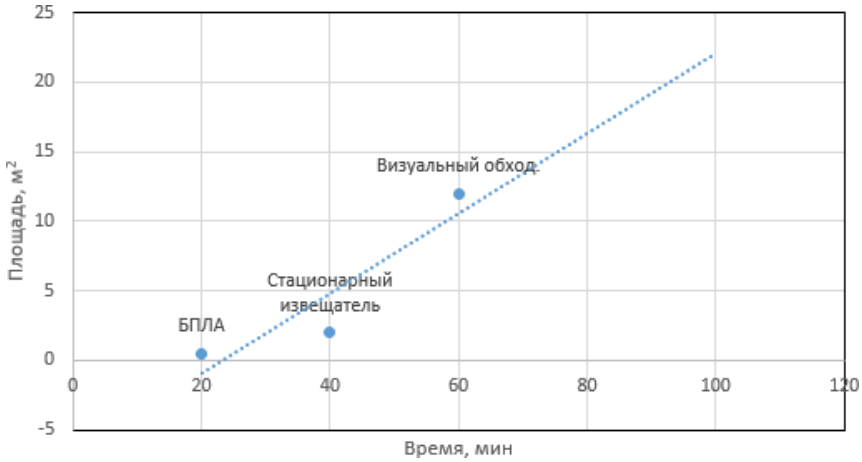


Рисунок. Рост площади очага тления (линейная модель) с отметками моментов достижения пороговой площади для трёх систем

Как видно из таблицы, стационарный тепловой извещатель обеспечивает наименьшее время обнаружения (32 минуты), поскольку работает непрерывно и имеет относительно низкий порог срабатывания. Однако зона покрытия одного датчика ограничена, и для контроля всей площади полигона требуется значительное количество таких устройств, что существенно увеличивает стоимость системы и сложность её обслуживания.

Тепловизионный БПЛА обнаруживает очаг при достижении площади 0,5 м², что происходит через 12 минут после начала тления. Однако полное время обнаружения определяется периодичностью облётов: при ежесуточном мониторинге максимальная задержка составляет около 12 часов. При этом важно отметить, что БПЛА обнаруживает аномалию на стадии, когда площадь очага в 20 раз меньше, чем при визуальном обходе, и в 4 раза меньше, чем при срабатывании стационарного извещателя.

Визуальный обход демонстрирует наибольшее время обнаружения как вследствие высокого порога (10 м²), так и вследствие периодичности. К моменту визуального обнаружения очаг может занимать значительную площадь, а тление - распространиться в глубинные слои.

Принятая линейная модель роста радиуса очага является упрощением. В реальных условиях скорость распространения тления зависит от ряда факторов: влажности отходов, степени уплотнения, состава, скорости ветра и температуры окружающей среды [9]. При низкой влажности и хорошем доступе кислорода скорость роста может быть выше, при высокой влажности - ниже. Кроме того, тление может распространяться преимущественно в глубину, а не по поверхности, что делает тепловизионную съёмку поверхности менее информативной для обнаружения глубинных очагов [9].

Практика применения тепловизионных БПЛА на полигонах подтверждает их эффективность для выявления температурных аномалий. Исследование, проведённое на полигоне Meruelo (Испания), показало, что тепловизионная съёмка с БПЛА позволяет идентифицировать не менее пяти зон повышенных температур, связанных с возможными выбросами биогаза, разложением органики или подземными очагами горения [10, 11]. На полигоне Karadiyana (Шри-Ланка) тепловизионный облёт выявил температурные аномалии в диапазоне от 69,61 °C до 176,32 °C, указывающие на активное или недавно активное горение [6].

Важным преимуществом БПЛА является возможность обследования недоступных и опасных участков без риска для персонала [7].

Комбинированная система мониторинга

Полученные результаты указывают что наибольшая эффективность будет достигаться при применении комбинированной системы.

При таком использовании достигаются следующие результаты:

- при установке стационарных тепловых извещателей в зонах повышенного риска (вблизи газовых скважин, на участках с нарушениями покрытия) обеспечивается непрерывный контроль с временем обнаружения порядка 30 минут.
- тепловизионные облёты БПЛА необходимо выполнять с периодичностью, определяемой классом опасности полигона. Для действующих полигонов с высокой интенсивностью газообразования может быть рекомендована периодичность не реже одного раза в сутки; для закрытых и рекультивированных
- еженедельно.

Такая система позволяет сочетать непрерывность контроля (извещатели) с пространственной полнотой (БПЛА), интегрируясь в единую платформу мониторинга с автоматическим оповещением при превышении пороговых значений и обеспечивая обнаружение как поверхностных, так и глубинных очагов на ранних стадиях [12].

Таким образом, выполненный расчёт показывает, что тепловизионный мониторинг с БПЛА обеспечивает обнаружение очага тления на полигоне

ТКО на стадии, когда его площадь в 4 раза меньше, чем при срабатывании стационарного теплового извещателя, и в 20 раз меньше, чем при визуальном обходе. Однако полное время обнаружения при периодических облётах определяется интервалом между ними. Стационарные извещатели дают наименьшее время реакции, но не обеспечивают пространственного покрытия всей территории полигона.

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные оценки могут быть использованы при проектировании систем мониторинга полигонов ТКО для обоснования состава и периодичности технических средств обнаружения пожара [4, 5]. Наиболее эффективным решением является комбинированная схема, интегрирующая непрерывный контроль стационарных датчиков в зонах риска с регулярными тепловизионными облётами БПЛА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашихмина, Т. В. Прогнозирование геоэкологического воздействия пожаров на полигонах ТКО Воронежской области / Т. В. Ашихмина, А. А. Головко, А. М. Ткаченко [и др.] // Астраханский вестник экологического образования. – 2025. – №3(87). – С. 4–15.

2. Ткаченко А.М., Головина Е.И., Ашихмина Т.В. // Анализ факторов и прогнозирование зоны возможного загрязнения подземных вод в районе объекта размещения отходов (на примере полигона ТКО Подгоренского района Воронежской области) / Техносферная безопасность: современные научные тенденции, технические и организационные средства и методы обеспечения, специальное образование – 2026: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 18-20 мая 2026 г. – 406 с.

3. Дударева Д.А., Батракова Г.М. Тепловая съёмка территорий полигонов захоронения отходов // Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2019.

4. Габриэль П.О., Маахнюк Г.К., Сай А.Р. Обзор существующих систем мониторинга состояния полигонов твердых коммунальных отходов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 2 (66). С. 214–224.

5. Королева Л.А. Система мониторинга и прогнозирования пожароопасных состояний мест размещения и накопления твердых коммунальных отходов при их захоронении и транспортировке // Пожаровзрывобезопасность. 2024.

6. NBRI Conducts UAV-Based Thermal Survey to Assess Temporal Variation of Surface Temperature at Karadiyana Dumping Site Fire-Affected Area // National Building Research Institution. 2026.

7. Кузьмин А., Павлова О. Пожары на свалках: применение беспилотных летательных аппаратов для раннего обнаружения // Хмельницкий национальный университет. 2024.

8. Monitoring open landfill fires using integrated UAV and Sentinel-2 satellite imagery // Waste Management. 2026.

9. Gabrijel I., Drakulić M., Milovanović B., Banjad Pečur I. Inspection of deep-seated fire within waste disposal site by infrared thermography // Proceedings of the 17th

Quantitative InfraRed Thermography Conference. Zagreb, 2024.

10. Landfill Underground Fire Investigation — Aerial Thermal Survey Case Study // Drone Media Imaging. 2025.

11. Sedano-Cibrián J., de Luis-Ruiz J.M., Pérez-Álvarez R., et al. 3D thermal modeling of landfills using UAV-based TIR sensors // Applied Sciences. 2023. Vol. 13, No. 24. P. 13164.

12. Андреева Е.С. Обеспечение экологической безопасности полигонов твердых коммунальных отходов на основе расчетов параметров объемных пожаров с использованием модели тепломассопереноса // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2026. № 2. С. 127–133.

УДК 614.843

Токарева О. В., Фролов С. В. Современные технологии и материалы в производстве противопожарного оборудования

О. В. Токарева, С. В. Фролов

Академия государственной противопожарной службы ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье рассматривается современное состояние индустрии противопожарной защиты, эффективность которой определяется применением высокотехнологичных материалов и производственных технологий. Отдельно выделены гибридные технологии, объединяющие свойства металлов, керамики и полимеров. Отмечена ключевая роль новых материалов в повышении надежности, долговечности и эффективности современного противопожарного оборудования.

Ключевые слова: современное противопожарное оборудование, индустрия противопожарной защиты, боевая одежда пожарных, детали машин, импортонезависимость, современные гибридные технологии.

O. V. Tokareva, S. V. Frolov

MODERN TECHNOLOGIES AND MATERIALS IN THE PRODUCTION OF FIRE-FIGHTING EQUIPMENT

The article examines the current state of the fire protection industry, the effectiveness of which is determined by the use of high-tech materials and production technologies. Hybrid technologies combining the properties of metals, ceramics and polymers are highlighted separately. The key role of new materials in improving the reliability, durability and efficiency of modern firefighting equipment was noted.

© Токарева О. В., Фролов С. В., 2026

Keywords: modern firefighting equipment, fire protection industry, fire fighting clothing, machine parts, import independence, modern hybrid technologies.

В последние годы наблюдается значительный рост числа и масштабов техногенных и природных пожаров, сопровождающихся разрушением строений, инфраструктуры и человеческими жертвами. Для защиты объектов разного типа от огневого и теплового поражения используются разного рода противопожарные средства, методы и материалы. Проводится широкий спектр исследовательских работ, направленных на изучение характеристик материалов с повышенной огне- и теплостойкостью при воздействии высоких температур [1].

Современное противопожарное оборудование — это высокотехнологичные комплексы, эффективность которых напрямую зависит от применяемых материалов и производственных технологий. Поэтому индустрия противопожарной защиты для аварийно-спасательных работ (АСР) в настоящее время интенсивно развивается.

При пожаре возникает экстремальная среда, характеризующаяся сверхвысокими температурами, агрессивными химическими средами, высокими давлениями и, как следствие, механическими разрушениями узлов и элементов конструкций. Противопожарное оборудование часто используется в предельных условиях, поэтому производство средств пожарной безопасности — от ручного инструмента до автоцистерн повышенной проходимости — относится к отраслям с критическими требованиями к отказоустойчивости. Любая технологическая ошибка на этапе получения заготовки или механической обработки может привести к катастрофическим последствиям. Поэтому изготовление деталей для этой сферы строго регламентировано государственными стандартами (ГОСТ), техническими условиями заводов-изготовителей и международными нормами качества.

Производство корпусов, узлов для пожарной техники и тканей для боевой одежды пожарных требует сегодня использования огнестойких и жаропрочных материалов, способных выдерживать температуру свыше 1000 °C, и поэтому современные инженерные исследования направлены, в том числе, и по пути разработки гибридных решений и оптимизации геометрии.

Производство большинства современных материалов для изготовления противопожарного оборудования невозможно без применения современных гибридных технологий. Суть гибридизации заключается в объединении разнородных компонентов, сочетающих принципиально разные классы веществ (металлов, полимеров, керамики, углеродных структур) или технологических процессов для достижения результатов, недоступных при использовании классических методов.

К основным направлениям гибридных технологий в области пожарной безопасности относятся:

- гибридные и нанокомпозитные интумесцентные покрытия;
- гибридные полимер-неорганические аэрогели и пены;

- гибридные ткани и текстиль для экипировки;
- интеллектуальные гибридные системы мониторинга.

Гибридные технологии в области пожарной безопасности объединяют преимущества разных методов и средств тушения, что позволяет решать сложные задачи с максимальной эффективностью и минимальным ущербом.

Так, для боевой одежды пожарного (БОП) требование выдержать воздействие свыше 1000 °С реализуется через многослойный пакет:

- внешний слой: ткани на основе мета-арамидов (например, Номекс) с нанесением алюминизированного покрытия. В отличие от обычных синтетических волокон, ткань не плавится, не горит и сохраняет структуру даже при контакте с открытым пламенем;
- промежуточный слой: нетканые материалы из полипарафенилен-терефталамида или стекловолокна, обеспечивающие высокую прочность на разрыв и дополнительную теплоизоляцию;
- внутренний слой: мембранные материалы, отводящие влагу от тела, но блокирующие прохождение горячего пара.

Главная технологическая сложность заключается в необходимости совместить термозащиту с эргономикой. Экстремальная жаропрочность часто достигается увеличением массы и снижением паропроницаемости, что ведет к быстрому перегреву самого пожарного. Поэтому современные исследования направлены на создание градиентных композитов: структура материала меняется по толщине, обеспечивая отражение внешнего жара выше 1000 °С снаружи и сохранение комфортной температуры тела внутри при длительной работе в зоне возгорания.

Для изготовления металлических компонентов (насосов высокого давления, коллекторов, элементов двигателей спецтехники) используют сложнолегированные сплавы на никелевой основе, обладающие повышенными показателями жаропрочности, то есть способностью сохранять механическую прочность при температурах до 1050–1100 °С. Жаростойкость материалов обеспечивается за счет образования на поверхности защитных оксидных пленок из хрома, алюминия и кремния, которые препятствуют интенсивному окислению металла в среде продуктов горения.

В производстве композитных узлов применяются керамические матрицы, армированные углеродным или карбидокремниевым волокном. Такие материалы обладают низкой теплопроводностью, что позволяет использовать их для создания тепловых экранов отсеков экипажа и защиты гидравлических систем от перегрева при тушении крупных техногенных пожаров.

При систематизации современных материалов и производственных технологий, применяемых при создании ключевых узлов противопожарной техники, особое внимание уделяется отечественному опыту, включая производственные мощности специализированных литейных предприятий России. В отечественной практике создания корпусных и проточных узлов противопожарной техники (корпуса насосов высокого давления, коллекторы, рамы лафетных стволов) широко используются литейные технологии.

Наилучшими литейными свойствами обладают чугуны, которые широко используются для изготовления деталей пожарной техники.

Однозначность коммуникации между конструкторами и технологами базируется на строгом соответствии материалов требованиям ГОСТ. При переходе пожарной техники на импортонезависимость преимущественным трендом, например, стало замещение серого чугуна СЧ20 на высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧ) марок ВЧ 40–ВЧ 50. Для конструктора это означает возможность снижения толщины стенок корпусных деталей пожарной техники на 20–30% при сохранении запаса прочности, а для технолога — необходимость введения операций модифицирования расплава магнием и ужесточения контроля температуры перегрева в индукционных печах промышленной частоты.

Для производства деталей малой и средней прочности используют отливки из серого чугуна марок СЧ12 и СЧ15. Выбор этих марок продиктован их способностью эффективно работать на сжатие и износ. В частности, из такого материала отливают крышки пенных огнетушителей. Более прочный серый чугун СЧ18 служит материалом для корпусов и крышек центробежных пожарных насосов, а также их рабочих колёс, проточную часть которых для защиты от коррозии и повышения долговечности дополнительно покрывают специальным составом.

Так, ключи К-80 и К-150 производят методом литья из ковкого чугуна КЧ30-6. Основное назначение ключей для пожарной соединительной арматуры К-80 и К-150 — это соединение и разъединение между собой соединительных полугаек (головок) пожарных рукавов разных диаметров, а также данный вид пожарно-технического вооружения является необходимым инструментом при тушении пожаров и проведению АСР во время работы с различным пожарно-техническим вооружением [2].

Из чугуна КЧ30-6 отливают корпус редуктора, картер коробки отбора мощности и задний мост пожарного автомобиля. В отличие от чугуна, сталь хуже подходит для литья из-за высокой температуры плавления, низкой жидкотекучести и значительной усадки, но превосходит его по пластичности и ударной вязкости.

В производстве противопожарного оборудования также применяются цветные сплавы на основе меди, алюминия, магния и титана. Их выбирают за лёгкость, коррозионную стойкость, хорошую обрабатываемость, а иногда и за особые свойства, необходимые при высоких температурах или контакте с огнетушащими веществами.

Для втулок подшипников скольжения задействуют литейные латуни. Бронза, обладающая высокой коррозионной стойкостью и антифрикционными свойствами, идёт на изготовление рабочих колёс насосов, в том числе перекачивающих морскую воду, а также вкладышей подшипников. Силумины же, отличающиеся высокой жидкотекучестью и малой усадкой, позволяют получать сложные отливки: корпуса, крышки и рабочие колёса центробежных

насосов. Из сплавов АЛ9 или АЛ9В отливают корпуса тройников водосборников, разветвлений и детали пожарных мотопомп.

Важнейшую роль в обеспечении требуемых механических свойств пожарного оборудования и техники играет термическая обработка.

Она применяется для шестерён, коленчатых и распределительных валов, шатунов, пружин, рессор, колец, втулок, поршневых пальцев, подшипников и других деталей двигателей и трансмиссий пожарных машин и оборудования.

Термическая обработка позволяет повысить прочность, износостойкость и усталостную выносливость вала. Наибольшее применение для термической обработки штампованных стальных коленчатых валов (стали 45, 40Х, 40Г2, 40ХН2МА, 38Х2МЮ) нашла закалка токами высокой частоты (ТВЧ).

Конкретные параметры термообработки обеспечивают необходимые эксплуатационные свойства вала, включая прочность и износостойкость, что критично для работы в условиях высоких нагрузок и вибраций, характерных для пожарных насосов.

Не вызывает сомнений, что современные технологии и материалы играют ключевую роль в производстве противопожарного оборудования, обеспечивая повышение эффективности, надежности и долговечности изделий. Новые разработки позволяют создавать устройства, способные быстрее обнаруживать возгорание, эффективнее бороться с огнем и минимизировать ущерб от пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов, С. В. Изучение теплозащитных свойств огнестойких кремнеземных эластичных композитов в условиях повышенных температур / С. В. Фролов, В. В. Абразумов, О. В. Токарева // Информационно-технологический вестник. – 2026. – № 1(47). – С. 128-146.

2. Ключи для соединения пожарной арматуры и ПТВ: К-80 и К-150. https://fireman.club/podpiska/https://fireman.club/statyi-polzovateley/klyuchi-dlya-pozharnoy-armaturyi/?ysclid=mv3imvdk9377081402 (дата обращения 28.09.2026).

УДК 614.84:69.057.5(575.2)

А. Т. Торобеков, А. К. Расулов, М. М. Данилов, А. Н. Денисов, С. Жыргалбек уулу*
ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»
*Учебно-исследовательский центр при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Проанализировано нормативное обеспечение пожарной безопасности высотных и многофункциональных зданий в Кыргызской Республике. Показано, что нормы определяют случаи обязательной разработки специальных технических условий (СТУ), но не устанавливают единого порядка их подготовки и согласования. Предложен механизм, связывающий нормативное отступление с компенсирующими мероприятиями и проверяемым эффектом.

Ключевые слова: специальные технические условия; пожарная безопасность; высотные здания; многофункциональные здания; пожарно-техническая экспертиза; техническое регулирование; Кыргызская Республика.

A. T. Torobekov, A. K. Rasulov, M. M. Danilov, A. N. Denisov , S. Jyrgalbek uulu

SPECIAL TECHNICAL CONDITIONS IN THE FIRE SAFETY SYSTEM OF THE KYRGYZ REPUBLIC

The regulatory framework for fire safety in high-rise and multifunctional buildings in the Kyrgyz Republic is analyzed. It is demonstrated that the existing regulations specify the circumstances requiring the development of special technical conditions (STC) but do not establish a unified procedure for their preparation and approval. A mechanism is proposed that links regulatory deviations to compensatory measures and a verifiable safety outcome.

Keywords: special technical conditions; fire safety; high-rise buildings; multifunctional buildings; fire safety expert assessment; technical regulation; Kyrgyz Republic.

Введение

Развитие строительной отрасли Кыргызской Республики сопровождается ростом объёмов жилищного строительства, этажности и распространением многофункциональных объектов, сочетающих жилые, общественные и коммерческие функции. По данным Национального статистического комитета Кыргызской Республики, ввод жилья вырос с 1 313,2 тыс. м² в 2021 г. до 1 819,9 тыс. м² в 2025 г. (на 38,6 %), в Бишкеке — с 348,6 до 617,0 тыс. м² (примерно на 77,0 %) [1].

© Торобеков А. Т., Расулов А. К., Данилов М. М., Денисов А. Н., Жыргалбек уулу С., 2026

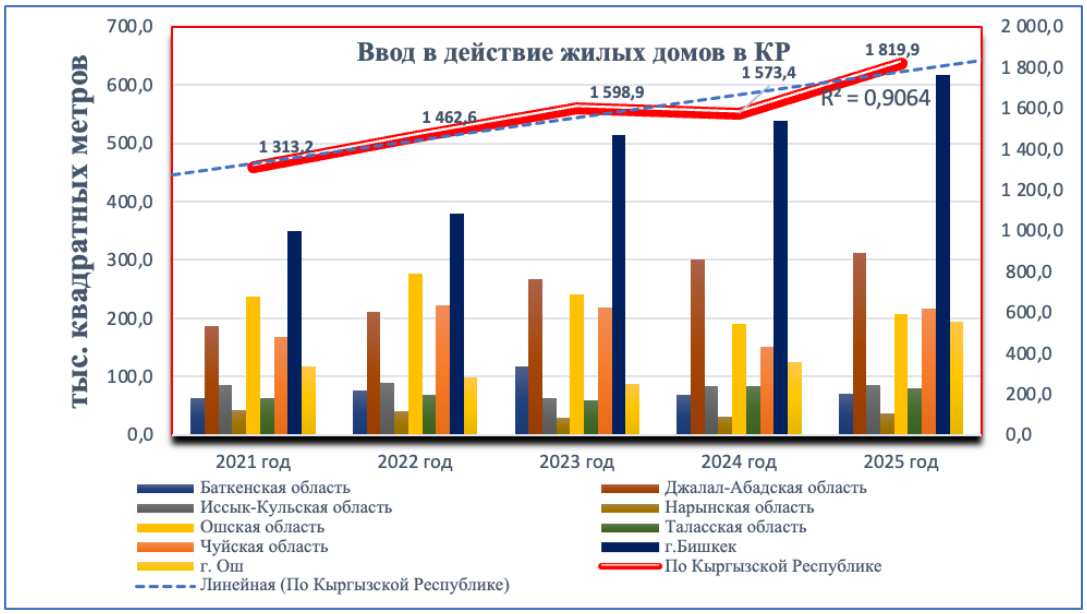


Рис. 1. Ввод в действие жилых домов в КР
Источник: Национальный статистический комитет Кыргызской Республики, построено по данным [1].

Показатель охватывает все типы жилых домов и характеризует лишь общий контекст строительной активности, но не долю высотных объектов.

Нормативная база Кыргызской Республики предусматривает единую согласованную классификацию зданий по высоте для целей обеспечения пожарной безопасности в рамках межгосударственных соглашений. Пункт 1.5 СН КР 21-01:2018 требует разработки специальных технических условий (СТУ) для зданий класса Ф1.3 высотой более 75 м, зданий иных классов высотой более 50 м, зданий с числом подземных этажей более одного и особо сложных многофункциональных зданий [9]. Положение о государственном пожарном надзоре предусматривает комиссионное рассмотрение с выездом на местность для объектов высотой более 75 м (п. 26) [2], а СН КР 30-01:2020 относит к высотным здания жилой застройки свыше 18 этажей, к уникальным — здания высотой более 60 м [3]. Различие порогов (18 этажей, 50, 60 и 75 м) осложняет применение норм.

Для анализа сегмента многоэтажного строительства использована выборка объектов от 17 этажей, сформированная авторами по паспортам Реестра строящихся объектов [4]. Граница 17 этажей принята как исследовательский ориентир, близкий к нижнему порогу высотной застройки по СН КР 30-01 [3], и не является нормативным критерием высотности; фактическая высота здания и необходимость СТУ определяются по проектной документации и требованиям норм.

Структура исследуемого сегмента строительства

По рабочему реестру объектов строительства Кыргызской Республики в выборку (табл. 1) вошли 38 строящихся объектов Кыргызской Республики: 30 этажностью 17–24 этажа и 8 — 25 этажей и выше [3]. Данные о подземной части имеются по 24 объектам, из которых у 22 предусмотрено более одного подземного уровня. Согласно СН КР 21-01:2018, эта характеристика имеет значение при определении необходимости разработки СТУ [5]. Фактическая высота зданий устанавливается по проектной документации, поскольку этажность не позволяет однозначно определить соответствие нормативным критериям высотности.

Таблица 1. **Структура исследовательской выборки объектов строительства**

Показатель	**Значение**
Всего объектов	38
17–24 этажа	30 (78,9 %)
25 этажей и выше	8 (21,1 %)
Бишкек / Ош	37 / 1
Объекты с данными о подземной части	24
Более одного подземного уровня	22 из 24 (91,7 %)
Площадь указана по объектам (всего)	19 из 38; 1 681 854 м²
В том числе по объектам 25+	7 из 8; 1 107 738 м²

Проблема нормативного и процедурного обеспечения СТУ

Дополнительным индикатором проблемы являются результаты пожарно-технической экспертизы (ПТЭ) проектной документации. За 2022–2025 гг. подразделениями государственного органа в сфере пожарной безопасности рассмотрено всего (в том числе высотных) 5 393 проекта: 4 942 положительных и 451 отрицательное решение (8,36 %). По территориям доля отрицательных решений изменяется от 0,97 % в Джалал-Абадской области (7 из 718) до 20,78 % в Таласской (32 из 154), в г. Ош составляет 15,24 %, в г. Бишкек — 12,18 % (218 из 1 790) [6]. Различия могут частично зависеть от структуры поданных проектов, однако их масштаб указывает на неоднородность практики рассмотрения. Сам по себе отрицательный результат экспертизы не свидетельствует об ошибочности решения эксперта, но такой разброс при отсутствии формализованного механизма СТУ показывает необходимость единых критериев и процедур.

Пункт 1.5 [5] требует, чтобы СТУ отражали специфику противопожарной защиты, включая дополнительные инженерно-технические и организационные мероприятия, а п. 1.6 допускает отступления от противопожарных требований при наличии компенсирующих мероприятий, согласованных с органом пожарной безопасности [5]. Однако единый порядок, определяющий субъект разработки, обязательный состав СТУ, содержание задания, требования к

расчётному обоснованию компенсирующих мероприятий, порядок рассмотрения, основания отказа и ведение реестра ранее согласованных решений, в Кыргызской Республике не установлен. Положение о государственном пожарном надзоре [2] закрепляет за органом пожарной безопасности лишь общую функцию разработки требований, а при отклонениях от противопожарных норм предусматривает возврат проектной документации заявителю (п. 27), то есть не содержит пути согласования обоснованного отступления.

В Российской Федерации имеется более формализованный опыт. Приказ МЧС России от 28.11.2011 № 710 устанавливает административную процедуру согласования СТУ для объектов, в отношении которых отсутствуют установленные требования пожарной безопасности, и предусматривает последовательность административных процедур [7]. Приказ Минстроя России от 30.11.2020 № 734/пр представлял собой общий процедурный пример разработки и согласования СТУ в строительстве, но утратил силу с 1 сентября 2024 г. [8, 9]; поэтому он рассматривается как исторический пример процедурного построения СТУ, а не как действующий в 2026 г. аналог. Следовательно, для Кыргызской Республики целесообразно использовать не буквальную рецепцию российских документов, а их институциональную логику с адаптацией к национальной системе технического регулирования.

Предлагаемый механизм формирования СТУ

Предлагаемый механизм должен быть построен вокруг оценки достигнутого уровня пожарной безопасности, а не вокруг формального разрешения отдельного отступления от нормы. На первом этапе устанавливаются особенности объекта и перечень проектных решений, для которых требуется специальное техническое обоснование: фактическая высота, функциональное назначение, количество подземных уровней, особенности эвакуации, пожарная нагрузка, доступ пожарных подразделений и состав систем противопожарной защиты.

На втором этапе каждое отступление оформляется в связке «нормативное требование → отступление → компенсирующее мероприятие → проверяемый эффект». Такая схема позволяет установить причинно-следственную связь между отклонением от предписывающей нормы и дополнительным мероприятием. Например, при изменении геометрии путей эвакуации компенсация должна быть связана не с самим фактом изменения, а с подтверждаемым обеспечением требуемого времени эвакуации и недопущением критических значений опасных факторов.

На третьем этапе выполняется расчётное или экспериментальное обоснование. Оцениваться должны фактические показатели безопасности: своевременность и беспрепятственность эвакуации; недопущение критических значений опасных факторов на путях эвакуации; устойчивое функционирование обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией, противодымной защиты и автоматического пожаротушения;

сохранение требуемых пределов огнестойкости и дымогазонепроницаемости противопожарных преград в течение периода, необходимого для эвакуации людей и работы пожарных подразделений. Такой подход соответствует содержательной логике СТУ как комплекса инженерных и организационных решений, а не перечня разрешённых отступлений.

На четвёртом этапе выполняются независимая и/или межведомственная оценка для согласования представленного обоснования, принятие решения об утверждении и регистрация СТУ. В нормативном порядке необходимо закрепить требования к квалификации разработчиков, составу документации, срокам рассмотрения, основаниям и порядкам возврата на доработку и отказа, а также порядок ведения реестра согласованных СТУ. Накопление такого реестра позволит формировать прецедентную базу по типовым отклонениям и проверенным компенсирующим решениям.

Процедура СТУ должна быть увязана с действующим порядком выдачи документов на строительство и подключения к инженерным сетям, утверждённым приказом Минстроя КР от 02.07.2025 № 93-нпа [10]. Это позволит сформировать единую административную последовательность и избежать параллельного рассмотрения одного и того же проектного решения различными уполномоченными органами.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что проблема пожарной безопасности высотных и многофункциональных зданий в Кыргызской Республике определяется одновременно ростом строительной активности и недостаточной формализованностью и отсутствием применения специальных технических условий. В исследовательской выборке выявлено 38 строящихся объектов (свыше 17 этажей), из них 8 объектов более 25 этажей; 22 объекта из рассмотренных 24 объектов наличием более одного подземного этажа. При этом этажность в работе не используется как замена нормативному критерию фактической высоты.

Основным направлением совершенствования системы предлагается считать переход от разовых решений по отдельным объектам к единой процедуре разработки и согласования СТУ. Данное управленческое решение предусматривает рассматривать каждое нормативное отступление с техническим обоснованием, компенсирующим мероприятием и проверяемым эффектом. Итоговая оценка должна основываться на фактическом уровне пожарной безопасности объекта. Введение единого порядка, квалификационных требований к разработчикам, расчётных критериев и реестра ранее согласованных решений создаст условия для более последовательного регулирования сложных высотных объектов в Кыргызской Республике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ввод в действие жилых домов по территории Кыргызской Республики, 2021–2025 гг. // Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. – URL: https://stat.gov.kg/ru/statistika-po-regionam/ (дата обращения: 09.10.2026).

2. О государственном пожарном надзоре и государственной противопожарной профилактике в Кыргызской Республике: Положение: утв. постановлением Кабинета Министров Кыргызской Республики от 9 августа 2025 г. № 484.

3. Планировка и застройка городов и населённых пунктов городского типа: СН КР 30-01:2020 (в ред. приказа Госстроя КР от 28.08.2024 № 77-нпа).

4. Реестр строящихся объектов Кыргызской Республики: паспорта объектов // Минстрой КР. – URL: https://minstroy.gov.kg/ru/kyzmat/1/reestr-legal-buildings (дата обращения: 09.10.2026).

5. СН КР 21-01:2018. Пожарная безопасность зданий и сооружений: введены в действие 12.12.2018.

6. Статистика результатов пожарно-технической экспертизы проектной документации Кыргызской Республики за 2022–2025 гг.: ведомственные данные.

7. Об утверждении Административного регламента по согласованию специальных технических условий для объектов, в отношении которых отсутствуют требования пожарной безопасности: приказ МЧС России от 28.11.2011 № 710.

8. О признании утратившими силу приказов Минстроя России от 30.11.2020 № 734/пр, от 22.10.2021 № 774/пр: приказ Минстроя России от 04.04.2024 № 241/пр.

9. Об утверждении Порядка разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации: приказ Минстроя России от 30.11.2020 № 734/пр. – Утратил силу с 01.09.2024.

10. Об утверждении порядка выдачи документов на строительство и подключения к инженерным сетям в Кыргызской Республике: приказ Министерства строительства, архитектуры и ЖКХ Кыргызской Республики от 02.07.2025 № 93-нпа.

УДК 355.588

***А. А. Третьяков*[1], *В. А. Демьянов*[2], *А. А. Виннер*[3]**
[1]ФГБУ «Всероссийский ордена „Знак Почёта“ научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»
[2]Военный институт физической культуры, г. Санкт-Петербург
[3]Частное общеобразовательное учреждение «Газпром-школа Санкт-Петербург»

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПЕРЕДОВЫХ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© Третьяков А. А., Демьянов В. А., Виннер А. А., 2026

В статье рассматриваются основные современные достижения в области систем пожарной безопасности объектов и промышленных зон, представлены направления более эффективной и надежной защиты их от пожаров. Сегодня разработки ведутся сразу в нескольких направлениях – это новые пожаротушащие вещества, средства и способы пожаротушения, а также техническое оснащение.

Ключевые слова: пожары, системы пожарной безопасности, инновации, технологии, искусственный интеллект.

A. A. Tretyakov, V. A. Demyanov, A. A. Vinner

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND MODERN ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF ADVANCED FIRE EXTINGUISHING AND FIRE SAFETY SYSTEMS

The article discusses the main modern achievements in the field of fire safety systems for facilities and industrial zones, and provides directions for more effective and reliable protection against fires. Today, developments are underway in several directions at once – these are new fire extinguishing agents, fire extinguishing agents and methods, as well as technical equipment.

Key words: fires, fire safety systems, innovations, technologies, artificial intelligence.

За прошедшие годы системы пожарной безопасности прошли долгий путь, появились новые технологии и тенденции, помогающие предотвращать и снижать риски пожаров. Эти инновации, от передовых систем пожаротушения до интеллектуальных детекторов дыма, помогают защитить людей и имущество от разрушительных последствий огня. Новые технологии по тушению пожаров направлены на создание более эффективных и быстрых способов борьбы с огнем с учетом класса и места очага возгорания. Сегодня разработки ведутся сразу в нескольких направлениях – это новые пожаротушащие вещества, средства и способы пожаротушения, а также техническое оснащение [1].

1. Умные технологии в системах пожарной безопасности

В настоящее время технологии меняют мир, и пожарная безопасность не является исключением. С появлением новых смарт-технологий в системах пожарной безопасности, управление рисками и предотвращение пожаров стали более эффективными и надежными.

Одним из самых интересных достижений в области систем пожарной безопасности является использование интеллектуальных технологий. Умные детекторы дыма, например, могут быть подключены к домашней сети Wi-Fi и отправлять оповещения на смартфоны домовладельцев при обнаружении дыма. Это позволяет сократить время реагирования и может помочь предотвратить превращение небольших пожаров в крупные бедствия [2].

Одним из примеров инноваций в пожарной безопасности является использование смарт-технологий в системах детектирования пожара. Эти системы используют сенсоры и датчики, которые могут обнаружить наличие дыма, огня или повышенной температуры в помещении. Когда система обнаруживает опасность, она автоматически отправляет уведомление на центр управления пожарной безопасностью или на мобильное устройство пользователя.

Также существуют смарт-технологии для управления эвакуацией людей в случае пожара. Например, системы автоматической оповещения и эвакуации могут использоваться для быстрого оповещения людей о пожаре и предоставления им инструкций по эвакуации. Эти системы могут также обеспечить информацию о том, где находятся люди в здании, чтобы спасатели могли быстро и безопасно их эвакуировать.

В целом, смарт-технологии в системах пожарной безопасности являются важным шагом в направлении более эффективной и надежной защиты от пожаров. Но, как и в любой другой области, необходимо постоянно развиваться и улучшать технологии, чтобы обеспечить максимальную безопасность для всех людей.

Одно из самых заметных направлений - внедрение датчиков и алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ). Такие системы не просто фиксируют факт возгорания, а анализируют окружающую среду в комплексе: отслеживают дым, температуру, концентрацию угарного газа. ИИ умеет отличать реальное возгорание от ложных сигналов (пар, пыль), что значительно снижает число необоснованных тревог. Дополнительно применяется компьютерное зрение: камеры с ИИ-анализом видеопотока и термометрии помогают выявлять очаги повышенной температуры ещё до появления дыма – это особенно ценно для складов, парковок и открытых территорий [3]. ИИ также способен обрабатывать массивы данных с разных датчиков и прогнозировать развитие опасной ситуации, выявляя нетипичные сценарии (перегрев оборудования, сбои в инженерных системах) на ранней стадии.

2. Передовые системы пожаротушения

Еще одна инновация в области пожарной безопасности – это использование автоматических систем тушения пожаров. Такие системы могут быть установлены в помещениях с высоким риском возникновения пожара, таких как кухни, хранилища и технические помещения.

Современные системы пожаротушения используют передовые технологии, которые обеспечивают более эффективное и безопасное тушение пожара. Одной из самых популярных систем является автоматическая система пожаротушения, которая использует воду, газы или пены для тушения пожара.

Водяные системы пожаротушения являются наиболее распространенными и широко используемыми системами. Они работают на основе подачи воды через специальные форсунки, которые расположены по

всему зданию. В случае возникновения пожара, система автоматически активируется и начинает подачу воды на место возгорания [4].

Однако, помимо водных систем, существуют и другие виды систем пожаротушения. Например, газовые системы используют инертные газы, такие как аргон или азот, для тушения пожара. Эти системы идеально подходят для помещений с высокой концентрацией электронных устройств или других материалов, которые могут быть повреждены водой.

Еще одним видом системы пожаротушения является система пены. Эта система использует специальную пену, которая накладывается на поверхность возгорания и тушит огонь. Эта система идеально подходит для помещений с высокой концентрацией легковоспламеняющихся жидкостей.

Кроме того, существуют и портативные системы пожаротушения, которые могут быть использованы в случае малых возгораний или для быстрого тушения пожара до прибытия пожарных. Эти системы обычно используют порошок или углекислый газ для тушения пожара.

3. Огнеупорные строительные материалы и конструктивные особенности

Огнеупорные материалы могут быть использованы для создания различных элементов здания, таких как стены, потолки, полы, двери и окна. Они могут быть выполнены из различных материалов, таких как кирпич, бетон, керамические плитки, гипсокартон и другие.

Одним из самых распространенных огнеупорных материалов является кирпич. Он имеет высокую степень огнестойкости и может выдерживать высокие температуры без деформации или разрушения. Кирпичные стены также имеют хорошую звукоизоляцию и могут быть использованы для создания прочных и надежных конструкций [5].

Бетон также является одним из самых популярных огнеупорных материалов. Он имеет высокую степень огнестойкости и может выдерживать очень высокие температуры без деформации или разрушения. Бетонные стены и потолки также имеют хорошую звукоизоляцию и могут быть использованы для создания прочных и надежных конструкций.

Керамические плитки также являются огнеупорными материалами, которые могут быть использованы для создания огнеупорных стен и полов. Они имеют высокую степень огнестойкости и могут выдерживать высокие температуры без деформации или разрушения.

Гипсокартон также может быть использован для создания огнеупорных стен и потолков. Он имеет высокую степень огнестойкости и может выдерживать высокие температуры без деформации или разрушения. Гипсокартонные стены и потолки также имеют хорошую звукоизоляцию и могут быть использованы для создания прочных и надежных конструкций.

4. Системы противодымной вентиляции для повышения безопасности

Системы противодымной вентиляции работают по принципу создания потока свежего воздуха, который вытесняет дым из здания. Для этого используются специальные вентиляционные каналы, которые располагаются в верхней части здания. В случае пожара система автоматически включается и начинает вытеснять дым из здания.

Одним из главных преимуществ систем противодымной вентиляции является их высокая эффективность. Они могут быстро и эффективно удалить дым из здания, что позволяет людям быстро и безопасно покинуть здание и облегчает доступ пожарных служб к месту возгорания.

Кроме того, системы противодымной вентиляции имеют низкие эксплуатационные затраты и могут быть легко интегрированы в существующие системы вентиляции здания.

5. Программы обучения пожарной безопасности

Современные программы обучения пожарной безопасности могут быть разработаны как для индивидуального, так и для группового обучения. Они могут включать в себя различные формы обучения, такие как лекции, семинары, тренинги, онлайн-курсы и т.д.

Одним из главных преимуществ современных программ обучения пожарной безопасности является их доступность и гибкость. Они могут быть представлены в различных форматах, что позволяет выбрать наиболее удобный для каждого человека способ обучения. Кроме того, они могут быть доступны в любое время и в любом месте благодаря онлайн-формату [6].

Современные программы обучения пожарной безопасности также могут быть адаптированы к конкретным потребностям и требованиям различных групп людей. Например, программы обучения для детей должны быть более простыми и понятными, а программы для работников офисов должны учитывать специфические риски и требования.

6. Новые тенденции в области инноваций в области пожарной безопасности

Одно из самых заметных направлений – внедрение датчиков и алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ). Такие системы не просто фиксируют факт возгорания, а анализируют окружающую среду в комплексе: отслеживают дым, температуру, концентрацию угарного газа. ИИ умеет отличать реальное возгорание от ложных сигналов (пар, пыль), что значительно снижает число необоснованных тревог. Дополнительно применяется компьютерное зрение: камеры с ИИ-анализом видеопотока и термометрии помогают выявлять очаги повышенной температуры ещё до появления дыма — это особенно ценно для складов, парковок и открытых территорий. ИИ также способен обрабатывать массивы данных с разных датчиков и прогнозировать

развитие опасной ситуации, выявляя нетипичные сценарии (перегрев оборудования, сбои в инженерных системах) на ранней стадии [7].

Еще одной новой тенденцией является использование автономных систем тушения пожаров. Эти системы могут быть установлены в зданиях и сооружениях и работать автономно, без участия человека. Они могут быть оснащены датчиками, которые обнаруживают возгорания, и системами тушения, которые могут быстро потушить пожар.

Также все большее внимание уделяется обучению людей правильным действиям в случае пожара. Современные программы обучения пожарной безопасности становятся все более интерактивными и адаптированными к конкретным потребностям. Они могут включать в себя виртуальные тренировки, симуляторы и другие инновационные методы обучения. Многие компании в настоящее время предлагают обучающие программы для сотрудников о том, как действовать в случае пожара, а также о том, как в первую очередь предотвратить возникновение пожара. Это может помочь гарантировать, что все в здании подготовлены и знают, что делать в случае возникновения пожара [8].

Еще одной новой тенденцией является использование дронов для обнаружения и борьбы с пожарами. Автономные дроны незаменимы для воздушного мониторинга больших территорий (леса, промышленные зоны) и труднодоступных мест в зданиях. Они быстро оценивают ситуацию, находят очаг и могут локализовать небольшие возгорания с помощью систем тушения (огнетушащий гель, пена).

Кроме того, все большее внимание уделяется разработке экологически чистых систем тушения пожаров. Новые технологии и разработки позволяют использовать более безопасные и эффективные вещества для тушения пожаров, что помогает минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Важный тренд - объединение разрозненных подсистем в единую управляемую среду. Противопожарная защита перестаёт существовать отдельно: она интегрируется с системами управления зданием (BMS), контролем доступа, видеонаблюдением, инженерными сетями (вентиляция, электроснабжение). Это позволяет запускать комплексные сценарии: при срабатывании датчика система может автоматически изменить логику эвакуации, разблокировать одни зоны и ограничить доступ в другие, отключить вентиляцию для блокировки распространения дыма.

Отдельно стоит упомянуть развитие беспроводных IoT-решений. Датчики и модули с автономной работой (до десяти лет) упрощают развёртывание и масштабирование систем, позволяют модернизировать действующие объекты без масштабной перекладки кабелей.

Таким образом, в целом, инновации в системах пожарной безопасности помогают сделать наши дома, предприятия и сообщества более безопасными, чем когда-либо прежде. С постоянно появляющимися новыми технологиями и тенденциями мы можем ожидать еще большего прогресса в ближайшие годы. Однако для дальнейшего прогресса необходимы масштабные инвестиции в

НИОКР, унификация протоколов обмена данными между разрозненными системами безопасности и тесное сотрудничество государства, научного сообщества и промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяков А.А. Новые тенденции в области инноваций пожарной безопасности объектов защиты // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново, 2025. – С. 436-441.

2. Мельник А.А. и др. Актуальность цифровизации и внедрения информационных технологий в области системы противопожарной защиты // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново, 2025. – С. 441-446.

3. Сабоненков Д. А. и др. Систематизация знаний по вопросам обеспечения пожарной безопасности полярных антарктических станций в структуре МЧС России // Рефлексия. – 2023. – № 5/2023. – С. 109 – 110.

4. Мельников Г.О. и др. Реализация комплексного подхода к спасательным работам МЧС России в Арктике // Рефлексия. – 2023. – № 6/2023. – С. 25-28.

5. Марков И.С. и др. Развитие коммуникационных технологий и систем связи для обеспечения деятельности спасательных центров МЧС России в Арктическом регионе // Стратегии развития и совершенствования науки и образования в новой реальности: материалы XXVI Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 172-173.

6. Третьяков А.А. Обоснование проблем и направлений совершенствования системы управления пожарными подразделениями // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: Материалы X международной научно-практической конференции. В 2-х частях. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2026. – С. 223-226.

7. Демьянов В.А. и др. Современные АРМ-системы в структуре управления и организации производства // Технические и естественнонаучные исследования в России и за рубежом: от теории к практике: Сборник научных статей. – Москва: Новация, 2024. – С. 64-66.

8. Марков И.С. и др. Современные информационные технологии в области повышения пожарной безопасности зданий // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Иваново: Ивановская ПСА ГПС МЧС РФ, 2026. – С. 650-654.

УДК 355.588

***А. А. Третьяков*[1], *А. А. Виннер*[2], *В. А. Демьянов*[3]**
[1]ФГБУ «Всероссийский ордена „Знак Почёта“ научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»
[2]Частное общеобразовательное учреждение «Газпром-школа Санкт-Петербург»
[3]Военный институт физической культуры, г. Санкт-Петербург

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Использование сложных процессов и опасных веществ повышает риск возникновения пожаров, требуя более эффективных методов обеспечения безопасности. В статье рассматриваются основные инновационные решения в области пожаротушения. Внедрение передовых технологий не только улучшает эффективность реагирования на пожарные ситуации, но и способствует снижению рисков, связанных с общественной и производственной деятельностью.

Ключевые слова: пожарная безопасность, автоматизированное пожаротушение, интеллектуальные системы, экология, дроны, инновационные технологии.

A. A. Tretyakov, A. A. Vinner, V. A. Demyanov

EFFECTIVE METHODS OF ENSURING FIRE SAFETY AND FIRE EXTINGUISHING IN THE FIELD OF INDUSTRIAL ACTIVITY

The use of complex processes and hazardous substances increases the risk of fires, requiring more effective safety practices. The article discusses the main innovative solutions in the field of fire extinguishing. The introduction of advanced technologies not only improves the effectiveness of fire response, but also helps to reduce the risks associated with public and industrial activities.

Key words: fire safety, automated firefighting, intelligent systems, ecology, drones, innovative technologies.

Использование сложных процессов и опасных веществ повышает риск возникновения пожаров, требуя более эффективных методов обеспечения безопасности. В этой связи особую важность приобретают интеллектуальные системы обнаружения, автоматизированные средства пожаротушения, экологически чистые огнетушащие вещества и дроны, которые значительно ускоряют реагирование и снижают экологический ущерб и риски для сотрудников. Эти технологии становятся необходимыми элементами для

© Третьяков А. А., Демьянов В. А., Виннер А. А., 2026

безопасности развития производственных предприятий, что делает тему исследования востребованной и актуальной.

Пожарная безопасность – одна из ключевых сфер, где технологии играют решающую роль в спасении жизней и минимизации ущерба. В условиях роста урбанизации и изменения климата, которые увеличивают риски возгораний, инновационные решения становятся необходимыми [1].

К 2027 году технологии пожарной безопасности (ПБ) достигли нового уровня, предлагая умные устройства, роботизированные системы и материалы, способные предотвращать катастрофы и эффективно бороться с огнем.

Современная промышленность требует особого подхода к обеспечению ПБ, учитывая сложность производственных процессов и использование потенциально опасных материалов. В этом контексте последние годы стали свидетелями значительных инноваций и технологических прорывов в области пожарного оборудования [2].

Для предотвращения и эффективного реагирования на пожары на промышленных объектах становится необходимым применение современных решений, таких как предлагаемые пожарным оборудованием. Эти технологии включают в себя не только передовые средства обнаружения и тушения пожаров, но и интеграцию с системами управления зданием и безопасности.

Последние технологические достижения: интеллектуальные системы обнаружения пожара, автоматизированные системы пожаротушения, экологически чистые огнетушащие вещества, беспилотные летательные аппараты [3].

Современные интеллектуальные системы обнаружения пожара способны анализировать данные в реальном времени, обеспечивая быструю и точную идентификацию угрозы. Они представляют собой новейшие технологии в области ПБ, которые обеспечивают более точное и современное реагирование на угрозу. В отличие от традиционных систем, интеллектуальные решения могут анализировать и интерпретировать данные, поступающие от множества датчиков, в режиме реального времени. Это означает, что такие системы не просто фиксируют наличие дыма или тепла, но и используют алгоритмы анализа, чтобы мгновенно оценить, действительно ли есть опасность возгорания, и с высокой точностью отделить реальные угрозы от ложных срабатываний. Их преимущества: высокая точность обнаружения, снижение ложных тревог, интеграция с системами умного дома [4].

Современные умные здания оснащаются системами автоматического пожаротушения, которые активируются при обнаружении возгорания. Данные системы пожаротушения быстро обнаруживают возгорание и запускают тушение без участия человека. Они бывают разных типов: спринклерные, газовые, порошковые, водяные и аэрозольные. Умные извещатели с голосовым оповещением подают звуковой сигнал и предоставляют голосовые инструкции по эвакуации. Они могут быть интегрированы с системами умного дома для автоматического отключения электроприборов Основные их преимущества:

высокая скорость реакции, минимизация ущерба, интеграция с системами безопасности.

Разработка безопасных и экологически чистых средств для тушения пожаров способствует уменьшению вредного воздействия на окружающую среду. Экологически чистые огнетушащие вещества не только эффективно справляются с огнем, но и минимизируют вред для природы и здоровья людей. К ним относятся водные растворы, инертные газы и составы на основе растительных экстрактов, которые располагаются без токсичных остатков. Такие средства особенно важны для защиты окружающей среды и сохранения биоразнообразия в зонах, подверженных пожарам [5].

Автономные дроны стали незаменимыми помощниками в борьбе с пожарами, особенно в труднодоступных местах, таких как леса или высотные здания. Оснащенные тепловизорами и системами тушения, они могут быстро достигать очагов возгорания и сбрасывать огнетушащие вещества. Кроме того, дроны предоставляют данные для координации спасательных операций, что делает их важным инструментом для пожарных служб. Основные их преимущества: быстрое реагирование, доступ к труднодоступным местам, возможность сбора данных [6].

Роботы-пожарные – это высокотехнологичные устройства, способные работать в условиях экстремальных температур и задымления. Они используются для тушения пожаров в опасных зонах, где присутствие человека невозможно. Роботы оснащены водяными пушками и системами навигации на основе LiDAR, что позволяет им эффективно перемещаться в сложных условиях [7].

Инновационные строительные материалы, которые не горят и не выделяют токсичных веществ при нагревании, стали важным шагом в повышении пожарной безопасности зданий. Эти материалы используются для защиты конструкций и инфраструктуры, значительно снижая риски распространения огня. В качестве примера: нанопокрытия для дерева, металла и пластика, повышающие их огнестойкость [8].

Тепловизоры стали незаменимым инструментом для пожарных, позволяя им видеть сквозь дым и находить очаги возгорания или людей, нуждающихся в спасении. Современные устройства оснащены дополненной реальностью (AR), которая проецирует тепловые данные на визоры шлемов.

Спутниковые системы мониторинга позволяют в реальном времени отслеживать изменения температуры и задымления в лесах. Они помогают предсказывать и предотвращать крупные пожары, что особенно важно в условиях изменения климата.

Огнетушители с умным управлением – это устройства, оснащенные датчиками и подключенные к IoT (Интернету вещей). Они могут автоматически активироваться при обнаружении возгорания и отправлять сигналы тревоги.

VR-симуляторы позволяют пожарным отрабатывать действия в различных сценариях, таких как пожары в зданиях, лесах или на промышленных объектах. Это повышает их готовность к реальным ситуациям и снижает риски во время операций.

Таким образом, к 2026 году инновационные технологии пожарной безопасности стали неотъемлемой частью борьбы с огнем. Их внедрение не только улучшает эффективность реагирования на пожарные ситуации, но и способствует снижению рисков, связанных с производственной деятельностью, защищая жизни людей и минимизируя материальные потери.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельник А.А. и др. Актуальность цифровизации и внедрения информационных технологий в области системы противопожарной защиты // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново, 2025. – С. 441-446.

2. Цыкунов Е.А. Инновационные технологии для предотвращения и ликвидации пожаров на предприятиях // Международный научный журнал «Вестник науки». – 2025 г., № 2 (83), Т. 1. – С. 751-756.

3. Сабоненков Д. А. и др. Систематизация знаний по вопросам обеспечения пожарной безопасности полярных антарктических станций в структуре МЧС России // Рефлексия. – 2023. – № 5/2023. – С. 109 – 110.

4. Мельников Г.О. и др. Реализация комплексного подхода к спасательным работам МЧС России в Арктике // Рефлексия. – 2023. – № 6/2023. – С. 25-28.

5. Марков И.С. и др. Современные информационные технологии в области повышения пожарной безопасности зданий // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Иваново: Ивановская ПСА ГПС МЧС РФ, 2026. – С. 650-654.

6. Третьяков А.А. Обоснование проблем и направлений совершенствования системы управления пожарными подразделениями // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: Материалы X международной научно-практической конференции. В 2-х частях. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2026. – С. 223-226.

7. Демьянов В.А. и др. Современные АРМ-системы в структуре управления и организации производства // Технические и естественнонаучные исследования в России и за рубежом: от теории к практике: Сборник научных статей. – Москва: Новация, 2024. – С. 64-66.

8. Третьяков А.А. Новые тенденции в области инноваций пожарной безопасности объектов защиты // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново, 2025. – С. 436-441.

УДК 699.812.3

А. С. Трунов, Н. А. Якушевский
Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СОСТАВОВ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ И ИНЫХ ГОРЮЧИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ЗРЕЛИЩНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

В статье рассмотрены особенности обеспечения пожарной безопасности объектов культурно-просветительных и зрелищных учреждений класса. Проанализированы требования нормативно-правовых актов, регламентирующих обязательную огнезащитную обработку. Выполнен анализ современных методов и составов огнезащиты.

Ключевые слова: деревянные конструкции, пожарная опасность, огнестойкость, огнезащита.

A. S. Trunov, N.A. Yakushevsky

ANALYSIS OF MODERN FIRE-RETARDANT TREATMENT FORMULATIONS USED FOR WOODEN AND OTHER FLAMMABLE STRUCTURES IN CULTURAL, EDUCATIONAL, AND ENTERTAINMENT FACILITIES

The article examines the specifics of ensuring fire safety in cultural, educational, and entertainment facilities of a certain class. The requirements of regulatory legal acts regulating mandatory fire-retardant treatment are analysed. An analysis of modern fire-retardant methods and formulations is carried out.

Keywords: wooden structures, fire hazard, fire resistance, fire protection.

Объекты культурно-просветительных и зрелищных учреждений согласно 32 статьи Федерального закона № 123-ФЗ от 22 июля 2008 года «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» относятся к классу функциональной пожарной опасности Ф2. К ним относятся театры, кинотеатры, музеи, библиотеки, выставочные и концертные залы.

Пожары в подобных сооружениях (например, происшествие в здании Хабаровского краевого академического музыкального театра в 2024 году) демонстрируют, что возгорание невозможно предотвратить, но можно минимизировать его последствия. Так одним из наиболее эффективных методов является огнезащита горючих конструкций. Таким образом, огнезащита конструкций является важной мерой правил пожарной безопасности, которая

© Трунов А. С., Якушевский Н. А., 2026

обеспечивает безопасность объекта, и минимизирует скорость распространения пожара, в случае его возникновения.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года № 1479 утверждены Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Согласно требованиям пункта 95, руководитель организации обязан обеспечить обработку деревянных и иных конструкций сценической коробки, планшета сцены, выполненных из горючих материалов, горючих декораций, сценического и выставочного оформления в зрительных и экспозиционных залах огнезащитными составами. При этом обязательным условием будет считаться внесение информации о проведении огнезащитной обработки конструкций в журнал эксплуатации систем противопожарной защиты, включая дату пропитки и срок ее действия.

Выполнение работ по огнезащите материалов и конструкций - лицензируемый вид деятельности. По результатам огнезащитной обработки лицензированная организация должна оформить акт с указанием даты проведения огнезащитных работ, сведений о применённом огнезащитном составе, срока её действия и другой информации. Если у организации нет соответствующей лицензии на выполнение вышеуказанных работ, то огнезащиту материалов должна осуществлять специализированная лицензированная организация на договорной основе.

Выбор того или иного огнезащитного состава будет зависеть от вида обрабатываемых материалов и конструкций. Используемый огнезащитный состав для покрытия должен иметь сертификат соответствия с указанием группы горючести.

Качество и безопасность огнезащиты подтверждаются соответствием государственным стандартам. Опираясь на эти нормы, можно оценить пожарную безопасность материалов и сделать обоснованный выбор конкретных условий эксплуатации.

ГОСТ Р 53292-2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на её основе. Общие требования. Методы испытаний» устанавливает общие требования к огнезащитным составам для древесины и методы оценки их огнезащитной эффективности. А согласно ГОСТу Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа» определяют подтверждение соответствия применённого состава заявленному в сертификате.

Для обеспечения огнестойкости древесных материалов применяются методы поверхностной и глубокой пропитки антипиреновыми составами, а также нанесение специализированных защитных покрытий. Наиболее востребованными считаются вспучивающиеся лакокрасочные материалы. Их использование обусловлено высокой эффективностью при малом расходе, возможностью механизированного нанесения, а также способностью сохранять естественную текстуру и эстетические характеристики древесины.

Классификация средств огнезащиты древесины строится на оценке потери массы материала при огневых испытаниях. В зависимости от полученных данных составы распределяются по группам эффективности. К первой группе относятся средства, ограничивающие потерю массы до 9 %. Они обеспечивают максимальную защиту, делая древесину трудносгораемой. Вторая группа включает составы с потерей массы от 9 % до 25 %, которые переводят материал в разряд трудновоспламеняемых. Если же показатель превышает 25 %, состав считается неэффективным и не может применяться для защиты строительных конструкций на объектах культурно-просветительных и зрелищных учреждений.

Конструктивная защита обеспечивается с помощью плитных материалов (цементно-силикатные плиты типа «Promatect-L», вермикулитовые плиты на основе жидкого стекла или специальных штукатурок). Данные средства защиты замедляют прогрев древесины до высоких температур начала пиролиза и возгорания. Исследования показали, что полужёсткая минераловатная плита толщиной 50 мм способна отсрочить самовоспламенение материала на 30 минут. Эффективная толщина защитного слоя таких материалов варьируется от 10–15 мм и выше. Стоит учитывать, что при повреждении целостности вышеуказанных огнезащитных материалов их огнезащитные свойства теряются.

Наиболее востребованными методами огнезащиты древесины являются поверхностная и глубокая пропитка антипиренами, а также применение вспучивающихся лакокрасочных материалов. Использование интумесцентных покрытий обеспечивает высокую степень защиты при минимальной толщине слоя. Данная технология использует механизированное нанесение и позволяет сохранить естественную текстуру деревянных конструкций, что является важным требованием для объектов культуры и зрелищных учреждений.

Поверхностная обработка является экономичным и простым в исполнении методом, но его эффективность ограничена из-за неглубокого проникновения антипиренов в волокна древесины. Для получения высоких классов огнезащиты (I–II группы) требуется большой объем состава, при этом покрытие остается уязвимым к влаге и легко вымывается.

Глубокая пропитка, наоборот, обеспечивает высокий уровень защиты. Древесина обрабатывается в специальных автоклавах или ваннах под давлением, что позволяет составу проникнуть глубоко в структуру материала. Недостаток метода заключается в том, что его нельзя применить к уже установленным конструкциям: обработка проводится в заводских условиях при использовании промышленного оборудования.

Одним из направлений развития технологий огнезащиты древесины выступает создание современных составов, в которых солевые компоненты частично или полностью исключаются. В частности, доказана высокая результативность применения биоцида «Мипор», базирующегося на водорастворимых эфирах фосфористой кислоты. Комбинирование данного средства с олигомерными органосилоксанами обеспечивает эффективную

огнебиозащиту, значительно повышает гидрофобные свойства материала и позволяет оставить в сохранности физико-механические характеристики дерева.

Иакже стоит рассмотреть огнезащиту текстильных материалов, используемых в сценической коробке и зрительных залах. Из-за высокой горючести ткани способствуют быстрому распространению огня. Кроме того, при горении они выделяют токсичный дым, что создает повышенную опасность для присутствующих в помещении людей.

Придание огнезащитных характеристик текстильным материалам осуществляется двумя методами. Первый метод заключается в том, что огнезащитный состав наносится на готовую ткань методом погружения, распыления или окрашивания. Второй метод основывается на применении негорючих волокон. Огнестойкость обеспечивается на этапе производства нити (модифицированные волокна). Ткани, выполненные из этих нитей долговечны и выдерживают частые стирки. Основной минус в их применении - высокая стоимость по сравнению с пропитанными материалами.

Для защиты текстильных изделий от возгорания компания «Нортекс» разработала серию пропиток НОРТ. Эти составы подходят для работы с натуральными и смесовыми тканями. После обработки данными материалами ткань сохраняет свой первоначальный вид и тактильные свойства. Кроме того, пропитки не имеют резкого запаха. Использование НОРТ минимизирует риск быстрого распространения огня, снижает токсичность дыма и позволяет текстилю дольше сохранять свои эксплуатационные качества. В качестве защитных средств также применяются составы на основе неорганических солей (марки «Аттик», «Огнебиозащита»). Период их эксплуатационной эффективности ограничен 3–5 годами при условии исключения воздействия влаги.

Обеспечение пожарной безопасности деревянных и горючих конструкций в культурно-просветительных и зрелищных учреждениях требует научного и систематического подхода. Совершенствование эффективности огнезащитных средств должно учитывать не только потерю массы образца, но и скорость распространения пламени, дымообразующую способность и токсичность продуктов горения. Одним из главных направлений является разработка огнебиозащитных составов, обеспечивающих огнезащиту при сохранении механических свойств древесины. Для текстильных материалов сценической коробки требуются отдельные составы с учётом токсичности продуктов горения. Обязательным условием является переодическая обработка по истечении срока действия состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (посл. ред. от 30.04.2021) // СПП Консультант плюс:

сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_78699 (дата обращения: 20.09.2026).

2. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 № 1479 (посл. ред. от 03.02.2025 №90) // СПП Кодекс: сайт. – URL: https:// docs.cntd.ru/document/565837297 (дата обращения: 20.09.2026).

3. ГОСТ Р 53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на её основе. Общие требования. Методы испытаний // СПП Кодекс: сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200071904 (дата обращения: 22.09.2026).

4. ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа // СПП Кодекс: сайт. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200071912 (дата обращения: 22.09.2026).

5. Тычино Н. А. Современные огнезащитные средства для древесины: результаты исследований // Пожаровзрывобезопасность. - 1999. -№ 3. - С. 13-20.

6. Страхов В. Л., Крутов А. М, Давыд-кин Н. Ф. Огнезащита строительных конструкций / Под ред. Ю. А. Кошмарова. - М., 2000.

УДК 614.8

С. В. Трунов, А. Д. Маргарян, А. Х. Салихова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Пожарная безопасность промышленных и складских помещений – критически важный аспект эксплуатации объектов. Напрямую влияющий на сохранность имущества, непрерывность производственных процессов и, самое главное, жизнь и здоровье людей. В настоящее время появляются новые виды угроз, влияющих на пожарную опасность технологического оборудования и территорий промышленных предприятий. Поэтому требуется менять подход к обеспечению пожарной безопасности и на техническом уровне, и на законодательном уровне.

Ключевые слова: пожарная безопасность, производственный объект, промышленное предприятие, причина пожаров, технологическая среда.

S. V. Trunov, A. D. Margaryan, A. Kh. Salikhova

MODERN APPROACHES TO ENSURING FIRE SAFETY AT INDUSTRIAL FACILITIES

© Трунов С. В., Маргарян А. Д., Салихова А. Х., 2026

Fire safety in industrial and warehouse premises is a critically important aspect of facility operation. It directly affects the preservation of property, the continuity of production processes, and, most importantly, the life and health of people. Currently, new types of threats are emerging that affect the fire hazard of technological equipment and the territories of industrial enterprises. Therefore, it is necessary to change the approach to ensuring fire safety both at the technical level and at the legislative level.

Keywords: fire safety, production facility, industrial enterprise, cause of fires, technological environment.

Пожарная безопасность на производственных объектах - критически важный аспект функционирования предприятий, напрямую влияющий на сохранность жизни и здоровья персонала, а также на экономическую стабильность организации.

Высокая степень пожарной опасности производственных объектов обусловлена:

- наличием значительных объёмов горючих и легковоспламеняющихся материалов (ЛВЖ, ГЖ, твёрдых горючих веществ);
- эксплуатацией энергоёмкого оборудования и сложных технологических установок;
- проведением огневых работ (сварка, резка и т.д.);
- высокой плотностью размещения пожарной нагрузки на единицу площади;
- возможными нарушениями технологических режимов.

Основные причины пожаров на производстве включают:

- неисправности и перегрузки электрооборудования;
- нарушения правил эксплуатации нагревательных приборов и систем отопления;
- несоблюдение технологических регламентов;
- неосторожное обращение с огнём (в т.ч. курение в неположенных местах);
- накопление горючих отходов и пыли;
- недостаточную квалификацию персонала в вопросах пожарной безопасности.

Пожары на производственных объектах опасны не только ввиду воздействия опасных факторов пожара, но и сопутствующих, таких как: осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ, так как

зачастую тушение таких пожаров производится не водой, а пенами, порошками, аэрозолями и т.д. [1, 2]

Пожар на производственном объекте может возникнуть вследствие целого ряда причин, среди которых есть как технологические риски, так и человеческий фактор. В отличие от пожаров в жилых и административных помещениях, пожары в зданиях производственного назначения часто осложняются большой площадью объектов и наличием большого количества горючих объектов и материалов, среди которых могут быть в том числе и легковоспламеняющиеся, взрывоопасные, токсичные вещества.

Эволюция мер пожарной безопасности напрямую связана с индустриализацией. В XIX веке на фоне промышленной революции рост масштабов производства спровоцировал учащение пожаров. Тогда методы борьбы ограничивались ручным тушением – примитивным, но единственно доступным способом. По мере расширения промышленных зон возникла потребность в более продуманных действиях и решениях.

Ключевые этапы развития:

- Начало XX века: появление первых автоматических систем сигнализации и пожаротушения.
- Вторая половина XX – начало XXI века: технологический прорыв процессов, разработка новых стандартов. Внедрение компьютерных систем мониторинга сделало контроль за пожарной безопасностью более эффективным.
- Современность: интеграция «умных» систем, способных не только оперативно реагировать на возгорания, но и прогнозировать потенциальные угрозы. Ужесточение законодательства и развитие технологий существенно снизили риски и масштабы ущерба.

Эффективная система пожарной безопасности должна включать комплекс технических и организационных мер.

Роль человеческого фактора остаётся ключевой: даже самая совершенная техническая система не обеспечит должной защиты без сознательного отношения персонала к соблюдению правил пожарной безопасности и готовности к грамотным действиям при возникновении возгорания.

Пожарная безопасность как составная часть, элемент общественной безопасности содержит в своей основе меры пожарной профилактики - комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Пожарная профилактика имеет своей целью реализацию наиболее эффективных, экономически и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом.

Основными элементами системы обеспечения пожарной профилактики и защиты являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, предприятия и граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации. Пожарно-профилактическую работу можно

рассматривать на двух ее уровнях: организации (осуществления) мер по защите от пожаров и контроля (надзора) за выполнением этих мер.

Первый (и основной) уровень — это организация (самоорганизация), осуществляемая на предприятиях, в учреждениях, а также по месту жительства людей. Второй уровень пожарно-профилактической работы — это территориальный контроль органами Государственного пожарного надзора МЧС России (ГПН) за результатами работы на первом уровне. Организационные и управленческие решения представлены для различных типов производств и предназначены для руководителей организаций, специалистов по противопожарной профилактике [3], а также инженера (специалиста) по пожарной безопасности.

Обоснованность решений по совершенствованию пожарно-профилактической деятельности на предприятиях подтверждается статистическими данными. Из всего количества причин аварий с последующим пожаром (взрывом) 70 % зависит и 30 % не зависит от работающих, причем из 70 % ошибки исполнителей составляют 50 %; 25 % приходится на долю других участников работ. Оставшиеся 25 % аварий вызваны недостатками техники и технологии.

На производственных объектах должен быть не только план тренировок по пожарной эвакуации, но и учения по поведению в случае возникновения аварийных ситуаций на технологическом оборудовании с возможным возникновение пожара (тип ПЛАС). Сами занятия положено проводить как минимум раз в полгода. А в некоторых случаях (например, при пожаре на другом объекте) тренировки устраивают вне графика.

Для повышения эффективности обучения необходимо предложить осуществление мероприятий пожарной профилактики через проведение учений и деловых игр, чтобы сформировать практические навыки обеспечения пожарной безопасности на производственных объектах самим персоналом. Благодаря учениям, а именно деловым играм в области обучения персонала мерам пожарной профилактики у участников и присутствующих остается информация о пожарной безопасности на предприятии, о пожарной сигнализации, о возгораемости строительных материалов, о средствах тушения пожаров [4].

Только системный подход к пожарной безопасности на производственных объектах – ключ к защите людей и материальных ценностей. Он включает в себя внедрение современных технических решений, организацию профилактических мероприятий, обучение персонала, регулярный аудит, своевременное обслуживание и обновление оборудования, а также строгое соблюдение всех нормативных требований, что в совокупности позволит снизить вероятность возникновения пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салихова А.Х., Кулаков М.В., Леонтьев М.А. Анализ факторов вероятного возникновения и развития угроз промышленной безопасности предприятия // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021 – с. 337-342.

2. Гусев М.А., Салихова А.Х., Тюриков П.С. Обзор пожаров на производственных объектах и выявление проблем обеспечения пожарной безопасности производственных объектов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 100-103.

3. Приказ Минтруда России от 11.10.2021 № 696н «Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по пожарной профилактике».

4. Салихова А.Х., Сарайкин Н.Е., Азжеурова А.В. Совершенствование организационно-технических мероприятий в области пожарной безопасности на производственных объектах // Пожарная и аварийная безопасность. сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 226-231.

УДК 614.8

С. В. Трунов, А. Х. Салихова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Объекты с пожаровзрывоопасными технологическими процессами — химические и нефтеперерабатывающие производства, объекты хранения нефти и нефтепродуктов, взрывчатых материалов — принципиально отличаются от обычных производств. Разработка перспективных способов и технических средств противопожарной защиты пожаровзрывоопасных объектов важна потому, что риск несоизмерим с обычными производствами - авария здесь сопровождается взрывом, большим количеством пострадавших и значительным материальным ущербом.

Ключевые слова: пожарная безопасность, производственный объект, промышленное предприятие, противопожарная защита, искусственный интеллект, интегрированная система.

© Трунов С. В., Салихова А. Х., 2026

S. V. Trunov, A. Kh. Salikhova

AN OVERVIEW OF PROMISING METHODS AND TECHNICAL MEANS OF FIRE PROTECTION FOR INDUSTRIAL FACILITIES WITH FIRE AND EXPLOSION-HAZARDOUS TECHNOLOGICAL PROCESSES

Facilities with fire and explosion-hazardous technological processes — chemical and oil refining plants, facilities for storing oil and petroleum products, and explosive materials — differ fundamentally from conventional production facilities. The development of promising methods and technical means of fire protection for fire and explosion-hazardous facilities is important because the risk is incommensurate with that of conventional production facilities — an accident here is accompanied by an explosion, a large number of casualties, and significant material damage.

Keywords: fire safety, production facility, industrial enterprise, fire protection, artificial intelligence, integrated system.

Пожары на промышленных объектах остаются одним из наиболее значимых факторов риска для экономики и жизни людей. По данным МЧС России, только за первое полугодие 2025 года на поднадзорных производственных и складских объектах произошло 7994 пожара, в которых погибло 87 человек, а прямой материальный ущерб превысил 12,1 млрд рублей - с ростом на 17,1 % к аналогичному периоду предыдущего года [1].

Причины пожаров на производстве хорошо изучены и, в основном, обусловлены фактором человека (работника). Лидирующее положение занимают такие, как: нарушение правил эксплуатации электрооборудования, неосторожное обращение с огнём (в том числе при сварочных и других огневых работах, включая ремонтные работы сторонними организациями), неисправность (устаревание) производственного оборудования, нарушения технологического регламента технологического процесса. Наиболее уязвимы химическая и нефтехимическая промышленность, деревообработка и складские комплексы с высокой пожарной нагрузкой [2,3].

При этом классическая система обеспечения безопасности, построенная на требованиях Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» имеет принципиальные ограничения:

человеческий фактор (важно разделять системные ошибки и случайный характер ошибочного действия): персонал может ошибаться, нарушать регламенты или медленно реагировать на изменения;

инерционность: задержка времени между началом возгорания и его обнаружения критична;

разрозненность систем противопожарной и противоаварийной защиты: пожарная и производственная сигнализация, общеобменная, противодымная, аварийная вентиляция, оповещение о возникновении пожара и начале эвакуации и доступ работают независимо, что замедляет реакцию;

техническая сложность производства: современные процессы требуют непрерывного мониторинга, который сложно обеспечить вручную.

Статистика подтверждает: даже при формально полном выполнении нормативных требований полностью исключить пожароопасные ситуации на предприятиях не удаётся. Значит, речь должна идти не только о соблюдении норм, но и о переходе к качественно иным способам защиты [4].

В современных условиях противопожарная защита производственных объектов с пожаровзрывоопасными процессами (химическая, нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, нефте-, газодобывающая отрасли промышленности) претерпевает значительные изменения, переходя от традиционных методов к системам искусственного интелекта. Перспективные способы направлены на предотвращение взрыва, раннее обнаружение аварийных режимов и автоматическое тушение без участия человека.

Ниже представлен обзор ключевых направлений и технических средств:

1. Направления развития противопожарной защиты

Интеллектуальный мониторинг и предиктивная аналитика (AI & IoT): использование датчиков Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (ИИ) для анализа производственных данных в реальном времени. Это позволяет предсказывать пожарную опасность до возникновения возгорания (например, по перегреву оборудования или утечкам газов).

Упреждающая противопожарная защита (Preventive Protection): встраивание систем пожаротушения непосредственно в технологическое оборудование. В случае аварии система реагирует мгновенно (в течение миллисекунд), подавляя взрыв на стадии его зарождения.

Использование роботизированных комплексов: применение пожарных роботов и автономных дронов для работы в зонах с экстремально высокой температурой, задымлением или риском взрыва, что исключает риск для жизни спасателей.

Применение экологически безопасных огнетушащих веществ: переход от галогенированных углеводородов к тонкораспыленной воде, газовым составам (азот) и инновационным аэрозолям, которые не повреждают оборудование и безопасны для окружающей среды.

2. Технические средства противопожарной защиты

Умные системы обнаружения пожара:

- тепловизионные камеры: мониторинг температуры оборудования и технологических сред для обнаружения очагов перегрева;

- газоанализаторы и датчики пламени нового поколения: инфракрасные и ультрафиолетовые датчики, способные отличить пламя ЛВЖ (легковоспламеняющихся жидкостей) от других источников излучения.

Автоматические установки пожаротушения:

- системы тонкораспыленной воды (Water Mist): подают воду под высоким давлением, создавая мелкодисперсный туман. Они эффективно охлаждают очаг и тушат пожар, потребляя в разы меньше воды, чем спринклеры;

- модульные аэрозольные системы тушения: применяются для защиты электрооборудования и закрытых помещений. Подавляют химическую цепную реакцию горения, не вызывая коррозии.

- системы азотного пожаротушения (Oxygen Reduction): снижают уровень кислорода в помещении до уровня, при котором горение невозможно (около 12-15 %), что защищает ценное оборудование и не требует уборки после тушения.

Технические средства защиты от взрывов:

- быстродействующие системы подавления взрыва: обнаруживают ударную волну или вспышку и впрыскивают огнетушащий порошок/газ в закрытый объем (например, силосы, мельницы) за миллисекунды, предотвращая разрушение;

- взрыворазрядные устройства: направляют взрывную волну в безопасную зону.

3. Инновационные материалы и технологии

«Золь-гель» композиции (быстротвердеющие пены): новая технология тушения пожаров ЛВЖ и СУГ (сжиженных углеводородных газов). Пена на основе частиц кремнезема образует прочный слой, изолирующий топливо от кислорода.

Огнестойкие материалы нового поколения: применение термоактивных покрытий, которые при нагревании расширяются и создают теплоизоляционный слой, защищая несущие конструкции от обрушения.

Наиболее эффективный подход в 2025–2026 годах - это интеграция систем обнаружения на базе ИИ с автоматическими системами пожаротушения (аэрозольными или тонкораспыленной водой) в единую сеть (IoT), обеспечивающую предиктивную защиту промышленных объектов.

Таким образом, актуальность разработки современных методов обеспечения пожарной безопасности на промышленных предприятиях обусловлена тремя взаимосвязанными факторами: значительным экономическим ущербом, причиняемым промышленными пожарами, который многократно превышает их долю в общем количестве возгораний; принципиальными ограничениями традиционных организационных мер; а также увеличением сложности и стоимости производственных объектов. Поэтому ответом на эти вызовы становится переход от разрозненных мероприятий к интегрированным автоматизированным системам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары на производственных предприятиях: причины, статистика и меры профилактики в 2026 году // https://www.ano-ste.com/articles/pozharno-tekhnicheskaya-

ekspertiza/pozhary-na-proizvodstvennykh-predpriyatiyakh-prichiny-statistika-i-mery-profilaktiki-v-2026-godu/ [Дата обращения 20.10.2026]

2. Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ П 46 ВНИИПО МЧС России, 2026. 113 с.

3. Салихова А.Х., Шахин Е.В., Грибкова В.В. О создании информационного ресурса об авариях на технологическом оборудовании производственных объектов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 366-371.

4. Морозова, В. С. Анализ статистики пожаров, произошедших на промышленных предприятиях на территории Российской Федерации / В. С. Морозова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 12 (511). — С. 42-44. — URL: https://moluch.ru/archive/511/112221.

УДК 691.11:614.841.41

М. Н. Тухбатулин[1], П. А. Евстигнеев[1], Т. В. Якубова[1], А. Е. Шкуро[2]
[1] Уральский институт ГПС МЧС России
[2] Уральский государственный лесотехнический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПРОПИТОЧНЫХ РАСТВОРОВ НА ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

Образцы древесины сосны, пропитанные раствором однозамещённого фосфата аммония и тетрабората натрия, испытаны на установке «Воспламеняемость» по схеме ГОСТ 30402-96 при температурах панели 300-550 °С. Добавка 0,05 % лауретсульфата натрия увеличила время до устойчивого горения при 550 °С с 230 до 535 с, добавка 0,1 % децилглюкозида – до 621 с. Расчётная КППТП всех вариантов осталась в границах 20-35 кВт/м^2, то есть группа воспламеняемости В2 не изменилась.

Ключевые слова: древесина, воспламеняемость, огнезащитная пропитка, антипирены, поверхностно-активные вещества, время до воспламенения, ГОСТ 30402-96.

M. N. Tukhbatulin, P. A. Evstigneev, T. V. Yakubova, A. E. Shkuro

A STUDY OF THE EFFECT OF FIRE-RETARDANT IMPREGNATING SOLUTIONSON THE IGNITABILITY OF WOOD

Pine wood samples impregnated with a solution of monoammonium phosphate and sodium tetraborate are tested on an ignitability apparatus following the GOST 30402-96 layout at panel temperatures of 300-550 °C. An addition of 0.05 % sodium laureth sulfate

© Тухбатулин М. Н., Евстигнеев П. А., Якубова Т. В., Шкуро А. Е., 2026

increases the time to sustained flaming at 550 °C from 230 to 535 s, and 0.1 % decyl glucoside raises it to 621 s. The calculated critical heat flux of all the variants stays within 20-35 kW/m^2, so the ignitability group B2 remains unchanged.

Key words: wood, ignitability, fire-retardant impregnation, fire retardants, surfactants, time to ignition, GOST 30402-96.

Древесина остаётся массовым конструкционным и отделочным материалом, и снижение её пожарной опасности достигается прежде всего пропиткой антипиренами [2]. Эффективность обработки обычно оценивают по потере массы в огневой трубе по ГОСТ Р 57270-2016 или гравиметрическими экспресс-методами [6]. Показатель интегральный. Он говорит, сколько материала выгорело, но не о том, когда началось пламенное горение.

Ранее для растворов на основе однозамещённого фосфата аммония и тетрабората натрия установлено, что введение поверхностно-активных веществ снижает поверхностное натяжение на 26–47 %, краевой угол смачивания – на 25–42 %, а потерю массы в огневой трубе – на 9–19 % [1]. Лауретсульфат натрия (ЛСН) давал наибольшую начальную скорость капиллярного впитывания, децилглюкозид (ДЦГ) – наибольшую глубину пропитки за 24 ч [4, 5]. Как эти различия сказываются на времени до воспламенения, оставалось неизвестным: испытания по ГОСТ 30402-96 [7] для таких составов не проводились.

Цель работы – сравнить время до воспламенения древесины сосны, обработанной базовым огнезащитным составом (ОЗС) и тем же составом с добавками ЛСН и ДЦГ.

Экспериментальная часть

Базовый ОЗС готовили из однозамещённого фосфата аммония (ГОСТ 3772-74) и тетрабората натрия (ГОСТ 8429-77): 163,2 и 20,4 г соответственно на 816,4 г воды. В два состава дополнительно вводили ЛСН в количестве 0,05 % и ДЦГ в количестве 0,1 % от массы раствора. Концентрации отвечают диапазонам, в которых оба ПАВ дают максимальное снижение поверхностного натяжения [1].

Образцы вырезали из одного бруска сосны обыкновенной, размеры 140×165×20 мм. Перед пропиткой их сушили 10 ч при 80 °C, затем выдерживали в растворе 24 ч, сушили ещё 10 ч при 80 °C и кондиционировали сутки при комнатной температуре. Контрольный образец не пропитывали.

Испытания вели на установке «Воспламеняемость» по схеме ГОСТ 30402-96. От стандартной процедуры отступили в двух отношениях: режим задавали температурой радиационной панели, а не откалиброванным значением поверхностной плотности теплового потока (ППТП), и на каждый режим приходился один образец вместо трёх. Значения по этой причине сравнительные, а не сертификационные. Температуру панели переводили в ППТП по закону Стефана-Больцмана:

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_n^4 - T_0^4),$$

где ε принимали равным 1 (верхняя оценка для панели как абсолютно чёрного тела), σ = 5,67·10^{-8} Вт/(м^2·К^4), T_0 = 293 К. Образцы последовательно испытывали при 300, 350, 400, 450, 500, 530, 540 и 550 °С с экспозицией до 900 с; при появлении пламени фиксировали время от начала испытания.

Результаты и обсуждение

Результаты испытаний приведены в таблице. До 530 °С включительно, что по расчёту соответствует ППТП не более 23 кВт/м^2, не загорелся ни один образец. При 540 °С пламя появлялось, но гасло до очередного подвода горелки. Устойчивое пламенное горение фиксировали только при 550 °С, и граница между этими двумя режимами оказалась одинаковой для всех четырёх вариантов обработки. Пропитка меняет время, а не порог.

Таблица. **Время до появления пламени, с**

Температура панели, °С	ППТП (расчёт), кВт/м^2	Контроль	ОЗС	ОЗС + ЛСН, 0,05 %	ОЗС + ДЦГ, 0,1 %
300–530	5,7–23,2	нет	нет	нет	нет
540	24,4	246*	303*	630*	760*
550	25,6	190	230	535	621

* Пламя гасло до очередного подвода горелки; устойчивого горения по п. 3.4 ГОСТ 30402-96 не возникало. «Нет» – воспламенение отсутствовало в течение 900 с.

Отсюда оценка КППТП: от 24,4 до 25,6 кВт/м^2. При более реалистичной степени черноты панели ε = 0,9 интервал смещается к 21,9-23,1 кВт/м^2, оставаясь внутри диапазона 20-35 кВт/м^2. По таблице 1 ГОСТ 30402-96 это группа воспламеняемости В2 – и для необработанной сосны, и для всех пропитанных образцов. В группу В1 пропитка древесину не переводит.

Времена до воспламенения при этом различаются кратно. При 550 °С контроль загорелся через 190 с, образец с базовым ОЗС – через 230 с; прибавка от одних антипиренов составила 21 %. С добавкой ПАВ время выросло до 535 с (ЛСН) и 621 с (ДЦГ), то есть в 2,8 и 3,3 раза относительно контроля и в 2,3 и 2,7 раза относительно базового состава. При 540 °С соотношения воспроизводятся: 246, 303, 630 и 760 с.

Эффект несоизмерим с содержанием добавки: 0,05–0,1 % ПАВ дают больший прирост времени, чем 18 % солей-антипиренов. Объяснять это собственной огнезащитной активностью ЛСН и ДЦГ неправдоподобно. Более вероятна причина, связанная с распределением антипирена по сечению: для тех же составов глубина капиллярного впитывания за 24 ч выросла с 18,7 до 33,0–36,3 мм [1], а при толщине образца 20 мм это означает переход от пропитки поверхностного слоя к сквозной. Прогреваемая зона тогда целиком насыщена фосфатом, который катализирует дегидратацию целлюлозы и смещает пиролиз

в сторону кокса вместо горючих летучих [2, 3]. Накопление горючей смеси у поверхности отсрочивается, отсюда и выигрыш во времени.

Децилглюкозид опередил лауретсульфат натрия на 20,6 % при 540 °С и на 16,1 % при 550 °С. Ранжирование совпадает с кинетикой пропитки: ЛСН даёт максимальную начальную скорость впитывания, но выходит на плато к 4-8 ч, тогда как у ДЦГ глубина растёт линейно до 24 ч [1]. При суточной выдержке выигрывает тот ПАВ, который не даёт плато; для кистевой обработки с коротким контактом соотношение, вероятно, окажется обратным.

Заключение

1. Ни базовый огнезащитный состав, ни составы с ПАВ не изменили температурный интервал перехода к устойчивому горению: он лежит между 540 и 550 °С, что по расчёту отвечает КППТП 24-26 кВт/м^2 и группе воспламеняемости В2.

2. Время до воспламенения реагирует на состав сильнее, чем группа: базовый ОЗС увеличил его при 550 °С на 21 %, составы с ЛСН и ДЦГ – в 2,8 и 3,3 раза.

3. Децилглюкозид эффективнее лауретсульфата натрия на 16–21 % при суточной пропитке, что согласуется с большей достигаемой глубиной проникновения раствора.

4. Значения носят сравнительный характер: единичные образцы уменьшенного размера, ступенчатый нагрев панели вместо калиброванной ППТП. Для отнесения составов к группе воспламеняемости нужна серия из 15 образцов 165×165 мм и калибровка установки по плотности теплового потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тухбатулин М.Н., Шкуро А.Е., Якубова Т.В. Исследование влияния поверхностно-активных веществ на эффективность действия огнезащитных пропиточных растворов для древесины // Системы. Методы. Технологии. 2025. № 4. С. 132–137. DOI: 10.18324/2077-5415-2025-4-132-137.

2. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение и пожарная опасность древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21, № 1. С. 19–32.

3. Horrocks A.R., Price D. Fire-retardant treatments for wood: current status and future prospects // Polymer Degradation and Stability. 2001. Vol. 74, No. 2. P. 181–195.

4. Тухбатулин М.Н., Шкуро А.Е., Якубова Т.В. Исследование влияния продолжительности пропитки огнезащитным составом на огнестойкость древесины // Системы. Методы. Технологии. 2025. № 3. С. 169–174. DOI: 10.18324/2077-5415-2025-3-169-174.

5. Исследование эффективности комплексных огнезащитных пропиточных составов для древесины / М.А. Красильникова, А.А. Баёв, М.Н. Тухбатулин [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2025. № 2 (66). С. 115–122. DOI: 10.18324/2077-5415-2025-2-115-122.

6. Исследование возможности применения гравиметрического метода для изучения эффективности огнезащитных составов / Н.Ю. Добрынина, С.Н. Пазникова, Т.В. Якубова, А.В. Кокшаров // Техносферная безопасность. 2022. № 1 (34). С. 16–23.

7. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость: межгосударственный стандарт. Введ. 01.07.1996.

УДК 614.84

Е. Ю. Удавцова, А. А. Кондашов, Е. В. Бобринев
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России», Балашиха, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ВИДЕОСИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ

Проведен обзор методов обнаружения пожаров. Показано, что одной из постоянных проблем при разработке систем обнаружения пожара является минимизация частоты ложных срабатываний при одновременном поддержании высокой точности обнаружения.

Ключевые слова: пожар, дымовые извещатели, инфракрасные системы, видеосистемы, ложные срабатывания

E.Yu. Udavtsova, A.A. Kondashov, E.V. Bobrinev

THE USE OF VIDEO SYSTEMS TO IMPROVE FIRE DETECTION EFFICIENCY

A review of fire detection methods has been conducted. It is shown that one of the constant problems in the development of fire detection systems is to minimize the frequency of false alarms while maintaining high detection accuracy.

Keywords: fire, smoke detectors, infrared systems, video systems, false alarms

Надежное обнаружение пожаров представляет собой серьезную проблему, учитывая значительные экономические риски и риски для безопасности людей, особенно в промышленных условиях.

Традиционные подходы, использующие потолочные дымовые извещатели, [1-2] демонстрируют задержку отклика. Такие детекторы работают, выявляя значительные концентрации дымовых шлейфов. Однако в промышленных условиях с высокими потолками эффективность этих детекторов часто ограничивалась длительным временем обнаружения, необходимым для того, чтобы дым достиг датчиков.

© Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А., Бобринев Е. В., 2026

Инфракрасные системы, предназначенные для обнаружения тепловых аномалий и колебаний температуры, были широко исследованы в приложениях для обнаружения пожара [3–4]. Однако их эффективность в промышленных условиях по-прежнему ограничена поздней стадией обнаружения, которая обычно происходит после достижения опасных температурных порогов.

Последующие исследования показали применение видеосистем для повышения эффективности в реальных условиях. Современные публикации в области видеосистем обнаружения пожаров можно разделить на две основные категории в зависимости от используемых входных данных: стационарные — когда камера закреплена на башне или здании, и нестационарные — когда камера переносится человеком или любым движущимся оборудованием, таким как роботы, автомобили или дроны.

В исследовании [5] предложен метод обнаружения пожаров путем анализа видеозаписей, полученных с камер видеонаблюдения. Введены две основные новинки. Во-первых, мультиэкспертная система объединяет дополнительную информацию, основанную на анализе цвета, вариаций формы и движения. Главное преимущество такого подхода заключается в значительном повышении общей производительности системы при относительно небольших усилиях со стороны разработчика. Во-вторых, предложен новый дескриптор для представления движения. Предложенный метод был протестирован на очень большом наборе данных видеозаписей пожаров, полученных как в реальных условиях, так и из интернета. Полученные результаты подтверждают последовательное снижение количества ложных срабатываний без ущерба для точности и без отказа от возможности запуска системы на встроенных платформах.

В исследовании [6] использовали линейный дискриминантный анализ для создания нового пространства признаков, основанного исключительно на данных исходной области, и предсказали четыре различных типа пожара (тлеющая древесина, тлеющий хлопок, тлеющий кабель и свеча) в целевой области с точностью классификации до 69%. Примечательно, что более низкая точность классификации наблюдалась для расположения сенсорных узлов близко к стене в полномасштабной тестовой комнате.

В исследовании [7] описан новый высокоточный алгоритм обнаружения пожара (обнаружение пламени и дыма), позволяющий решить существующих проблемы в алгоритмах, включая неадекватное извлечение признаков, чрезмерную вычислительную сложность, ограниченные возможности развертывания на устройствах с ограниченными ресурсами, пропущенные обнаружения, неточные обнаружения и низкую точность.

В исследовании [8] использована новая архитектура обнаружения пожара на основе обнаружения дыма. Предложен механизм самоорганизации для непосредственного устранения избыточности и последующего сжатия локализационной и семантической информации. Использован облегченный механизм самовнимания для выделения значимых характеристик дыма. Кроме того, создана база данных, содержащая изображения реальных сцен, и данных

реального дыма. Обширные эксперименты по визуализации подтверждают высокую эффективность извлечения признаков.

Метод обнаружения пожара на основе нестационарного видео был впервые предложен в [9], в которой представлен метод анализа покадровых изменений определенных низкоуровневых характеристик, описывающих потенциальные зоны пожара, для классификации новостных видеороликов, содержащих или не содержащих пламя углеводородов. Алгоритм состоит из двух основных этапов: классификация по цвету и классификация по текстуре. Для классификации по цвету предлагается статистическое уравнение. На втором этапе в качестве дескрипторов используются цвет, размер области, шероховатость поверхности, шероховатость границ и асимметрия в пределах предполагаемых зон пожара. Окончательная классификация выполняется с помощью байесовского классификатора.

Одной из постоянных проблем при разработке систем обнаружения пожара является минимизация частоты ложных срабатываний при одновременном поддержании высокой точности обнаружения. Традиционные стратегии решения этой проблемы обычно включают уточнение обучающих наборов данных или модификацию базовой архитектуры модели обнаружения [10, 11].

Интеллектуальные системы видеонаблюдения в режиме реального времени распознают признаки возгорания (дым и открытый огонь) по их визуальным характеристикам. Благодаря нейросетевым алгоритмам система безошибочно отличает пожар от помех (пара, бликов или теней), исключая ложные срабатывания. Одна поворотная камера способна заменить множество датчиков, обеспечивая контроль над обширными территориями. При обнаружении угрозы операторы мгновенно получают визуальное подтверждение, что позволяет оперативно оценить ситуацию и предотвратить серьезный ущерб.

Однако вопрос о полной замене традиционных пожарных извещателей (датчиков дыма) видеосистемами до сих пор открыт – эксперты чаще рекомендуют их гибридное применение для взаимной страховки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nesse, R.M. The smoke detector principle: signal detection and optimal defense regulation / R.M. Nesse // Evolution, Medicine, and Public Health. – 2019. – V. 1. – P. 1–1. doi:10.1093/emph/eoy034.

2. Неплохов, И. Чувствительность дымового извещателя и ее контроль / И. Неплохов // Алгоритм безопасности. – 2007. – № 5. – С. 40-44.

3. Результаты испытаний измерительных средств инфракрасного диапазона по обнаружению очага возгорания / М. В. Алешков, С. В. Попов, Н. Г. Топольский [и др.] // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – № 3(93). – С. 19-28. – DOI 10.25257/TTS.2021.3.93.19-28.

4. Application of lidar in ultraviolet, visible and infrared ranges for early forest fire detection / A. Lavrov, A. Utkin, R. Vilar et al. // Applied Physics B. 2003. V. 76. P. 87–95. https://doi.org/10.1007/s00340-002-1053-y.

5. Foggia, P. Real-time fire detection for video-surveillance applications using a combination of experts based on color, shape, and motion / P. Foggia, A. Saggese, M. Vento // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2015. – V. 25, I. 9. – P. 1545–1556. doi: 10.1109/TCSVT.2015.2392531.

6. Classification in early fire detection using multi-sensor nodes—A transfer learning approach / P. Vorwerk, J. Kelleter, S. Müller, U. Krause // Sensors. – 2024. – V. 24, I. 5. – P. 1428. doi: 10.3390/s24051428.

7. YOLOFM: an improved fire and smoke object detection algorithm based on YOLOv5n / X. Geng, Y. Su, X. Cao et al. // Scientific Reports. – 2024. – V. 14, I. 1. – P. 4543. https://doi.org/10.1038/s41598-024-55232-0.

8. Learning precise feature via self-attention and self-cooperation yolox for smoke detection /. J. Wang, X. Zhang, K. Jing, C. Zhang // Expert Systems with Applications. – 2023. – V. 228. – P. 120330. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120330.

9. Borges, P.V.K. A probabilistic approach for vision-based fire detection in videos / P.V.K. Borges, E. Izquierdo // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2010. – V. 20, I. 5. P. 721-731. DOI: 10.1109/TCSVT.2010.2045813

10. Steffens, C.R. Non-stationary VFD evalu-ation kit: Dataset and metrics to fuel video-based fire detection development / C.R. Steffens, R.N. Rodrigues, S.S. da Costa Botelho // Latin American Robotics Symposium. – Springer. – 2016. – P. 135–151, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-47247-8_9.

11. From detection to segmentation: Combining foundation model with bounding boxes for efficient fire detection / K. Joshi, X. Li, T. Windisch, M. König // Neurocomputing. – 2025. – V. 647. – P. 130513. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2025.130513.

УДК 614.84:004.896

А. А. Усов, Б. Р. Волков
НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ

Рассмотрены отечественный и зарубежный опыт и научные основы применения роботизированных установок пожаротушения и мобильных робототехнических комплексов на объектах хранения боеприпасов. Предложена эшелонированная структура комплекса и приоритет защиты соседних хранилищ.

Ключевые слова: роботизированная установка пожаротушения, пожарный робот, склад боеприпасов, взрывчатые материалы, объекты Минобороны, ликвидация последствий взрыва.

A. A. Usov, B. R. Volkov

APPLICATION OF ROBOTIC COMPLEXES FOR FIRE PROTECTION AND ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF FIRES AND EXPLOSIONS AT AMMUNITION STORAGE FACILITIES

Domestic and foreign experience and scientific bases of using robotic fire-extinguishing installations and mobile robotic complexes at ammunition storage facilities are considered. A layered structure of the complex and the priority of protecting adjacent storage facilities are proposed.

Key words: robotic fire-extinguishing installation, firefighting robot, ammunition depot, explosive materials, Ministry of Defence facilities, elimination of explosion consequences.

Объекты хранения боеприпасов (арсеналы, базы и склады) относятся к объектам с наивысшей пожаровзрывоопасностью: большое количество взрывчатых материалов сосредоточено на ограниченной территории, а пожар одного хранилища способен перейти во взрыв и вызвать разлёт осколков и последовательное вовлечение соседних хранилищ. Применение для тушения пожарных подразделений с личным составом в этих условиях ограничено радиусом опасной зоны. Это определяет интерес к роботизированным комплексам, позволяющим вести разведку, защиту и тушение, удалив людей из опасной зоны.

Показательным примером стал пожар с детонацией на складе боеприпасов: часть жителей была эвакуирована, воздушное пространство в радиусе 30 километров закрыто, а к ликвидации привлечены робототехнические комплексы «Уран-14» и беспилотные аппараты для передачи обстановки на пункт управления [2]. Цель работы – на основе анализа

© Усов А. А., Волков Б. Р., 2026

современных достижений предложить структуру роботизированного комплекса защиты и ликвидации последствий пожаров и взрывов на таких объектах.

Роботизированная установка пожаротушения (РУП) – автоматическая установка, в которой функции подачи огнетушащего вещества выполняет пожарный робот. По данным Ю. И. Горбаня и С. Г. Немчинова, первый отечественный пожарный робот был создан в 1984 г. для музейного комплекса «Кижи», а Россия законодательно закрепила данный класс установок первой в мире; требования к ним содержатся в Федеральном законе № 123-ФЗ, ГОСТ Р 53326–2009 и своде правил по установкам пожаротушения [3]. Обнаружение очага основано на покадровом анализе изображения: матрица инфракрасного диапазона выявляет нагретые зоны, видеоканал – характерные признаки пламени, а триангуляция даёт пространственные координаты очага. Авторы описывают двенадцать алгоритмов поведения, в том числе предупреждение о нагреве до возгорания, обнаружение очагов площадью около 0,1 м², подачу воды только на горящую поверхность, живучесть при отказах и приоритет команд оператора над автоматикой [3].

Экспериментальные параметры эффективного тушения показывают, что для РУП расход постоянен, а интенсивность орошения и время тушения переменны; время свободного развития пожара при извещателях дыма составляет около 80 с, при извещателях пламени – около 55 с, время от обнаружения до начала подачи – менее 40 с; при дальности 50 м и расходе 40 л/с достигается площадь орошения 57,8 м² [4]. Для объектов хранения боеприпасов это означает, что быстродействие и адресная подача воды на очаг и на защищаемые соседние объекты могут обеспечиваться без присутствия людей.

Стационарная установка защищает лишь свою зону действия. Для работы по всей территории и после взрыва нужны мобильные платформы. Наземные робототехнические комплексы превращают пожаротушение из статичной установки в динамичное мобильное средство; современные платформы имеют модульную конструкцию, объединяют данные нескольких датчиков и используют автономную навигацию и обнаружение очагов на основе искусственного интеллекта, а перспективной считается работа групп «человек – робот» и роевых систем с контролем оператора [6].

В Вооружённых силах Российской Федерации применяется комплекс «Уран-14» (рисунок): бронированная платформа с самоохлаждением, цистернами на 2 тыс. л воды и 600 л пенообразователя, оптическим и тепловизионным каналами разведки, а также манипулятором, способным перемещать опасные и взрывчатые грузы массой до 1,5 т и толкать объекты массой до 4 т [1], также он применялся для проливки территории [1; 2]. Аналогичная тенденция видна за рубежом: в январе 2026 г. сухопутные войска Индии заключили контракт на поставку 18 наземных пожарных роботов для хранилищ боеприпасов, вооружений и топлива, оснащённых оптическими и тепловизионными камерами [5].



Рисунок. Робототехнический комплекс «Уран-14»

Анализ позволяет предложить эшелонированный комплекс из четырёх элементов: 1) стационарные РУП с обнаружением по ИК- и видеоканалам, закрывающие территорию хранилищ; 2) бронированные мобильные платформы с лафетными стволами и манипулятором для работы в опасной зоне и после взрыва; 3) беспилотные летательные аппараты с тепловизором для разведки; 4) пункт управления, расположенный за пределами радиуса поражения осколками, с приоритетом команд оператора.

Принципиальное отличие от объектов обычного назначения состоит в приоритетах. При угрозе перехода горения во взрыв главной задачей становится не тушение очага, а охлаждение соседних хранилищ и недопущение распространения процесса. Предлагается ранжировать цели орошения по показателю опасности $R = T/t_{кр}$, где T – измеряемая тепловизором температура поверхности, а $t_{кр}$ – допустимое для данного типа хранения значение, определяемое по паспортным данным. Подача ведётся прежде всего на объекты с наибольшим R, а очаг тушится после стабилизации обстановки. Все технические средства на территории, где возможна взрывоопасная среда, должны быть во взрывозащищённом исполнении, а каналы связи – устойчивыми к помехам с резервированием.

Параметры комплекса (число и размещение РУП, запас огнетушащих веществ, пороги R) определяются моделированием и испытаниями для конкретного типа хранилищ. Предложенная структура является концепцией, требующей экспериментальной проверки.

Опыт применения РУП и мобильных комплексов показывает, что их сочетание с беспилотной разведкой позволяет вывести людей из опасной зоны и сократить время до начала подачи огнетушащих веществ. Для объектов Минобороны перспективны эшелонированная структура, приоритет

охлаждения соседних хранилищ, взрывозащищённое исполнение и развитие нормативной базы испытаний мобильных робототехнических комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боевые дроны, сапёры и пожарные: какие роботы стоят на вооружении российской армии [Электронный ресурс] // RT на русском. – URL: https://russian.rt.com/russia/article/765338-roboty-uran-rossiya (дата обращения: 05.09.2026).

2. В Красноярском крае к тушению пожара на складе боеприпасов подключат роботов [Электронный ресурс] // Сноб. – URL: https://snob.ru/news/180919/ (дата обращения: 05.09.2026).

3. Горбань Ю. И., Немчинов С. Г. Пожарные роботы в пожарной автоматике: научно-технические исследования, алгоритмы поведения и дизайн // Пожаровзрывобезопасность. – 2020. – Т. 29, № 5. – с. 82–88.

4. Горбань Ю. И., Немчинов С. Г., Цариченко С. Г., Туровский А. А. Роботизированные установки пожаротушения. Параметры эффективного тушения // Пожаровзрывобезопасность. – 2023. – Т. 32, № 4. – с. 58–67.

5. Indian Army to deploy robotic firefighters at ammunition depots [Electronic resource] // WION. – 2026. – URL: https://wionews.com/india-news/indian-army-to-deploy-robotic-firefighters-at-ammunition-depots-1768939286594 (дата обращения: 07.09.2026).

6. Korendiy V., Kachur O., Pylyp M., Karpyn R., Lanets O. The state of the art in ground robotic complexes for automatic fire suppression: a comprehensive review // Journal of Mechanical Engineering and Materials Science. – 2025. – Vol. 11, №4. – P. 1-26

УДК 614.84:629.73

А. А. Усов, Р. Д. Плахотский
НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА В ГРУЗОВЫХ ОТСЕКАХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ МНОГОСЕНСОРНЫХ АЛГОРИТМОВ

Рассмотрены современные подходы к обнаружению пожара в грузовых отсеках воздушных судов: многосенсорные алгоритмы, газовый и видеоканалы. Предложена структура интегрального алгоритма принятия решения, снижающего число ложных тревог при обнаружении пожара в течение одной минуты.

Ключевые слова: обнаружение пожара, воздушное судно, грузовой отсек, многосенсорный извещатель, ложные срабатывания, литий-ионные батареи.

© Усов А. А., Плахотский Р. Д., 2026

A. A. Usov, R. D. Plahotsky

IMPROVING FIRE DETECTION TECHNOLOGY IN AIRCRAFT CARGO COMPARTMENTS BASED ON MULTISENSOR ALGORITHMS

Modern approaches to fire detection in aircraft cargo compartments are considered: multisensor algorithms, gas and video channels. A structure of an integral decision-making algorithm is proposed that reduces the number of false alarms while detecting a fire within one minute.

Key words: fire detection, aircraft, cargo compartment, multisensor detector, false alarms, lithium-ion batteries.

Пожар на борту воздушного судна (ВС) относится к наиболее опасным особым ситуациям: объём ограничен, покинуть ВС в полёте невозможно, запас огнетушащего вещества невелик, а время до потери несущей способности конструкции исчисляется минутами [10]. Грузовые отсеки и отсеки оборудования не обслуживаются людьми в полёте, поэтому решающая роль принадлежит автоматической системе обнаружения. Нормы лётной годности требуют, чтобы система выдавала экипажу визуальную индикацию в течение одной минуты после начала пожара, обнаруживала его при температуре, значительно меньшей той, при которой существенно снижается прочность конструкции, и позволяла проверять работоспособность каждой цепи в полёте [8]. Аналогичный пункт содержится в Авиационных правилах АП-25.

Требование быстродействия вступает в противоречие с требованием устойчивости к ложным срабатываниям: ложная тревога вынуждает экипаж к посадке на запасном аэродроме, а при частом повторении снижает доверие к системе. Цель работы – на основе анализа современных научно-технических достижений предложить направление совершенствования технологии обнаружения пожара в грузовых отсеках ВС.

По данным Федерального управления гражданской авиации США (FAA), серийные дымовые извещатели грузовых отсеков давали до 99 % ложных тревог, а соотношение ложных тревог и реальных обнаружений пожара составляло примерно 100:1 [4]. Основными нарушающими факторами признаны скорость потока воздуха, пыль, инсектицидные аэрозоли, посторонняя засветка и циклическое изменение температуры, давления и влажности [5]. Возникает и обратная проблема: извещатель, настроенный на устойчивость к аэрозолям, хуже реагирует на тестовый дым, поэтому при сертификации критически важным параметром искусственного источника дыма становится размер частиц (200–300 нм) [5]. В экспериментах FAA с аспирационными и точечными извещателями один из фотоэлектрических извещателей срабатывал на все тесты с пламенным горением и не срабатывал ни на один тест с тлением [6]. Следовательно, извещатель, использующий один физический признак, не может обеспечить одновременно низкую вероятность пропуска пожара и низкую частоту ложных тревог.

Современными направлениями развития технологий обнаружения пожара являются [11]:

Многосенсорные алгоритмы. В исследовании FAA [4] в грузовом отсеке Boeing 707 совместно использовались ионизационный извещатель, термопара, дымомер и датчик CO/CO_2. Алгоритм, объединивший концентрацию CO_2, пропускание света и напряжение ионизационной камеры, обеспечил обнаружение всех тестовых пожаров в течение одной минуты при отсутствии реакции на нарушающие факторы. Расчёты методом вычислительной гидродинамики показали применимость извещателя в объёме не менее 910 куб. футов (около 26 $м^3$) [4].

Аспирационные извещатели. Системы с активным забором воздуха отличаются высокой чувствительностью и пригодны для скрытых объёмов (рисунок); их испытывают по UL 268 и EN 54 на тестовых очагах: пламенном и тлеющем горении полиуретана, древесной щепе, бумаге, хлопке [6]. Эффективность зависит от стандартизации тестового дыма и от настройки алгоритма.



Рисунок. Аспирационный извещатель Vesda VLF-250

Объединение оптического и видеоканалов. Компания Airbus запатентовала [2] сигнализатор, в котором телевизионная камера и оптический дымовой датчик размещены в одном корпусе и имеют общее поле зрения. Перекрёстная проверка позволяет отличить дым от тумана, пыли и аэрозоля и принять решение на месте.

Применение нейросетевых методов обнаружения пожара по видеоизображениям ограничено методическими проблемами: некорректным выбором метрик, отсутствием открытых наборов данных, дисбалансом классов [3]. Для авиации это означает необходимость собственных верифицируемых наборов данных.

Газовый канал и литий-ионные батареи. Рост объёма перевозок литий-ионных аккумуляторов делает актуальным обнаружение теплового разгона до появления дыма. При разгоне выделяются водород, оксид и диоксид углерода, этилен и метан, а перспективными считаются резистивные газовые датчики [9]. Газовые признаки появляются раньше изменения напряжения, тока и температуры; при перезаряде LFP-элементов водород выделяется раньше CO и CO_2, а доля газов зависит от химии элемента: для NCM811 преобладает CO (около 49 %), для LFP – H_2 (около 36 %) [7]. Поэтому газовый канал должен быть мультигазовым.

Для наземных объектов общие технические требования и методы испытаний технических средств пожарной автоматики установлены ГОСТ Р 53325–2012 [1]; для бортовых систем их необходимо дополнить условиями вибрации, перепада давления и температуры.

Для снижения числа ложных тревог при обнаружении пожара в течение одной минуты предлагается двухуровневый алгоритм обработки сигналов каналов: оптического (пропускание или рассеяние), CO, CO_2, H_2 и температурного; видеоканал является дополнительным подтверждающим. Сигнал каждого канала нормируется относительно фонового значения s_{i0} и порога $s_i^{пор}$:

$$x_i = (s_i - s_{i0}) / (s_i^{пор} - s_{i0}), \quad \Phi = \Sigma\, w_i \cdot x_i,$$

где w_i – весовые коэффициенты, а Φ – интегральный показатель. На первом уровне при $\Phi \geq \Phi_1$ или превышении порога по скорости нарастания любого канала экипажу выдаётся предупреждение. На втором уровне сигнал «Пожар» формируется при $\Phi \geq \Phi_2$, если пороги превышены не менее чем в двух каналах различной физической природы (например, оптическом и газовом) либо есть подтверждение видеоканала. Такая логика исключает тревогу по одному нарушающему фактору (аэрозоль влияет на оптику, но не на CO и CO_2), а нарастание Φ сохраняет быстродействие в пределах одной минуты. Для литий-ионных батарей вводится отдельное предупреждение по H_2 и парам электролита, предшествующее дымообразованию.

Веса w_i и пороги Φ_1, Φ_2 определяются по результатам испытаний на тестовых очагах (пламенное горение, тление, тепловой разгон аккумуляторов) и нарушающих источниках по AS8036, с оценкой вероятности пропуска и частоты ложных тревог (ROC-анализ). Каждый канал должен иметь встроенный контроль работоспособности, доступный экипажу в полёте.

Анализ показал, что достижение требуемого быстродействия при низкой частоте ложных тревог возможно за счёт объединения физически различных каналов с интегральной обработкой сигналов. Таким образом, перспективными направлениями развития технологий обнаружения пожара являются: мультигазовый канал для литий-ионных батарей, комбинация оптики и видео, создание отечественных наборов данных и методик испытаний бортовых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53325–2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2012.

2. Пат. 2392665 Российская Федерация. Система сигнализации о дыме для воздушного судна / Airbus Deutschland GmbH. – Опубл. 20.06.2010.

3. Шкурат Д. Е., Матвеев А. В. Проблемы обнаружения пожара по видеоизображениям: обзор исследований // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2025. – № 2 (54).

4. Girdhari A. Aircraft Cargo Compartment Multisensor Smoke Detection Algorithm Development: Rep. DOT/FAA/AR-07/58. – Atlantic City: FAA William J. Hughes Technical Center, 2008. – URL: https://fire.tc.faa.gov/pdf/07-58.pdf (дата обращения: 04.09.2026).

5. Ochs R. Certification of False Alarm Resistant Cargo Smoke Detectors: Presentation at the FAA International Aircraft Systems Fire Protection Working Group. – May 2018. – URL: https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/systems/May18Meeting/Ochs-0518-CertFalseAlarmDetect.pdf (дата обращения: 06.09.2026).

6. Ochs R. Improvements in Detection: Presentation at the FAA International Aircraft Systems Fire Protection Working Group. – May 2019. – URL: https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/systems/May19Meeting/Ochs-0519-ImprovementsInDetection.pdf (дата обращения: 07.09.2026).

7. Teng Z., Lv C. Detection toward early-stage thermal runaway gases of Li-ion battery by semiconductor sensor // Frontiers in Chemistry. – 2025. – Vol. 13. – Art. 1586903. – DOI: 10.3389/fchem.2025.1586903.

8. Title 14 CFR § 25.858. Cargo or baggage compartment smoke or fire detection systems. – URL: https://www.federal-regs.com/title/14/part-25/25.858/ (дата обращения: 07.09.2026).

9. Wang Z., Zhu L., Liu J., Wang J., Yan W. Gas sensing technology for the detection and early warning of battery thermal runaway: a review // Energy & Fuels. – 2022. – Vol. 36, № 12. – P. 6038–6057. – DOI: 10.1021/acs.energyfuels.2c01121.

10. Косицкий С.С. Результаты моделирования распространения опасных факторов пожара в замкнутых объемах воздушных транспортных средств / С.С. Косицкий, Д.Е. Кардаш, Е.Н. Кадочникова. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии» 17 октября 2024 года, г. Иваново, Ивановская пожарно-спасательная Академия ГПС МЧС России, 2024 г., С. 179 - 186.

11. Кулаков Н.С., Кадочникова Е.Н. Современные технические средства обнаружения пожаров. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии» 14 октября 2023г., Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России 2023 г., С. 204 - 207.

УДК 677.494.675

Т. Л. Федорец, О. О. Смиловенко
Университет Гражданской защиты МЧС Беларуси

СПОСОБ ТУШЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПУТЕМ ИЗОЛЯЦИИ ГОРЯЩЕГО СЛОЯ

Предложен способ тушения резервуаров с нефтепродуктами путем изоляции горящего слоя сеткой со вспенивающейся краской путем ее подъема на уровень горящего слоя с помощью специального механизма подъёма.

Ключевые слова: нефтепродукты, изоляция горящего слоя, вспенивающаяся краска, механизм подъёма.

T. L. Fedarets, O. O. Smilovenko

METHOD OF EXTINGUISHING TANKS WITH PETROLEUM PRODUCTS BY ISOLATING THE FLAMING LAYER

A method for extinguishing tanks with petroleum products is proposed, involving the isolation of the burning layer by means of a net coated with foaming paint, which is raised to the level of the burning layer using a special lifting mechanism.

Key words: petroleum products, isolation of the burning layer, foaming paint, lifting mechanism.

Актуальность данной проблемы

Экологическая безопасность является одним из ключевых вопросов национальной безопасности любого государства. Поэтому главную роль в этом играет развитие инновационных технологий в области защиты территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Защита окружающей среды от различных видов загрязнений и негативных воздействий становится приоритетом для правительств, научных сообществ и общественности во всем мире. Особенно остро эта проблема стоит в регионах, где сосредоточены крупные промышленные предприятия, такие как нефтеперерабатывающие заводы и инфраструктурные объекты, связанные с добычей, транспортировкой и хранением нефти и нефтепродуктов. Особенно опасными являются пожары на объектах с нефтепродуктами, которые могут приводить к масштабным экологическим катастрофам, в результате которых происходит выброс большого количества вредных паров, газов и отходов. Все это наносит существенный урон окружающей среде и может вызвать долгосрочные последствия для флоры и фауны.

© Федорец Т. Л., Смиловенко О. О., 2026

На территории Беларуси для хранения нефти и нефтепродуктов используются разнообразные конструкции резервуаров различной формы и назначения: цилиндрические вертикальные резервуары, горизонтальные емкости, резервуары открытого и закрытого типа с различными системами защиты. Всего на территории Республики расположено около 1500 резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Их суммарный объем достигает порядка 3,4 миллиона кубических метров.

Способы тушения резервуаров с нефтепродуктами

Пожары в резервуарах характеризуются сложными процессами развития, как правило, носят затяжной характер и требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации. Общий принцип для пожаротушения резервуаров и резервуарных парков с хранением различных веществ одинаков. Все резервуарные парки оснащают системами пожарной безопасности. Они сигнализируют о возгорании, утечке продукта, аварийных ситуациях. Есть также системы пожаротушения.

На данный момент существует три способа тушения пожаров в резервуарах с нефтепродуктами:

- подслойный;
- поверхностный;
- изоляционный.

Подслойное тушение пожара – способ тушения пожара нефти и нефтепродуктов в резервуаре при помощи подачи низкократной пленкообразующей пены в основание резервуара непосредственно в слой горючего. Тушение таким образом осуществляется двумя способами. Первый заключается в подаче низкократной пены снизу через эластичный рукав. Рукав защищает пену от взаимодействия с горючей жидкостью. Второй способ – подача низкократной пены в слой горючей жидкости через смонтированный трубопровод на дне резервуара. Данный метод имеет свои недостатки. В результате прогрева нефтепродукта образуется так называемая инверсионная подушка, которую не пробивает поднимающаяся воздушно-механическая пена. А также поднятие пены на поверхность очень длительный процесс, что, в свою очередь, замедляет процесс ликвидации пожара.

Поверхностное тушение пожара – воздействие состава непосредственно на поверхность с понижением температуры и уменьшением доступа кислорода. Тушение пожара в вертикальных стальных резервуарах подачей пены на слой осуществляется двумя способами: сверху через стационарно установленные генераторы пены или непосредственно от пожарной аварийно-спасательной техники. Данный процесс тушения эффективен только при максимальном уровне взлива. Однако при снижении уровня жидкости в резервуаре эффективность этого способа тушения снижается, что обусловлено наличием конвективных воздушных потоков, препятствующих быстрому попаданию пены на поверхность. Одновременно с этим высокая температура и пламя,

быстро разрушая пену, способствуют доставке в зону горения воздуха из пузырьков пены, что дополнительно поддерживает горение.

Изоляционный способ тушения — это один из методов борьбы с пожарами, который основан на создании барьера между горючим веществом и окислителем, поддерживающим горение. Среди наиболее распространенных методов можно выделить использование плавающих крыш, задвижек, сеток с вспенивающимися веществами, а также специальных покрытий и конструкций, предназначенных для предотвращения доступа кислорода к горящему материалу.

Способ тушения резервуаров путем изоляции горящего слоя сеткой со вспенивающейся краской

На сегодняшний день в практике пожаротушения резервуаров с нефтью и нефтепродуктами применяется метод, основанный на использовании специальной сетки с нанесенной огнетушащей краской. Этот метод предполагает размещение сетки внутри резервуара, после чего при возникновении пожара краска вспенивается и способствует тушению пожара. Однако, несмотря на определенные преимущества, данный подход обладает существенными недостатками, которые существенно снижают его эффективность и безопасность. Основной недостаток существующего метода заключается в длительном времени, необходимом для подготовки системы к срабатыванию. В частности, для установки уровня сетки с уровнем пламени требуется слив значительного объема нефтепродукта из резервуара, что не только занимает много времени, но и увеличивает риск распространения пожара и экологической опасности. Кроме того, данный процесс требует значительных затрат ресурсов и времени, что в условиях аварийной ситуации может привести к критическим задержкам в реагировании. Предлагается усовершенствовать данный метод введением механизма подъёма сетки и системы автоматического обнаружения пожара вместо системы отлива жидкости. Эти меры позволят значительно повысить оперативность реагирования, снизить экологические риски и обеспечить более эффективную защиту стратегических объектов нефтяной промышленности.

Устройство системы автоматического пожаротушения функционирует следующим образом: при обнаружении возгорания жидкости в резервуаре, система активируется автоматически, что обеспечивает своевременное реагирование на опасную ситуацию. Для этого в системе используется высокоточный датчик температуры, который постоянно мониторит внутреннюю температуру в резервуаре и фиксирует любой ее подъем выше установленной нормы. В случае превышения порогового значения происходит автоматическое уведомление пожарно-спасательного поста, расположенного вблизи объекта, и запускается механизм подъема сетки, покрытой специальной огнетушащей краской, а также активируется метод подслойного пожаротушения для быстрого и эффективного устранения очага возгорания. Такой комплексный подход позволяет минимизировать время реакции и

повысить эффективность тушения. Перемещение сетки осуществляется при помощи специально разработанного подъемного привода, который поднимает сетку на высоту 5 сантиметров от уровня жидкости в резервуаре. Высота подъема регулируется автоматически с помощью термопары, установленной в точке зацепления сетки и механизма подъема. Когда сетка достигает заданной высоты и начинается воздействие высокой температуры, краска на сетке начинает вспениваться. Тем самым происходит перекрытие доступа кислорода к очагу пожара, что способствует прекращению процесса горения. В случае отказа автоматической системы или при необходимости проведения профилактических работ или оперативных вмешательств, все действия по поднятию сетки и запуску системы могут быть выполнены дистанционно через специально разработанный пульт управления системой пожаротушения.

Общая концепция данной системы направлена на повышение эффективности пожаротушения за счет полной автоматизации процессов обнаружения возгорания, точного позиционирования огнетушащей сетки и своевременного запуска методов подслойного тушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малинин В.Р., Крутолапов А.С., Земцов А.Г. Способ тушения и противопожарной защиты// Патент РФ 2246976C2, 27.02.2004, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

2. Малашенко С.М. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Тушение пожаров в резервуарах с нефтепродуктами методом оперативной врезки в технологический трубопровод, — Минск, 2017, — «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь». 23с.

3. Некрасов, Д. А. Тушение пожаров в резервуарах / Д. А. Некрасов. — Текст: // Исследования молодых ученых : материалы LXVII Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2023 г.). — Казань : Молодой ученый, 2023. — С. 44-46. — URL: https://moluch.ru/conf/stud/archive/501/18186/.

4. Техническое состояние резервуарных парков Беларуси / Л.М. Спириденок, А.И. Бондарчук // Строительство. Прикладные науки. Инженерные сети. – 2013. – № 16. – С. 93-97.

УДК 614.842.61:629.33-83:621.355.7

А. Р. Фератов, О. В. Двоенко, М. М. Данилов, А. Н. Денисов, И. А. Нестеров
ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы
МЧС России»

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПОДАЧИ ВОДНОЙ СРЕДЫ В МЕТАСТАБИЛЬНОМ ФАЗОВОМ СОСТОЯНИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

В статье обоснована целесообразность применения перегретой воды под высоким давлением в метастабильном фазовом состоянии для подавления каскадного теплового разгона тяговых литий-ионных аккумуляторов электротранспорта. Рассмотрены физико-химические аспекты разрушения паровой пленки Лейденфроста и эффект объемного вскипания (флэшинга), обеспечивающие интенсивный отвод тепла из труднодоступных зон батарейных модулей. Предложена принципиальная техническая схема подачи огнетушащего вещества на базе автомобиля пожарного многофункционального.

Ключевые слова: электротранспорт, литий-ионный аккумулятор, тепловой разгон, пожаровзрывобезопасность, метастабильное фазовое состояние, перегретая вода, эффект Лейденфроста, автомобиль пожарный многофункциональный.

A. R. Feratov, O. V. Dvoenko, M. M. Danilov, A. N. Denisov, I. A. Nesterov

SUBSTANTIATION OF THE USE OF WATER SUPPLY EQUIPMENT IN A METASTABLE PHASE STATE TO ENSURE FIRE AND EXPLOSION SAFETY OF ELECTRIC VEHICLES

The article substantiates the feasibility of using high-pressure superheated water in a metastable phase state to suppress cascading thermal runaway of traction lithium-ion batteries in electric transport. The physicochemical mechanisms of breaking the Leidenfrost vapor barrier and the flashing effect, which provide intensive heat removal from hard-to-reach areas of battery packs, are considered. A schematic diagram of an extinguishing agent delivery system based on a multifunctional fire apparatus is proposed.

Keywords: electric transport, lithium-ion battery, thermal runaway, fire and explosion safety, metastable phase state, superheated water, Leidenfrost effect, multifunctional fire apparatus.

Интенсивная электрификация транспортного комплекса - от средств индивидуальной мобильности до городского пассажирского транспорта и легковых электромобилей - сформировала принципиально новые риски в области техносферной безопасности. Тяговые литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) обладают высокой удельной энергоемкостью, однако при нештатных

© Фератов А. Р., Двоенко О. В., Данилов М. М., Денисов А. Н., Нестеров И. А., 2026

режимах работы (короткое замыкание, механическая деформация, перезаряд) в них инициируется экзотермическая реакция - каскадный тепловой разгон (thermal runaway).

Пожары ЛИА характеризуются струйным истечением высокотемпературных газов (более 1000 °C), выбросом горящих фрагментов и токсичных веществ (HF, CO), а также генерацией горючих компонентов (H_2, CH_4, C_2H_4), создающих угрозу объемного взрыва в замкнутых объемах паркингов и тоннелей. Принципиальной особенностью процесса является разложение катодных материалов (NMC, NCA) с выделением кислорода, что делает процесс самоподдерживающимся без притока воздуха извне. В этой связи локализация и ликвидация таких пожаров возможны исключительно путем глубокого охлаждения ядра батареи ниже критической температуры экзотермических реакций (60–80 °C).

Проблематика традиционных способов охлаждения. Многочисленные исследования подтверждают, что вода остается единственным экономически доступным огнетушащим веществом (ОТВ) с необходимой теплоемкостью и теплотой парообразования. Однако стандартная тактика подразделений пожарной охраны, основанная на подаче воды ручными стволами (РСК-50, РСКУ-50) или воздушно-механической пены, сталкивается с критическими ограничениями:

1. Герметичность корпуса тяговой батареи, расположенной в днище электромобиля, исключает прямое попадание струи в очаг. Вода омывает внешний металлический кожух, практически не отводя тепло от горящих модулей.

2. Развитие температурного барьера Лейденфроста. При контакте компактных или грубодисперсных капель воды с поверхностями ячеек, нагретыми свыше 300–400 °C, происходит мгновенное образование устойчивой паровой прослойки. Паровая пленка обладает низкой теплопроводностью, капли скатываются с поверхности без фазового перехода, а коэффициент теплоотдачи падает в десятки раз.

3. Следствием этого является затяжное тушение (требующее от 10 до 30 тонн воды) и возникновение повторных воспламенений (re-ignition) в 40–60 % случаев спустя десятки минут после ликвидации открытого пламени.

Зарубежные методы реагирования, такие как погружение автомобиля в стальные контейнеры с водой или механический прокол корпуса специальными копьями (Löschlanze), тактически неприменимы в подземных паркингах или несут прямую угрозу поражения ствольщика электрическим током высокого напряжения. Таким образом, возникает необходимость применения ОТВ с принципиально иными термодинамическими характеристиками.

Физические основы применения воды в метастабильном фазовом состоянии. Перспективным решением задачи преодоления парового барьера и проникновения в труднодоступные объемы является использование перегретой воды, находящейся в метастабильном фазовом состоянии.

Метастабильное состояние достигается путем нагрева воды под высоким избыточным давлением до температуры T≈250–300 °C с последующим резким адиабатическим сбросом давления до атмосферного при истечении через сопловой насадок. При температуре 300 °C давление насыщенного пара воды составляет Рнп≈8,6 МПа. Поддержание в магистрали рабочего давления на уровне 9,0–12,0 МПа исключает преждевременное парообразование внутри гидравлического тракта.

При выходе из сопла перегретая жидкость мгновенно попадает в неравновесные термодинамические условия (P = 0,1 МПа), где ее температура существенно превышает температуру кипения. В микрообъеме струи происходит взрывное объемное вскипание. Данный процесс обеспечивает комплекс преимуществ:

- Самодиспергирование струи: за счет энергии расширяющегося пара водяной поток дробится на ультрадисперсные капли размером менее 10–30 \text{мкм} без потребности во внешнем компрессоре сжатого воздуха;
- Разрушение барьера Лейденфроста: высокоскоростной двухфазный поток обладает высокой кинетической энергией, а микрокавитационные гидродинамические эффекты динамически срывают паровую пленку с перегретой поверхности ячейки, восстанавливая режим непосредственного смачивания и форсированного конвективно-испарительного теплосъема;
- Проникающая способность: благодаря ультрамалому размеру капель и высокой турбулентности газопаровой факел за счет диффузии и аэродинамических завихрений проникает в технологические зазоры аккумуляторного отсека, узкие щели между цилиндрическими (18650, 21700) или призматическими ячейками, охлаждая непосредственно внутреннее ядро батареи.

Техническая реализация на базе пожарного автомобиля. Практическая реализация разработанного метода возможна при оснащении автомобиля пожарного многофункционального (АПМ) специализированной установкой генерации температурно-активированной воды.

Принципиальная технологическая схема включает:

- насосный агрегат высокого давления (рабочее давление 10–12 МПа, подача до 2–л/с);
- автономный теплообменный блок проточного типа (мощностью 1,2–1,5 МВт), оснащенный жидкотопливной горелкой с автоматической модуляцией мощности в зависимости от расхода воды;
- высокотемпературные теплоизолированные рукавные линии с металлокордовым армированием;
- ствол-распылитель с соплом Лаваля, профилированным для оптимизации зоны фазового перехода непосредственно на срезе насадка.

Установка позволяет гибко варьировать режимы подачи, формировать компактную струю метастабильной среды с высокой кинетической энергией для подачи под днище автомобиля или создавать широкую объемную завесу для

экранирования теплового излучения и сорбции водорастворимых токсичных газов (включая фтороводород HF).

Применение средств подачи водной среды в метастабильном фазовом состоянии открывает новое научно-техническое направление в обеспечении пожаровзрывобезопасности электротранспорта. Переход к температурной активации воды и контролируемому взрывному вскипанию позволяет:

1. Ликвидировать эффект Лейденфроста на поверхностях перегретых ячеек ЛИА, многократно интенсифицируя отвод тепла.

2. Обеспечить доставку охлаждающей среды в труднодоступные внутренние зоны аккумуляторных модулей без необходимости механического вскрытия корпусов.

3. Снизить суммарный расход огнетушащей воды в 3–5 раз, минимизируя объемы токсичных стоков в окружающую среду и исключая вероятность повторного воспламенения.

Интеграция подобных систем в состав вооружения многофункциональных пожарных автомобилей существенно расширит тактические возможности пожарно-спасательных подразделений МЧС России при реагировании на инциденты с современными электромобилями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двоенко, О. В. Тушение пожаров электротранспорта, использующего литий-ионные аккумуляторные батареи: проблемы и практики борьбы с ними / О. В. Двоенко, Д. А. Кучмасов, А. Р. Фератов // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : Материалы X международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 18–19 марта 2026 года. – Москва: Академия государственной противопожарной службы, 2026. – С. 139-143. – EDN UCTIRZ.

2. Орешков, С. В. Управление действиями пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров электромобилей: анализ международной практики / С. В. Орешков, А. Н. Денисов, М. М. Данилов // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2026. – № 15. – С. 73-77. – EDN SNIHCG.

3. Данилов, М. М. Решение задачи управления составом оперативного штаба на месте пожара в подземных сооружениях / М. М. Данилов, А. Н. Денисов, П. С. Королев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 3(48). – С. 28-35. – EDN TIKFUJ.

4. Двоенко, О. В. Тушение пожаров электротранспорта, использующего литий-ионные аккумуляторные батареи: проблемы и практики борьбы с ними / О. В. Двоенко, Д. А. Кучмасов, А. Р. Фератов // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : Материалы X международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 18–19 марта 2026 года. – Москва: Академия государственной противопожарной службы, 2026. – С. 139-143. – EDN UCTIRZ.

5. Кучмасов, Д. А. Особенности эксплуатации литий-ионных аккумуляторных батарей / Д. А. Кучмасов, О. В. Двоенко // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : Материалы IX международной научно-практической конференции. В 2-х

частях, Москва, 20 марта 2024 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. – С. 67-70. – EDN NFEHVY.

УДК: 614.84

А. Г. Фирсов, М. В. Загуменнова, В. И. Сибирко
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В статье рассмотрены важные аспекты обеспечения пожарной безопасности людей на транспорте, приведены результаты анализа пожаров и их социальных последствий, основные причины возникновения пожаров. Предлагается на основе искусственного интеллекта разработать цифровую систему управления пожарной безопасностью транспортного средства.

Ключевые слова: пожар, причина пожара, безопасность людей, пожарные риски, искусственный интеллект, цифровая система управления безопасностью, беспилотный транспорт.

A. G. Firsov, M. V. Zagumennova, V. I. Sibirko

DIGITAL FIRE SAFETY MANAGEMENT SYSTEM FOR VEHICLES BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The article examines important aspects of ensuring fire safety for people in transport, presents the results of an analysis of fires and their social consequences, and identifies the main causes of fires. It is proposed to develop a digital fire safety management system for vehicles based on artificial intelligence.

Key words: fire, cause of fire, public safety, fire risks, artificial intelligence, digital safety management system, autonomous transport.

Сегодня одним из массовых и соответственно популярных видов транспорта являются автомобили. Только количество легковых автомобилей в России увеличилось с 20,3 млн. ед. в 2000 г. до 53 млн. ед. в 2024 г., а количество грузовых автомобилей (включая пикапы и легковые фургоны) за этот же период времени выросло с 4,4 млн. ед. до 6,9 млн. ед. [9]. Современный автомобиль оснащен не только системой пассивной зашиты, но и различными инновационными системами активной защиты, которые обеспечивают безопасность людей при дорожно-транспортном происшествии, но не обеспечивают необходимую пожарную безопасность.

© Фирсов А. Г., Загуменнова М. В., Сибирко В. И., 2026

Современный автомобиль – это технически сложное устройство, характеризующееся повышенной пожарной опасностью. Основные пожароопасные элементы автомобиля: топливная система, система смазки узлов и агрегатов, высокий температурный потенциал отдельных частей двигателя, система электрического питания, расположенная по всему корпусу автомобиля, внутренняя горючая отделка салона и т.д. Использование в качестве топлива водорода и природного газа только усиливает потенциальную пожарную опасность автомобиля. Возникший в автомобиле пожар развивается молниеносно с выделением большого количества токсичных веществ. По оценкам специалистов опасные факторы пожара достигают своих критических значений для жизни и здоровья человека уже через 90 с после его возникновения.

На рис. 1 представлена динамика пожаров и их социальных последствий на транспортных средствах, зафиксированных на территории России за период 2020-2025 гг. [6].

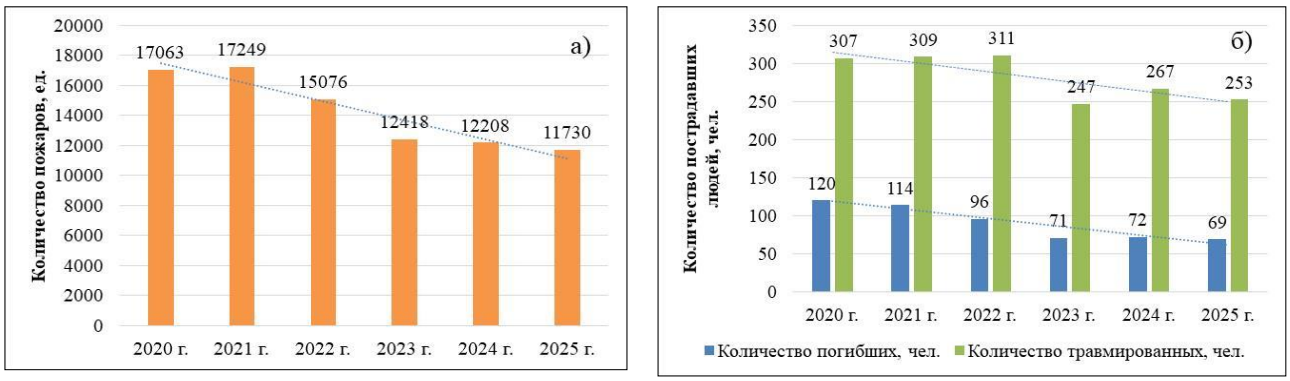


Рис. 1. Динамика количества пожаров (а) и пострадавших людей при пожарах (б) на транспортных средствах за 2020-2025 гг.

Из графиков видно, что количество пожаров и пострадавших при них людей на транспортных средствах имеют четкую тенденцию снижения числовых значений. Однако учету в МЧС России подлежат только те пожары, при которых транспортное средство не являлось участником дорожного движения. Это различные парковки, гаражные боксы, автосервисы и ремонтные мастерские, заправочные станции, склады и офисы продаж и т.п.

Основные причины пожаров транспортных средств: нарушение правил устройства и эксплуатации (далее – НПУиЭ) систем электрооборудования – 37,3 % и прочие причины пожаров – 37,4 %. К прочим причинам, как правило, относятся: поджог, неосторожное обращение с огнем, нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых и сварочных работ, самовозгорание веществ и материалов, грозовые разряды и статическое электричество и др. Минимальное количество пожаров на транспортных средствах регистрируется по причине НПУиЭ газобаллонного оборудования –

1,0 %. Однако таких транспортных средств не много. Долевое распределение количества пожаров по причинам их возникновения за 2023-2025 гг. приведено на рис. 2.

Анализ статистических данных показывает, что 37,3 % людей погибают и 55,7 % людей получают травмы при пожарах на транспортных средствах из-за НПУиЭ транспортных средств, НПУиЭ электрооборудования и газобаллонного оборудования. Т.е. люди погибают и получают травмы при пожаре из-за несовершенства, недостаточности или отсутствия специальных средств защиты от пожара.

Исходя из того, что транспортное средство представляет собой сложное техническое и, как показал статистический анализ, пожароопасное устройство к нему предъявляются соответствующие требования пожарной безопасности.

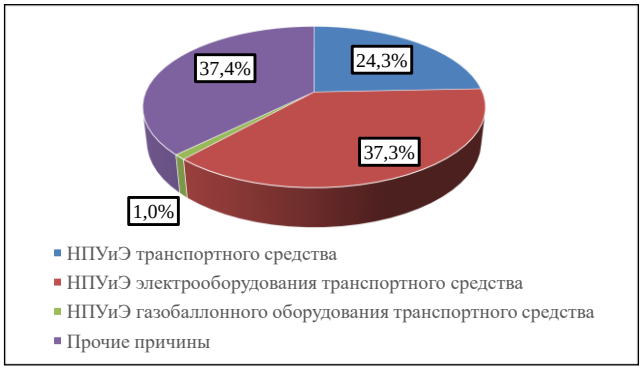


Рис. 2. Долевое соотношение основных причин пожаров на транспортных средствах в Российской Федерации за 2023-2025 гг.

Это конструктивные требования, реализующиеся еще при проектировании транспортного средства с целью минимизации возникновения пожара и обеспечения своевременной эвакуации пассажиров. Например, требования к размещению топливного бака (газового баллона), прокладыванию электропроводки и др. пожароопасным агрегатам [10]. Эксплуатационная группа требований устанавливает правила соблюдения требований пожарной безопасности в процессе эксплуатации транспортного средства с целью обеспечения профилактики возникновения пожара [7]. Например, требования к хранению канистры с бензином, использованной ветоши, отогреву двигателя в зимнее время и т.д. Что касается средств обнаружения и тушения пожара, то они представлены только наличием огнетушителя. Перечисленные выше меры пожарной безопасности как конструктивного и эксплуатационного характера, так и тушения пожара были разработаны еще в 70-80-х годах прошлого столетия. Таким образом, несмотря на внедрение новых современных систем безопасности в транспортные средства – система обеспечения пожарной безопасности практически не изменилась.

Создание и развитие транспорта, работающего от электрической батареи породило новые проблемы в обеспечении пожарной безопасности уже «батарейного» транспорта [1, 2]. На сегодняшний день нет эффективного метода тушения пожара на электрическом транспорте. В основном здесь

действуют требования эксплуатационного характера: размещение подобного транспортного средства на отдельной площадке удаленной от др. транспорта, требования к заправочным электрическим станциям и т.п. А тушение заключается только в процессе охлаждения литий-ионной аккумуляторной батареи [4].

По мнению авторов для обеспечения пожарной безопасности на транспортных средствах и, в частности, на автомобильном транспорте необходимо внедрять средства искусственного интеллекта (далее – ИИ) и интегрировать их в уже существующие системы мониторинга параметров транспортного средства. На первом этапе необходимо разработать автоматическую систему обнаружения пожара. Для этого можно использовать существующие умные электронные дымовые и температурные пожарные датчики, а также видеокамеры, оснащенные средствами ИИ. Они должны быть установлены в 3-х зонах транспортного средства: подкапотное пространство, багажное отделение и салон где находятся люди. Алгоритмы действий, заложенные в систему, позволят исключить ложные срабатывания датчиков, а в дальнейшем провести самообучение системы. Проверенный ИИ сигнал о пожарной опасности должен иметь соответствующую звуковую и цветовую индикацию сигнала на дисплее водителя.

Следующий этап обеспечения пожарной безопасности транспортного средства – это разработка автоматической системы тушения пожара. Для этого необходимо осуществить оптимальный подбор огнетушащего вещества в зависимости от места возникновения пожара и разработать устройство его подачи. На рынке уже представлены отдельные автономные системы тушения пожара в отсеке с двигателем внутреннего сгорания для различных типов грузовых транспортных средств. В качестве огнетушащего вещества можно использовать следующие виды огнетушащих средств: порошок, газ, аэрозоль.

Объединение систем обнаружения и тушения пожара на транспортном средстве в единую логически связанную между собой структуру под управлением ИИ обеспечит не только своевременную и быструю эвакуацию людей, но и эффективное тушение пожара в конкретной зоне транспортного средства. Данная цифровая система управления безопасностью транспортного средства может быть подключена к более высокому уровню системы управления транспортом в масштабах города или области. Что позволит производить обмен данными между системами безопасности транспорта, быстро реагировать на изменение дорожной ситуации, производить необходимое самообучение системы и осуществлять автоматический вызов необходимых экстренных служб.

Как уже отмечалось выше дальнейшее развитие транспорта связано с использованием в качестве «топлива» накопленной электрической энергии (литий-ионная батарея). Это в свою очередь накладывает дополнительные проблемы в обеспечении пожарной безопасности транспортных средств. Современные литий-ионные батареи при неправильной эксплуатации могут быть источником возникновения пожара, который потушить практически

невозможно и транспортное средство выгорает полностью за очень короткий период времени [3]. Существуют различные методики охлаждения электрической батареи, но в итоге пока эффективного средства тушения – нет. Однако прогресс не стоит на месте и последние несколько лет проводятся глубокие исследования по обеспечению безопасности данного вида электрической энергии. Результаты совместных исследований ученых из КНР и США привели к созданию практически негорючего электролита в аккумуляторе. В качестве заменителя опасного электролита инженеры использовали применяемую в современных огнетушителях модифицированную жидкость Novec 7300 [5]. Российскими учеными также осуществляются аналогичные исследования в данном направлении. Ими на основе квазитвердых составов разработан заменитель жидкому и опасному электролиту, его внедрение запланировано на 2028 г. Причем удельная энергия новой электрической батареи выше, чем у эксплуатируемых сегодня промышленных образцов [8]. Так что со временем данная проблема будет решена и, следовательно, увеличится пожарная безопасность транспортных средств. Интеграция вышеперечисленных новых технологий в транспортную систему позволит в целом снизить возможные риски гибели и травмирования людей при пожаре до допустимых нормативных значений 10^{-6}.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. National Transportation Safety Board. Safety Risks to Emergency Responders from Lithium-Ion Battery Fires in Electric Vehicles: Safety Report NTSB/SR-20/01. Washington, DC, 2020. 69 p. https://www.ntsb.gov/safety/safety-studies/Documents/SR2001.pdf

2. Sun P., Bisschop R., Niu H., Huang X. A Review of Battery Fires in Electric Vehicles // Fire Technology. 2020. Vol. 56, №. 4. P. 1361-1410. https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3. EDN CQOTOS.

3. Tang W., Yuan L., Thomas R., Soles J. Comparison of fire suppression techniques on lithium-ion battery pack fires // Mining, Metallurgy & Exploration. 2023. Vol. 40, №. 4. Pp. 1081-1087. https://doi.org/10.1007/s42461-023-00765-7. EDN XTQUZZ.

4. Yuan S., Chang C., Yan S., Zhou P., Qian X., Yuan M., Liu K. A review of fire-extinguishing agent on suppressing lithium-ion batteries fire // Journal of Energy Chemistry. 2021. Vol. 62. Pp. 262-280. https://doi.org/10.1016/j.jechem.2021.03.031. EDN XYRMQY.

5. Главная проблема литиевых батарей решена. Созданы аккумуляторы, которые не взрываются и не горят – Cnews URL: https://www.cnews.ru/news/top/2024-02-07_glavnaya_problema_litievyh?ysclid= msnk3digrr612548478 (дата обращения – 10.08.026).

6. Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2026. 113 с. URL: https://www.vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki-danny/federalnyy-bank-dannykh-pozhary/ (дата обращения – 10.08.2026).

7. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (ред. от 03.02.2025) «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» \

КонсультантПлюс URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263/?ysclid=msghhemcl1928026194 (дата обращения – 5.08.2026).

8. Российские ученые создали негорючие твердотельные батареи: старт производства в 2028 году / Mr.Android – эксперт по гаджетам / Дзен URL: https://dzen.ru/a/ai5zkuOyMHI-APWw?ysclid=msnkiw7vfk352518732 (дата обращения – 10.08.026).

9. Российский статистический ежегодник. 2025: Стат. сб/Росстат. – М., 2025, 621 с.

10. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств \ КонсультантПлюс URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114/9f7e66dde1901953a625a88fc9c775ff078a1c0c/ (дата обращения – 5.08.2026).

УДК 614.841.4

И. С. Фогилев, Е. А. Шухмин
ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России».

МЕТОДОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ЛУЧЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗАДЫМЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИЖС

Разработана методика натурных испытаний для оценки пропускной способности лазерного излучения четырёх спектральных диапазонов в условиях задымления объектов ИЖС. Основной результат – алгоритм эксперимента с контролируемой дымовой средой и регистрацией оптической плотности дыма и видимости проекции. Методика позволяет обоснованно выбирать спектр лазерного индикатора в автономных дымовых извещателях для повышения эффективности эвакуации.

Ключевые слова: методика, извещатель, лазер, проекция, дым.

I. S. Fogilev, E. A. Shukhmin

METHODOLOGY FOR PREPARING A FULL-SCALE EXPERIMENT TO ASSESS THE SPECTRAL TRANSMITTANCE OF LASER BEAMS UNDER SMOKE CONDITIONS IN INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION FACILITIES

A methodology for full-scale tests has been developed to assess the transmittance of laser radiation in four spectral ranges under smoke conditions typical of individual housing construction facilities. The main result is an experimental algorithm involving a controlled

© Фогилев И. С., Шухмин Е. А., 2026

smoke environment, registration of optical smoke density and projection visibility. The methodology enables a substantiated choice of the laser indicator spectrum in autonomous smoke detectors to improve evacuation efficiency.

Keywords: methodology, detector, laser, projection, smoke.

Автономные дымовые пожарные извещатели (далее - АДПИ) являются основным средством раннего обнаружения пожаров в жилом секторе [2]. В настоящее время их функциональность ограничена лишь звуковым оповещением. В условиях сильного задымления, особенно в ночное время, звук может не обеспечить своевременной реакции человека, особенно для лиц с нарушениями слуха или для спящих людей, что нередко приводит к гибели [3]. Перспективным направлением является оснащение АДПИ дополнительным визуальным индикатором – лазерным лучом, формирующим на полу или стене световое пятно, которое может указывать направление к выходу (безопасную зону) и служить ориентиром для спасателей.

Для практической реализации такого решения необходимо обоснованно выбрать длину волны лазера, обеспечивающую максимальную видимость проекции в дыму, типичном для горения древесины, пластиков и синтетических материалов, широко применяемых в отделке и меблировке жилых помещений. Теоретические модели (теория Ми) дают лишь качественные оценки, но не учитывают реальный дисперсный состав и концентрацию дыма при пожарах объектов ИЖС. В связи с этим, актуальной задачей является разработка корректной и воспроизводимой методики натурных испытаний, которая позволит объективно сравнивать поведение лазерных проекций разных спектров в контролируемой дымовой среде [4].

Цель и задачи исследования. Основная цель работы – создать научно обоснованную процедуру экспериментальной оценки пропускной способности лазерного излучения в условиях задымления, пригодную для применения в исследовательских и сертификационных целях. Для достижения цели решены следующие задачи: определены контролируемые параметры (оптическая плотность дыма, освещённость проекции, субъективная видимость) и критерии их регистрации; разработан двухэтапный порядок испытаний: калибровочный (в чистом воздухе) и основной (с нарастающей концентрацией дыма); выбрано и обосновано оборудование для создания двух типов дыма (тление древесины и пиролиз пластика) и для измерения оптических характеристик среды; сформулированы требования к метрологическому обеспечению для гарантии точности и сопоставимости данных [1, 4]; разработаны меры безопасности при работе с лазерами различных классов и токсичными продуктами горения; предложена форма представления данных, позволяющая единообразно обрабатывать результаты для разных спектров.

Объект, предмет и условия испытаний. Объектом исследования является процесс ослабления лазерного излучения при прохождении через слой дыма, моделирующего пожарную среду. Предмет – зависимость интенсивности проекции лазерного луча на горизонтальную поверхность от оптической

плотности дыма для четырёх фиксированных длин волн: красный (650 нм), зелёный (532 нм), синий (450 нм) и жёлтый (589 нм). Испытания проводятся в специализированной дымовой камере, представляющей собой модуль размерами 6×5×2,5 м (объём 60 м³), имитирующий типичное помещение индивидуального жилого дома [4]. Камера оборудована системой принудительной вентиляции с регулируемым режимом, позволяющей поддерживать заданную концентрацию дыма. Температура воздуха поддерживается в пределах 20±5 °C, относительная влажность – 40–60 %, что соответствует условиям эксплуатации АДПИ. Естественная вентиляция на время эксперимента отключается.

Материально-техническое обеспечение. Для создания дымовой среды используются два независимых генератора: термический генератор для имитации тления древесины (сухой сосны) и генератор для пиролиза полимеров (ПВХ-изоляции и полистирола) [5]. Это позволяет воспроизвести два наиболее характерных типа дыма для жилых зданий: богатый твёрдыми частицами (древесный) и содержащий продукты разложения синтетических материалов (пластиковый). В качестве средств измерения применяются: сертифицированный оптический дымомер с диапазоном 0–4 м$^{-1}$ для непрерывного контроля оптической плотности дыма; люксметр со спектральной коррекцией (погрешность ±3 %) для измерения освещённости в центре проекции на матовой мишени, расположенной на полу; высокочувствительная видеокамера для объективной фиксации момента исчезновения пятна (дублирующий метод); цифровой секундомер для синхронизации отсчётов. Все приборы имеют действующие свидетельства о поверке и внесены в Государственный реестр средств измерений, что обеспечивает метрологическую прослеживаемость [1].

Порядок проведения испытаний. Методика включает два последовательных этапа [4]. *Этап I – калибровочный (без задымления).* Четыре лазерных модуля монтируются в общем корпусе на штативе на высоте 2,2 м (имитация потолка) и направляются вертикально вниз на белую матовую мишень, размещённую на полу. Для каждого спектра измеряется начальная освещённость проекции на трёх фиксированных расстояниях (2, 4, 6 м) для учёта геометрического расхождения луча. Фиксируется диаметр и форма пятна. Полученные значения (E_0) заносятся в протокол как референтные для последующих расчётов относительной пропускной способности. *Этап II – основной (в условиях задымления).* Генератор дыма включается, создавая непрерывно нарастающую концентрацию. Каждые 30 секунд оператор с помощью дымомера фиксирует текущее значение оптической плотности α (м$^{-1}$). На каждой ступени плотности (с шагом 0,1–0,2 м$^{-1}$) поочерёдно включаются лазеры всех четырёх спектров, и для каждого измеряется освещённость E в центре проекции. Одновременно два независимых эксперта дают балльную оценку видимости пятна по 5-балльной шкале (от «отлично» до «не видно»). Эксперимент продолжается до тех пор, пока для всех спектров освещённость не упадёт до уровня фоновой засветки (менее 1 лк). Для каждого типа дыма

(древесный и пластиковый) серия повторяется не менее трёх раз для оценки воспроизводимости. Регистрируемые данные заносятся в заранее подготовленные таблицы, что стандартизирует процесс и исключает субъективизм.

Метрологическое обеспечение и обработка данных. Для каждого измеренного значения E рассчитывается относительная пропускная способность $T = E/E_0 \times 100$ %. Построение кривых $T(\alpha)$ для каждого спектра позволяет визуально сравнить скорость затухания. Для объективного сравнения вводится параметр «критическая плотность» – значение α, при котором T достигает заранее установленного порога (например, 30 % от начальной или уровень, при котором пятно перестаёт различаться невооружённым глазом по данным видеорегистрации). Однако в рамках данной методики пороговые значения не назначаются априорно, а определяются в процессе обработки опытных данных [4]. Статистическая обработка включает расчёт средних значений по сериям, оценку доверительных интервалов и проверку нормальности распределения. Все вычисления выполняются с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Меры безопасности. При работе с лазерным излучением (особенно зелёным и синим, которые могут иметь высокую мощность) все участники обязаны использовать защитные очки с универсальным спектральным поглощением в диапазоне 400–700 нм (OD 4+) [5]. Запрещается направлять лазеры на зеркальные и полированные поверхности. Зона испытаний ограждается светоотражающими барьерами и знаками предупреждения. Работа с дымогенераторами ведётся только при включённой принудительной вытяжке; при достижении оптической плотности дыма более 2,5 $м^{-1}$ эксперимент автоматически приостанавливается, а персонал использует средства индивидуальной защиты органов дыхания (фильтрующие противогазы). Предусмотрен аварийный режим вентиляции для быстрого удаления дыма после завершения серии.

Практическая значимость разработанной методики. Предложенный алгоритм испытаний является универсальным и может быть адаптирован для любых типов помещений (общественные здания, производственные цеха) и любых видов горючих материалов. Его применение позволит: производителям пожарной сигнализации – получить достоверные данные для обоснованного выбора спектра лазерного модуля при проектировании новых моделей АДПИ; органам сертификации – использовать единую процедуру для сравнительных испытаний разных изделий [1]; научным коллективам – воспроизводить эксперименты и сопоставлять результаты, накапливая базу данных о спектральной прозрачности различных типов дыма. Кроме того, методика закладывает основу для последующей разработки нормативных требований к визуальным индикаторам в составе пожарных извещателей [2], что на сегодняшний день в российской практике отсутствует.

Выводы

В статье представлена детализированная программа натурного эксперимента, охватывающая все ключевые аспекты – от подготовки оборудования до фиксации и обработки данных [4]. Отличительной особенностью методики является одновременное использование четырёх спектральных каналов в идентичных условиях, что исключает влияние временной нестабильности дыма на сравнительные результаты. Чёткая регламентация всех этапов и метрологическое обеспечение гарантируют воспроизводимость и объективность. Внедрение разработанной процедуры в практику испытательных лабораторий позволит систематизировать исследования в области лазерной индикации пожарной опасности и в перспективе повысить эффективность эвакуации людей из задымлённых зданий [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53325-2022. Техника пожарная. Извещатели пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. – М. : Стандартинформ, 2022. – 68 с.

2. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования. – М. : МЧС России, 2020. – 112 с.

3. Фогилев И.С., Шухмин Е.А. Проблематика гибели людей в зданиях жилого назначения // В сборнике: Системы Безопасности – 2025 №1. Тридцать четвёртой международной научно – технической конференции: материалы. Москва Академия МЧС России, 2025. С. 362 – 367.

4. Программа и методика проведения экспериментальных исследований по определению пропускной способности лазерного луча с различными длинами волн в условиях задымления объектов ИЖС. – М. : АГПС МЧС России, 2026. – 12 с.

5. Руководство по эксплуатации генераторов дыма и лазерных модулей (заводские паспорта). – М. : ООО «Пожтехника», 2025. – 24 с

УДК 614.841.4:669

Ю. В. Фокина, П. В. Чистов
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ГОРЕНИЕ И ТУШЕНИЕ МЕТАЛЛОВ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье рассмотрены физико-химические закономерности горения металлов и металлосодержащих соединений (пожары класса D по классификации ФЗ-123 и ГОСТ 27331-87) и показано, что специфика этого класса пожаров определяет

© Фокина Ю. В., Чистов П. В., 2026

требования к современным пожаробезопасным материалам: огнетушащим порошкам специального назначения, инертным сыпучим и огнезащитным составам. Систематизированы механизмы действия огнетушащих материалов при тушении металлов и сформулированы направления развития пожаробезопасных материалов в условиях роста применения литий-ионных источников энергии и дисперсных металлов.

Ключевые слова: горение металлов, пожар класса D, огнетушащие порошки специального назначения, ингибирование, изоляция очага, огнезащитные покрытия, конструктивная огнезащита, пожаробезопасные материалы.

Y. V. Fokina, P. V. Chistov

COMBUSTION AND EXTINGUISHING OF METALS AS A SCIENTIFIC BASIS FOR DEVELOPING MODERN FIRE-SAFE MATERIALS

The paper considers physicochemical regularities of combustion of metals and metal-containing compounds (class D fires according to Federal Law No. 123 and GOST 27331-87) and shows that the specifics of this class of fires determine the requirements for modern fire-safe materials: special-purpose extinguishing powders, inert bulk materials and fire-retardant compositions. The mechanisms of extinguishing agents action in metal fires are systematized, and directions for the development of fire-safe materials are formulated in the context of the growing use of lithium-ion energy sources and dispersed metals.

Key words: combustion of metals, class D fire, special-purpose extinguishing powders, inhibition, source isolation, fire-retardant coatings, structural fire protection, fire-safe materials.

Введение

Металлы в монолитном виде традиционно относят к негорючим материалам (НГ), однако в дисперсном состоянии — порошки, стружка, пудра, расплавы — они становятся одними из наиболее опасных горючих веществ: температура пламени при горении металлов достигает 2200–3000 °С, а щелочные металлы способны самовозгораться при контакте с воздухом и водой. Развитие порошковой металлургии, аддитивных технологий, авиа- и машиностроения на основе магниевых и титановых сплавов, а также массовое распространение литий-ионных аккумуляторов делают пожары класса D всё более значимым вызовом.

Для тематики конференции принципиально, что специфика горения металлов формирует особые требования к самим материалам защиты: универсальные огнетушащие составы (вода, пена, диоксид углерода) с горящими активными металлами либо несовместимы, либо вступают с ними в опасные реакции. Это определяет необходимость разработки целевых огнетушащих составов, инертных изолирующих материалов и огнезащитных систем для металлоконструкций, работоспособных в экстремальных температурных условиях.

1. Классификация и особенности горения металлов

В соответствии со статьёй 8 Федерального закона № 123-ФЗ и ГОСТ 27331-87 горение металлов отнесено к классу D с подразделением на подклассы: D1 — лёгкие металлы и их сплавы (алюминий, магний, титан); средства тушения — порошки типа ПХК, азот, аргон; D2 — щелочные и подобные им металлы (натрий, калий, литий); средства — порошки специального назначения, инертные газы; D3 — металлосодержащие соединения (гидриды, металлорганические соединения); средства — порошки специального назначения, а для растворов с содержанием металла до 60 % — также пены и газовые составы.

Ключевые особенности горения металлов, определяющие требования к защитным материалам: экстремальная температура пламени — 2200–3000 °C при горении металлов подкласса D1, что предъявляет повышенные требования к термостойкости материалов огнезащиты и средств тушения; химическая активность по отношению к огнетушащим веществам — контакт натрия или лития с водой и пеной сопровождается выделением взрывоопасного водорода и взрывом, углекислый газ и хладоны разлагаются горящими щелочными металлами, универсальные порошки на основе фосфорно-аммонийных солей при контакте с раскалённым магнием способны давать вспышку; критическая роль дисперсности — алюминиевая пудра образует взрывоопасные аэровзвеси, а металлическая пыль резко ускоряет распространение горения; способность поддерживать горение при ограниченном доступе кислорода и разрушать изолирующий слой с образованием диффузионных каналов, что требует повторной засыпки очага до создания сплошного слоя.

2. Огнетушащие материалы для пожаров класса D

2.1. Порошки специального назначения. Основной класс материалов для тушения пожаров класса D — огнетушащие порошки специального назначения (ОПСН). Их механизм действия отличается от порошков общего назначения: если при объёмном тушении обычных горючих порошки работают преимущественно как ингибиторы пламени, то при тушении металлов решающим становится изоляционный эффект — создание на поверхности очага сплошного слоя, прерывающего диффузию кислорода и цепную реакцию окисления.

Научной основой создания таких составов служат ряды ингибирующей и теплофизической эффективности солей: по ингибирующей активности галогениды щелочных металлов располагаются в порядке LiF > LiCl > NaF > KF > NaCl > KI > NaI > NaBr > KCl, что объясняет выбор хлоридов натрия и калия в качестве основы порошков класса D. В российской практике основным составом для D1 является порошок ПХК на основе хлорида калия (огнетушащая способность не более 12 кг/м²), в зарубежной — аналоги на основе хлорида натрия (Lith-Met-X, Ansul D, Amerex); для подклассов D2 и D3 применяются составы типа «Вексон D2/D3».

Существенным ограничением сухих материалов остаётся низкая охлаждающая способность: реальный охлаждающий эффект порошкового облака составляет не более 10–20 % теплосодержания очага, что создаёт опасность повторных вспышек от раскалённых конструкций. Отсюда следует тактический приём комбинированного тушения — засыпка очага D-порошком при охлаждении прилегающих конструкций водой по периметру, без прямого контакта с расплавом.

2.2. Жидкие огнетушащие материалы для литиевых источников энергии. Наиболее динамичное направление разработки пожаробезопасных материалов — жидкие составы для горящего лития. Современные реагенты объединяют три фактора воздействия: теплоотвод, прекращение доступа кислорода и химическую пассивацию металла; в лабораторных условиях такие составы тушат даже натрий — металл, более активный, чем литий. Принципиальное преимущество жидкой формы — проникновение внутрь корпуса горящей батареи и блокирование горения отдельных ячеек, чего порошковая засыпка обеспечить не может.

2.3. Инертные сыпучие и газовые материалы. Для щелочных металлов исторически применяются инертные сыпучие материалы — сухой песок, графитовые порошки, флюсы; для подклассов D1 и D2 применимы азот и аргон, однако газовые составы эффективны только в газоплотном оборудовании. Для стационарной защиты помещений с возможным пожаром класса D1 используются модули порошкового пожаротушения с ПХК во взрывозащищённом исполнении.

3. Огнезащитные материалы для металлоконструкций

Специфика горения металлов определяет и другой класс пожаробезопасных материалов — огнезащиту стальных конструкций, работоспособную при температурах пожаров класса D и стандартных температурных режимах. Критическая температура стали принимается равной 500 °C, а огнезащитная эффективность состава по ГОСТ Р 53295-2009 определяется временем прогрева образца до этой отметки с разделением на 7 групп — от не менее 15 до не менее 150 мин.

Современная номенклатура материалов огнезащиты включает: тонкослойные вспучивающиеся покрытия (огнезащитные краски), действие которых основано на многократном увеличении толщины слоя при нагреве с образованием теплоизоляционного кокса; штукатурные (толстослойные) составы и напыляемые изоляции, не изменяющие толщину слоя при тепловом воздействии; плитную и листовую конструктивную огнезащиту, в том числе на каркасе с воздушными прослойками; комбинированные системы, сочетающие конструктивную огнезащиту со вспучивающимися покрытиями для достижения пределов R 90–R 150.

Нормативные требования СП 2.13130.2020 ограничивают применение вспучивающихся покрытий: в зданиях I и II степеней огнестойкости они допускаются только для стальных конструкций с приведённой толщиной

металла не менее 5,8 мм, а в несущих конструкциях противопожарных стен и перекрытий 1-го типа не допускаются вовсе — что отражает наработанную практикой оценку надёжности материалов в реальном пожаре. Сама огнезащита должна применяться по проекту с учётом способа нанесения и режима эксплуатации, а контроль состояния покрытия — оставаться возможным в течение всего срока службы.

4. Нормативные пробелы и направления развития материалов

Нормативную основу составляют ФЗ-123, ГОСТ 27331-87, требования к огнетушителям (ГОСТ 34634-2020, ГОСТ Р 51057-2001) и к средствам огнезащиты (ГОСТ Р 53295-2009). При этом в отечественной практике до настоящего времени отсутствуют методы огневых испытаний передвижных огнетушителей с зарядом ОПСН по модельным очагам класса D — пробел, для устранения которого предложен метод определения огнетушащей способности порошков специального назначения, применяемый в странах ЕАЭС и за рубежом.

Перспективные направления создания новых пожаробезопасных материалов для работы с металлами: комбинированные ОПСН с добавками, обеспечивающими одновременно изоляцию и химическую пассивацию горящего металла; жидкие и гелевые составы для литиевых батарей с функцией внутриячеевого блокирования горения; огнестойкие кабельные линии и материалы кабельных проходок, сохраняющие работоспособность в условиях сверхвысоких температур пожаров класса D (требование статьи 82 ФЗ-123); огнезащитные системы для конструкций цехов порошковой металлургии и накопителей энергии, сочетающие конструктивную и вспучивающуюся защиту.

Заключение

Горение металлов — особый класс пожарной опасности, который задаёт специфические требования ко всему спектру пожаробезопасных материалов: от огнетушащих порошков специального назначения с механизмами изоляции и ингибирования до огнезащитных покрытий и конструктивных систем, работоспособных при температурах 2200–3000 °C. Рост применения дисперсных металлов и литиевых источников энергии делает разработку целевых огнетушащих и огнезащитных материалов одним из приоритетных направлений обеспечения пожарной безопасности промышленности и городской инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Собрание законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. 1). — Ст. 3579.

2. ГОСТ 27331-87. Пожарная техника. Классификация пожаров. — М.: Стандартинформ, 2008.

3. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. — М.: Стандартинформ, 2010.

4. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изм. № 1). — М.: МЧС России, 2021.

5. ГОСТ 34634-2020. Огнетушители переносные и передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний. — М.: Стандартинформ, 2021; ГОСТ Р 51057-2001. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. — М.: Стандартинформ, 2001.

УДК 614.842

В. А. Фомина, И. Н. Субботкина, И. В. Некрасова, А. А. Елизарова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ГПН В 2025 ГОДУ

В статье представлен обзор ключевых итогов работы федерального государственного пожарного надзора за 2025 год. Проанализировано количество проведенных контрольных мероприятий, выявленных нарушений требований пожарной безопасности, административно-правовая деятельность и развитие риск-ориентированного подхода. Особое внимание уделено роли профилактической работы в условиях сокращения плановых проверок. Также выделены наиболее часто встречающиеся группы нарушений и рассмотрены изменения в нормативном регулировании надзорной деятельности, произошедшие в 2025 году. На основании сравнения показателей за 2024 и 2025 годы сделаны выводы о трансформации модели государственного пожарного надзора и предложены пути ее дальнейшего улучшения.

Ключевые слова: пожарная безопасность, сухопутный транспорт, автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт, судебная практика, технический регламент, превентивные меры.

V. A. Fomina, I. N. Subbotkina, I.V. Nekrasova, A. A. Elizarova

MAIN RESULTS OF THE SUPERVISORY ACTIVITY OF THE GPN BODIES IN 2025

The article examines the main results of federal state fire supervision in 2025. The number of control (supervisory) measures, identified violations of mandatory fire safety requirements, administrative enforcement activities and the development of a risk-based approach are analyzed. The role of preventive activities under restrictions on scheduled inspections is considered. The most common groups of violations and changes in the regulatory framework of fire supervision in 2025 are identified. Based on a comparison of

© Фомина В. А., Субботкина И. Н., Некрасова И. В., Елизарова А. А., 2026

the 2024 and 2025 indicators, conclusions are drawn about the transformation of the state fire supervision model and directions for its further improvement are proposed.

Keywords: state fire supervision, fire safety, control measures, prevention, risk-based approach, administrative liability, fire safety violations.

Защита от пожаров занимает важное место в государственной политике России. Согласно Федеральному закону от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», государственный пожарный надзор следит за соблюдением обязательных требований в этой области, предотвращает и пресекает нарушения, а также снижает риск вреда жизни, здоровью, имуществу людей и организаций, а также государственным и общественным интересам [1]. Сегодня работа органов ГПН направлена на риск-ориентированный и профилактический контроль, который предполагает, что меры надзора зависят от уровня потенциальной опасности объекта. [1, 8, 9]

По итогам анализа деятельности федерального государственного пожарного надзора за 2025 год выявлено значительное изменение структуры контрольных мероприятий. На территории России к концу отчетного периода насчитывалось 2 059 244 объекта, подлежащих защите. Среди них было 6 090 объектов с чрезвычайно высоким, 189 639 объектов с высоким, 632 679 объектов со значительным, 314 167 объектов со средним, 769 701 объект с умеренным и 119 968 объектов с низким уровнем риска. Это распределение подчеркивает важность индивидуального подхода к проведению надзорных мероприятий. [2, 8, 9]

В 2025 году планировалось провести 29 573 плановых контрольных (надзорных) мероприятий, однако фактически было осуществлено лишь 6 471, что значительно меньше запланированного. Для сравнения, в 2024 году было проведено 12 346 плановых мероприятий. В то же время количество внеплановых мероприятий значительно возросло: в 2025 году их число достигло 63 378, тогда как в предыдущем году оно составляло 31 061. [2, 18]

Таким образом, общее количество плановых и внеплановых мероприятий увеличилось с 43 407 в 2024 году до 69 849 в 2025 году, что составляет приблизительно 60,9 %. [2, 18]

Анализ этих данных показывает, что структура надзорной деятельности претерпела изменения. В 2024 году доля плановых мероприятий в общем объеме контрольных мероприятий составляла около 28,4 %, тогда как в 2025 году она снизилась до 9,3 %. Это означает, что основная нагрузка пришлась на внеплановые мероприятия. [2, 18]

Данная тенденция должна рассматриваться в контексте ограничений на проведение плановых проверок, действовавших в 2025 году, а также развития механизмов риск-ориентированного государственного контроля. В результате органы ГПН были вынуждены более точно определять основания для вмешательства и сосредоточивать ресурсы на ситуациях, где имеются признаки повышенного риска причинения вреда. [8, 9]

По итогам плановых КНМ в 2025 году выявлено 94 956 нарушений требований пожарной безопасности, по итогам внеплановых — 128 607 нарушений. Совокупное количество выявленных нарушений составило 223 563. Для сравнения, в 2024 году было выявлено 262 574 нарушения. Таким образом, при одновременном увеличении общего количества КНМ примерно на 60,9 % число выявленных нарушений уменьшилось приблизительно на 14,9 %. Среднее количество выявленных нарушений в расчете на одно КНМ также снизилось: с примерно 6,05 нарушения в 2024 году до 3,20 нарушения в 2025 году. Данный показатель нельзя рассматривать как самостоятельную оценку эффективности надзора, однако он свидетельствует о необходимости перехода от количественного учета выявленных нарушений к оценке фактического снижения риска причинения вреда. [2, 18]

Анализ выявленных нарушений демонстрирует, что ключевыми проблемами остаются использование систем противопожарной защиты и обеспечение безопасности людей. В 2025 году было зафиксировано 72 529 случаев нарушений, связанных с эксплуатацией систем противопожарной защиты, и 48 917 случаев нарушений в области обеспечения безопасности людей [2]. Это свидетельствует о том, что техническое состояние систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией, а также организация безопасной эвакуации людей остаются важными аспектами. В то же время результаты надзорной деятельности показывают, что наличие противопожарных систем формально не гарантирует необходимый уровень безопасности: решающее значение имеют их исправность, техническое обслуживание и соответствие реальным условиям эксплуатации объекта.

В 2025 году значительное внимание уделялось совершенствованию профилактических мер, принимаемых органами ГПН. В рамках программы профилактики рисков на 2025 год были предусмотрены такие меры, как информирование населения, консультирование, вынесение предостережений, проведение профилактических визитов и анализ правоприменительной практики [3]. Профилактическая стратегия направлена на устранение причин, приводящих к нарушению обязательных требований, до того, как наступят негативные последствия. Таким образом, эффективность работы ГПН следует оценивать не только по количеству проведенных контрольно-надзорных мероприятий и составленных протоколов, но и по её способности предотвращать пожары и снижать тяжесть их последствий.

Переход к профилактической модели не предполагает отказа от административного принуждения. В 2025 году было возбуждено 87 202 дела об административных правонарушениях в области пожарной безопасности. Государственные инспекторы по пожарному надзору назначили 31 759 штрафов, а 56 692 нарушителя получили предупреждения [2]. Эти данные свидетельствуют о сохранении значительного объема административно-правовой деятельности, но её применение всё больше связано с результатами риск-ориентированного контроля и профилактических мер.

Изменения в законодательстве, вступившие в силу в 2025 году, также оказали значительное влияние на практику государственного пожарного надзора. Федеральный закон от 01.04.2025 № 56-ФЗ внес в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях новые составы ответственности за нарушение требований пожарной безопасности при проектировании средств пожарной защиты зданий и сооружений. Кроме того, закон расширил полномочия органа федерального государственного пожарного надзора, позволив возбуждать дела без проведения контрольного мероприятия при наличии достаточных данных о правонарушении [4]. Это позволяет оперативно реагировать на нарушения, информация о которых поступает из отчетов о пожарах, происшествиях и других источников, без обязательного проведения дополнительного контрольного мероприятия.

В 2025 году ключевым этапом в развитии правового регулирования стало принятие постановления Правительства Российской Федерации от 27 августа 2025 года № 1288. Этот документ внес изменения в Положение о федеральном государственном пожарном надзоре (ГПН), затрагивая организацию работы надзорных органов, порядок проведения профилактических визитов, применение мобильного приложения «Инспектор» и вопросы категорирования объектов по уровню риска. Эти меры способствовали дальнейшему формированию цифровой и риск-ориентированной модели государственного пожарного надзора. [5]

Анализ результатов надзорной деятельности необходимо сопоставлять с общим состоянием пожарной обстановки. По данным МЧС России, в 2025 году в стране зарегистрировано 317 311 пожаров, что на 8,7 % меньше, чем в 2024 году. Количество погибших при пожарах сократилось на 13,9 % и составило 6 521 человек, а число пострадавших уменьшилось до 7 966 человек. Прямой материальный ущерб достиг 22,8 млрд рублей, увеличившись на 15,2 %. Снижение числа пожаров и погибших сочетается с ростом материального ущерба, что подчеркивает необходимость комплексной оценки эффективности надзорной деятельности, не ограничиваясь лишь количеством пожаров. [6]

Руководство МЧС России отмечает снижение числа техногенных пожаров на 9 % и уменьшение числа погибших на 16 %, что соответствует положительной динамике в области пожарной безопасности. Однако причинно-следственная связь между отдельными контрольными мероприятиями и общими изменениями в пожарной статистике остается сложной. На показатели пожарной обстановки влияют профилактическая работа, деятельность пожарно-спасательных подразделений, состояние жилого фонда, социальные факторы, противопожарная пропаганда и соблюдение требований собственниками. [7]

Особое внимание в дальнейшем совершенствовании деятельности ГПН следует уделить качеству выявления нарушений. Многие проблемы связаны не с отсутствием нормативных требований, а с их ненадлежащим исполнением, недостатками технического обслуживания систем противопожарной защиты, организационными недочетами и низкой ответственностью правообладателей.

Перспективным направлением является сочетание риск-ориентированного категорирования, анализа индикаторов риска, цифрового документирования результатов контрольных мероприятий и систематического анализа причин повторных нарушений. [15, 18]

Цифровизация способна повысить объективность и прозрачность надзорной деятельности. Внедрение мобильного приложения «Инспектор», электронного документооборота и информационных систем учета объектов и результатов профилактических мероприятий создает предпосылки для формирования единого информационного пространства ГПН. Однако цифровые инструменты должны рассматриваться как средство поддержки профессиональных решений инспектора, а не его замена. Окончательная оценка пожарного риска требует учета фактического состояния объекта, особенностей технологического процесса, поведения людей и совокупности взаимосвязанных факторов. [5, 16]

Анализ надзорной деятельности органов ГПН в 2025 году выявил несколько ключевых результатов. Во-первых, произошло значительное увеличение общего количества контрольных мероприятий при резком сокращении доли плановых проверок. Во-вторых, несмотря на рост числа мероприятий, общее количество выявленных нарушений снизилось. В-третьих, структура нарушений остается сосредоточенной в сфере эксплуатации систем противопожарной защиты и обеспечения безопасности людей. В-четвертых, продолжилось развитие профилактической и риск-ориентированной модели надзора. В-пятых, были расширены правовые инструменты административного реагирования и цифрового сопровождения надзорных процедур. [2, 18]

Приоритетными направлениями совершенствования деятельности ГПН являются: дальнейшее развитие индикаторов риска, повышение адресности внеплановых проверок, расширение профилактических визитов и консультирования, совершенствование механизмов контроля технического обслуживания систем противопожарной защиты, цифровизация формирования доказательственной базы, анализ повторяемости нарушений по конкретным объектам и видам деятельности, а также разработка комплексных показателей эффективности, учитывающих динамику риска, устранение нарушений и предотвращение тяжелых последствий. [8, 16]

В 2025 году органы государственного пожарного надзора продолжают переход от преимущественно проверочной модели к системе управления рисками. Основным критерием эффективности такой системы должно стать устойчивое снижение вероятности возникновения пожара и тяжести его последствий. Дальнейшее развитие ГПН должно быть направлено на адресность надзорных действий, доказательность принимаемых решений, цифровую прозрачность процессов и повышение ответственности правообладателей объектов защиты. [8, 18]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

2. МЧС России. Доклады с обобщением правоприменительной практики и руководством по соблюдению обязательных требований. Раздел I. Федеральный государственный пожарный надзор. Утвержден 29.04.2026. Данные за 2025 год.

3. Распоряжение МЧС России от 18.12.2024 № 1242 «Об утверждении Программы профилактики рисков причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в области пожарной безопасности при осуществлении федерального государственного пожарного надзора органами государственного пожарного надзора на 2025 год».

4. Федеральный закон от 01.04.2025 № 56-ФЗ «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях».

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.08.2025 № 1288 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

6. МЧС России. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2025 г.

7. МЧС России. В МЧС России подведены итоги деятельности за 2025 год. 11.02.2026.

8. Федеральный закон от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

9. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре».

10. Бабушкин, М. Ю. Нравственно-этические аспекты подготовки будущих дознавателей органов государственного пожарного надзора Федеральной противопожарной службы к правоприменительной практике / М. Ю. Бабушкин, А. А. Лазарев // Безопасность в современном мире: гуманитарные аспекты служения, спасения, помощи : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 23 апреля 2026 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2026. – С. 3-7. – EDN ISRVUN.

11. Правоприменение в условиях особого противопожарного режима: судебная практика и пути совершенствования надзорной деятельности / М. С. Макаров, А. А. Лазарев, Д. А. Степанян [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Иваново, 21 мая 2026 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2026. – С. 298-304. – EDN CVOCWB.

12. Алгоритм разработки и регистрации декларации пожарной безопасности / В. Р. Коржова, А. А. Лазарев, А. А. Липинская [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Иваново, 21 мая 2026 года. – Иваново:

Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2026. – С. 242-248. – EDN DHTBET.

13. Распространение некоторых норм пожарной безопасности на отношения сторон, возникшие до их принятия / Н. С. Василевич, А. А. Лазарев, А. А. Липинская [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, Иваново, 21 мая 2026 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2026. – С. 71-77. – EDN KWRERY.

14. Использование AR-технологий для развития у курсантов МЧС России навыков результативного поиска нарушений при проверках / А. А. Лазарев, О. Н. Сонина, О. С. Романова, С. К. Редков // Пожарная и аварийная безопасность. – 2026. – № 1(40). – С. 15-26. – EDN TYYWWE.

15. Безгубин, С. А. Проблемы осуществления надзорной деятельности на объектах МВД России / С. А. Безгубин, Т. А. Мочалова, А. А. Лазарев // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса "государственный надзор" за 2024 год : результаты научных мероприятий: три внутриакадемические научно-практические семинары; внутриакадемический круглый стол;, Иваново, 01 января – 31 2024 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2025. – С. 20-24. – EDN WKYCBI.

16. Лазарев, А. А. Разработка алгоритма совершенствования технологии по учету результатов надзорной деятельности в области пожарной безопасности / А. А. Лазарев, Е. А. Аверина // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, Иваново, 22 октября 2025 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2025. – С. 225-229. – EDN DOSTTR.

17. Сонина, О. Н. Использование языковых моделей искуственного интеллекта в решении задач пожарной профилактики / О. Н. Сонина, А. А. Лазарев // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Иваново, 22 апреля 2025 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2025. – С. 360-366. – EDN JKEEBG.

18. Анализ результатов контрольной деятельности в области пожарной безопасности в 2023-2024 годах / А. А. Лазарев, В. А. Титов, А. А. Осмоловская [и др.] // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «государственный надзор» за 2024 год : результаты научных мероприятий: три внутриакадемические научно-практические семинары; внутриакадемический круглый

стол;, Иваново, 01 января – 31 2024 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2025. – С. 52-57. – EDN BWVYUJ.

УДК 614.841.3

М. В. Фролова, Д. Е. Цветков, И. Н. Субботкина, И. В. Некрасова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОТНОШЕНИИ ОРГАНОВ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Статья посвящена анализу нового порядка контрольно-надзорной деятельности в отношении органов местного самоуправления и их должностных лиц. Выявлены правоприменительные риски: увеличение нагрузки на инспекторский состав, злоупотребление правом на продление сроков, судебные оспаривания. Даны практические рекомендации для должностных лиц государственного пожарного надзора.

Ключевые слова: контрольно-надзорная деятельность, органы местного самоуправления, государственный пожарный надзор, прокуратура, пожарная безопасность.

M. V. Frolova, D. E. Tsvetkov, I. N. Subbotkina, I. V. Nekrasova

IMPROVING APPROACHES TO CONTROL AND SUPERVISORY ACTIVITIES IN RELATION TO LOCAL SELF-GOVERNMENT BODIES AND THEIR IMPACT ON FIRE SAFETY

The article is devoted to the analysis of the new procedure for control and supervision activities in relation to local self-government bodies and their officials. The author identifies law enforcement risks, such as increased workload for inspectors, abuse of the right to extend deadlines, and judicial challenges. The article provides practical recommendations for officials of the state fire supervision.

Keywords: control and supervision activities, local government bodies, state fire supervision, prosecutor's office, and fire safety.

© Фролова М. В., Цветков Д. Е., Субботкина И. Н., Некрасова И. В., 2026

9 апреля 2026 года вступил в силу Федеральный закон от 09.04.2026 № 85-ФЗ [1]. Данный нормативный правовой акт устанавливает принципиально новый порядок осуществления государственного контроля (надзора) за деятельностью органов местного самоуправления (далее – ОМСУ) и их должностных лиц.

На муниципальный уровень возложены полномочия по обеспечению первичных мер пожарной безопасности: содержание источников противопожарного водоснабжения, обеспечение проезда пожарной техники, создание условий для организации добровольной пожарной охраны, обучение населения мерам пожарной безопасности [2-8].

План проведения плановых проверок муниципалитетов подлежит согласованию с прокурором субъекта Российской Федерации; внеплановая проверка может быть проведена только после уведомления прокуратуры и получения санкции (за исключением случаев, когда выявлена непосредственная угроза жизни и здоровью граждан); прокурор вправе приостановить проведение контрольного мероприятия, если усмотрит нарушения порядка его назначения. Алгоритм надзорной деятельности представлен на рисунке. Данный алгоритм включает три основных блока: целевой, аналитический и результативный.

Закон [1] вводит обязательные профилактические визиты в отношении органов местного самоуправления. До принятия закона инспектор органа государственного пожарного надзора проводил плановые проверки муниципальных образований с периодичностью один раз в два года, то теперь к ним добавляются ежегодные профилактические визиты.

Продлены сроки исполнения предписаний об устранении нарушений новшеством в контрольном законодательстве: если администрация подтвердит, что заявка на финансирование подана и конкурсные процедуры запущены, инспектор продлит срок.

Изменена дата вступления в силу отдельных положений Федерального закона от 20.03.2025 № 33-ФЗ [9], дата вступления в силу переносится на 1 января 2028 года.

Введен обязательный досудебный порядок обжалования решений, действий (бездействия) контрольных органов при проведении мероприятий в отношении ОМСУ. Жалоба подается в вышестоящий орган (главное управление МЧС по субъекту Российской Федерации) и рассматривается в течение пятнадцати рабочих дней. Подача жалобы приостанавливает исполнение обжалуемого предписания, за исключением случаев, когда предписание касается нарушений, создающих непосредственную угрозу жизни и здоровью граждан. Данный механизм требует от инспекторского состава повышенной юридической грамотности: любая процессуальная ошибка может привести к отмене результатов проверки без судебного разбирательства.

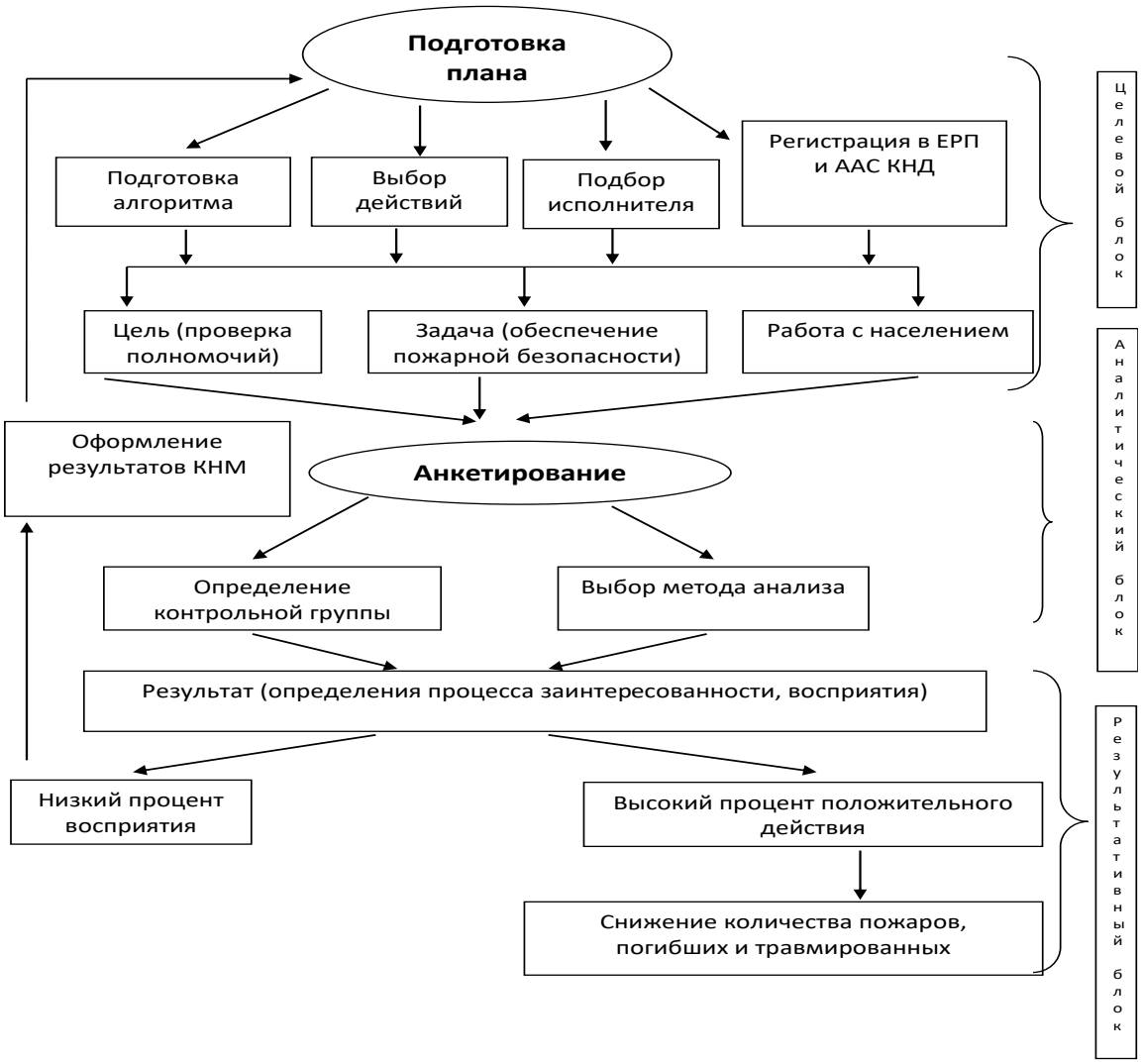


Рисунок. Алгоритм надзорной деятельности в отношении ОМСУ

Если в ходе профилактического визита выявлено нарушение, создающее непосредственную угрозу причинения вреда жизни и здоровью граждан инспектор обязан в течение 24 часов инициировать проведение внеплановой проверки. Такая проверка проводится без предварительного согласования с прокуратурой, но с последующим уведомлением в течение суток. Это исключает возможность для главы муниципального образования ссылаться на профилактический характер визита как на основание для неприменения мер административного принуждения по статье 20.4 КоАП РФ [10].

Федеральный закон от 09.04.2026 № 85-ФЗ [1] представляет собой комплексный нормативный правовой акт, изменяющий систему контрольно-надзорных отношений между федеральными органами исполнительной власти, включая органы государственного пожарного надзора, и органами местного самоуправления. Его реализация в соответствии с предложенным алгоритмом позволит повысить уровень противопожарной защищенности населенных пунктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Федеральный закон от 09.04.2026 № 85-ФЗ «Об организации контрольно-надзорной деятельности в отношении органов местного самоуправления и должностных лиц местного самоуправления и о внесении изменений в Федеральный закон «Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти» // Официальный интернет-портал правовой информации.

2. Якупова Э.Ф. [и др.] О пожарной безопасности деревянных конструкций // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 561-565. – EDN: QVITEA

3. Романова О.С. [и др.] Пожарная опасность объектов надзора на основе анализа обстановки с пожарами в Ивановской области в 2022 году // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 347-351. EDN: RXCHMG

4. Булат А.И. [и др.] Использование материалов от разборки зданий для защиты от ландшафтных пожаров // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 61-65. - EDN: LEWZBW

5. Лазарев А.А. [и др.] Анализ результатов контрольной деятельности в области пожарной безопасности в 2023-2024 годах // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «государственный надзор» за 2024 год. результаты научных мероприятий: три внутриакадемические научно-практические семинары; внутриакадемический круглый стол. Иваново, 2025. С. 52-57. – EDN: BWVYUJ

6. Романова О.С. [и др.] О пожарной безопасности населенных пунктов, подверженных угрозе ландшафтных (природных) пожаров // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 341-346. – EDN: ODBFRW

7. Липинская А.А. [и др.] Анализ судебной практики приведения в пожаробезопасное состояние торговых центров // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 254-257. - EDN: OPEJFE

8. Пеньков И.В. [и др.] Результаты испытания технических средств для мониторинга пожарной безопасности дымоходов печей // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 3 (56). С. 33-39. – EDN: VWFUYO

9. Российская Федерация. Федеральный закон от 20.03.2025 № 33-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти» // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2025. — № 12. — Ст. 1200.

10. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 1. – Ст. 3.

УДК 66.0

Т. В. Фролова, Ж. Ф. Гессе
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЭФФЕКТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ СИНТЕЗА ГИДРОФОБНЫХ АНТИПИРЕНОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются современные подходы к разработке и синтезу гидрофобных антипиренов, направленные на одновременное обеспечение высокой огнестойкости и водостойкости материалов для древесины. Анализируются ключевые химические стратегии.

Ключевые слова: возгорание; древесина; огнезащитный состав; стойкость к огневому воздействию; пожарная опасность.

T. V. Frolova, Zh. F. Gesse

EFFECTIVE STRATEGIES FOR SYNTHESIZING HYDROPHOBIC ANTIPHENICS TO IMPROVE FIRE RESISTANCE OF WOODEN STRUCTURES

The article examines modern approaches to the development and synthesis of hydrophobic flame retardants aimed at simultaneously ensuring high fire resistance and water resistance of wood materials. Key chemical strategies are analyzed.

Key words: fire; wood; fire retardant composition; fire resistance; fire hazard.

Высокая горючесть древесины ограничивает ее применение в условиях повышенных требований к пожарной безопасности [1]. Для решения этой проблемы применяются [2] огнезащитные покрытия (например, интумесцентного типа), пропиточные составы (антипирены), лаки, краски, огнебиозащита.

На сегодняшний день активно развиваются новые методы и технологии для защиты древесины от возгораний [3-7]. Современные разработки в области огнезащиты древесины все чаще сочетают антипирены с гидрофобными (водоотталкивающими) свойствами и нанотехнологиями. Это решает главную проблему классических солевых пропиток – их вымывание водой при эксплуатации на улице или в условиях высокой влажности. Использование гидрофобных огнезащит переводит древесину в I или II группу огнезащитной эффективности.

Главные преимущества гидрофобных огнезащит – долговечность. Срок службы такого покрытия на открытом воздухе увеличивается по сравнению с обычными солевыми составами, которые требуют обновления каждые 1-3 года.

© Фролова Т. В., Гессе Ж. Ф., 2026

К тому же, гидрофобные пропитки не вызывают поднятия ворса, не образуют белых солевых высолов на поверхности и позволяют сохранить структуру дерева под лаком.

Одним из компонентов гидрофобных композиций является, например, меламин, который при разложении выделяет негорючие газы (азот, аммиак) и его производные, широко изучающиеся как компоненты, так называемых фосфор-азотных (P-N) систем.

Так, например в работе [8] рассматривается синтез меламин-формальдегидных смол из меламина и формальдегида, последующей модификацией н-бутанолом. В дальнейшем такие смолы могут быть включены во вспучивающиеся огнезащитные покрытия (лаки, краски) или пропитки.

Коллектив авторов [9] по исследованию термического поведения полифосфата аммония, меламина, дипентаэритрита и смесей на их основе установил оптимальное соотношение данных компонентов в системе, при котором деструктивные процессы начинают проявляться при более высоких значениях температур.

Другие исследования фокусируются на поиске оптимальных комбинаций веществ для достижения максимальной огнезащитной эффективности при более высоких температурах. Авторы исследования [10] разработали рецептуру огнезащитной краски на основе водного раствора силиката натрия, обеспечивающей первую группу огнезащитной эффективности деревянных конструкций. В качестве модификаторов использовались такие ПАВ как глицерин, изопропиловый спирт, этиловый спирт, этиленгликоль и ацетон. За счет прочного связывания гидрофильной группы водного раствора силиката и гидрофильной группы ПАВ на границе раздела «поверхность огнезащитного покрытия - воздух» ориентируются гидрофобные группы ПАВ, которые отталкивают воду. За счет чего и достигается влагостойкость покрытия.

Метод получения огнезащитного продукта, предназначенного для обработки древесины и её производных с целью придания им трудногорючих свойств посредством капиллярной пропитки, основанный на гидролизе крахмала в присутствие ортофосфорной кислоты и введением в состав дициандиамида, представлен в патенте [11]. Огнезащитное средство классифицируется как 1 группа огнезащитной эффективности.

Разработка [12] описывает огнезащитный раствор для обработки древесных материалов, основанный на конденсации карбамида, альдегида в присутствии амина с последующим добавлением ортофосфорной кислоты. В реакции такого типа амин действует как катализатор или участник нуклеофильного присоединения к карбонильной группе альдегида, а карбамид предоставляет аминогруппы для роста цепи. В итоге формируются новые ковалентные связи. В такой трёхмерной сети просто нет свободных мест, куда могла бы «вклиниться» молекула воды. Такая структура физически препятствует проникновению влаги. Причем замена моноэтаноламина на триэтаноламин в синтезе приводит к получению гелеобразной массы, которая непригодна для использования в качестве состава для формирования покрытия.

Проведенный анализ научной литературы и патентных данных подтверждает, что стратегия создания огнезащитных составов с гидрофобными свойствами является перспективной и заслуживает дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (в ред. от 28.05.2017 № 100-ФЗ). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438 (дата обращения: 15.10.2026).

2. ГОСТ Р 53292–2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: http://www.docs.cntd.ru (дата обращения: 15.10.2026).

3. Гессе Ж.Ф., Шабунин С.А., Фролова Т.В. Оценка эффективности использования фосфорсодержащих средств огнезащиты для древесины сосны в условиях огневого воздействия // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. №4 (57). С. 12-17.

4. Защита древесины от возгорания с использованием специальных составов / А. М. Газизов, А. Г. Гороховский, Е. Е. Шишкина [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. №. 1 (88). С. 159-164.

5. Хайрутдинов В.Э. Способы с средства огнезащиты для снижения пожарной опасности и повышения огнестойкости деревянных конструкций // Журнал «Вестник науки» от 10 декабря 2023 г. № 12 (69) том 2. С. 1360-1365. 2023 г. ISSN 2712-8849 // Электронный ресурс: https://www.вестник-науки.рф/article/11561 (дата обращения: 15.10.2026 г.)

6. Дашко И.В., Дашко Л.В. Анализ патентов на изобретения, связанных с огнезащитными составами для обработки древесины // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. №1 (57). С. 39-49.

7. Панев Н. М. Анализ применения огнезащитных композиций для древесины и разработка методов контроля их наличия: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.23.05. Иваново, 2020. 21 с.

8. Юсупов К.М., Эркабаев Ф.И. Синтез меламин-формальдегидной смолы, модифицированной с н-бутанолом // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. 10(103). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14452 (дата обращения: 15.10.2026).

9. Борукаев Т.А., Тохова Л.М., Газаев Э.Б., Шорова З.А. Исследование термических свойств смесей антипиренов на основе полифосфата аммония, меламина и дипентаэритрита // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. 2026. №16(1). С. 62-66.

10. Валиева З. З., Абдуллин И. А., Валеев Н. Х. Огнезащитные краски // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №7. С. 373-379.

11. Способ получения огнезащитного средства для пропитки древесины: пат. 6707 Республика Беларусь / Н.А. Тычино. – опубл. 30.12.2004.

12. Способ получения огнезащитного состава: пат. 241733 Российская Федерация / Колесников А.Ф., Балакин В.М., Полищук Е.Ю., Рукавишников А.В. – опубл. 20.10.2010.

УДК 614.842

Т. В. Хаджимов, Е. С. Жилкин, П. В. Ширинкин, М. М. Данилов, А. Н. Денисов
ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

ТАКТИЧЕСКАЯ ИНЕРЦИЯ ПЕРВЫХ МИНУТ ПОЖАРА: АНАЛИЗ РЕАЛЬНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Исследована проблема временного дефицита при проведении спасательных работ на пожаре. Цель исследования - оценить проявление тактической инерции в первые минуты пожара и обосновать параллельное выполнение разведки, спасания, защиты путей эвакуации и тушения. Предложен алгоритм раннего получения информации и параллельного распределения задач.

Ключевые слова: пожар; тактическая инерция; спасание людей; опасные факторы пожара; боевые действия; эвакуация.

T. V. Hadjimov, E. S. Zhilkin, P. V. Shirinkin, M. M. Danilov, A. N. Denisov

TACTICAL INERTIA IN THE FIRST MINUTES OF A FIRE: ANALYSIS OF REAL EMERGENCIES AND WAYS TO IMPROVE FIREFIGHTING OPERATIONS

This paper examines time deficits during fire rescue operations and considers tactical inertia in the first minutes of a fire. It proposes parallel performance of reconnaissance, rescue, protection of evacuation routes and firefighting. Illustrative calculations are provided for three reported fire incidents using assumed time parameters. The resulting values are not measured characteristics of the actual incidents and require validation against primary operational records. An algorithm for early information gathering and parallel task allocation is proposed.

Keywords: fire; tactical inertia; rescue operations; fire hazards; firefighting; evacuation.

Введение

Обеспечение своевременного спасания людей при пожаре определяется не только развитием горения, но и скоростью принятия решений и распределения задач. Для руководителя тушения пожара критичен временной интервал между достижением опасными факторами критических значений и началом результативного спасания. Исследования показывают, что ситуация на пожаре требует постоянного формирования обстановочной осведомленности, а изменение состава сил и способов их развертывания непосредственно влияет на продолжительность критических операций [2, 5, 8]. Поэтому последовательная

© Хаджимов Т. В., Жилкин Е. С., Ширинкин П. В., Данилов М. М., Денисов А. Н., 2026

модель «разведка - решение - развертывание - спасание - тушение» может формировать временной дефицит. В настоящей работе этот дефицит рассматривается как проявление тактической инерции.

Методы

Введен расчетный индикатор тактической инерции, определяемый как разность между временем достижения критических условий и временем начала результативных действий. Подход сопоставляется с логикой сравнения доступного времени безопасной эвакуации (ASET) и требуемого времени безопасной эвакуации (RSET) [4], однако не заменяет расчет ASET/RSET. Рассмотрены три описанных в исходном исследовании пожара. Поскольку доступные публикации не устанавливают для каждого случая точное время достижения критических параметров среды и начала результативного спасания, значения Ткр и Топ приняты как расчетные допущения для иллюстрации метода, а не как подтвержденные фактические измерения.

Индекс тактической инерции рассчитывается по формуле:

$$\Delta T_{ин} = T_{кр} - T_{оп}, (1)$$

где $\Delta T_{ин}$ - расчетный индикатор временного дефицита; $T_{кр}$ - принятое в расчетном сценарии время от сообщения о пожаре до достижения критических значений опасных факторов; $T_{оп}$ - принятое время от сообщения до начала результативного поиска или эвакуации. Отрицательное значение показывает, что в рамках заданного сценария критические условия наступают раньше начала результативного спасания. Достоверность результата зависит от обоснованности исходных параметров.

Результаты

Для иллюстрации расчета рассмотрены три случая: пожар в хостеле «Магистрал», пожар в жилом доме на Пресненском Валу и пожар на Правобережном рынке. В таблице приведены условные временные параметры, использованные в расчетном примере: для «Магистрала» $T_{кр}$ = 6 мин и $T_{оп}$ = 16 мин; для Пресненского Валу - 7 и 21 мин; для Правобережного рынка - 5 и 14 мин. По формуле получены значения −10, −14 и −9 мин соответственно. Эти результаты демонстрируют работу индикатора, но не доказывают, что указанные интервалы фактически имели место на данных пожарах. Для эмпирического вывода необходимы подтвержденные временные отметки оперативных служб и обоснованный расчет критических условий.

Таблица. **Иллюстративный расчет индикатора временного дефицита**

Кейс	$T_{кр}$**, мин**	$T_{оп}$**, мин**	$\Delta T_{ин}$**, мин**
«Магистрал»	6	16	−10
Пресненский Вал	7	21	−14
Правобережный рынок	5	14	−9

Примечание к таблице. Фактические обстоятельства происшествий сверялись с сообщениями СМИ и оперативных служб: РБК - «Пожар начался в хостеле «Магистрал“ на севере Москвы»; ГУ МЧС России по г. Москве - «Столичные огнеборцы ликвидируют загорание на севере города»; «Москва 24» - «Пожар в жилом доме на Пресненском Валу полностью ликвидирован»; ASN-news - сообщение о пожаре на Правобережном рынке в Санкт-Петербурге. Эти публикации подтверждают описание происшествий, но сами по себе не подтверждают принятые в таблице временные параметры.

Обсуждение

Предлагается заменить преимущественно последовательную модель действий на параллельную. Канал разведки формирует первичную информацию; одновременно канал спасания начинает поиск и подготовку эвакуации, канал защиты обеспечивает сохранение путей выхода, а канал тушения локализует очаг. Такая организация не отменяет требований безопасности и контроля обстановки, а сокращает время перехода от получения информации к воздействию. Для поддержки решения целесообразно использовать данные систем видеонаблюдения и беспилотных авиационных систем при наличии технической возможности. Исследования ситуационной осведомленности пожарных показывают значимость своевременного получения информации о людях, опасностях и пространственных условиях [5, 8]. Параллельная модель должна применяться с учетом риска для личного состава; подходы к управлению риском и распределению сил подтверждают необходимость связывать тактические решения с вероятностью неблагоприятного исхода [1].

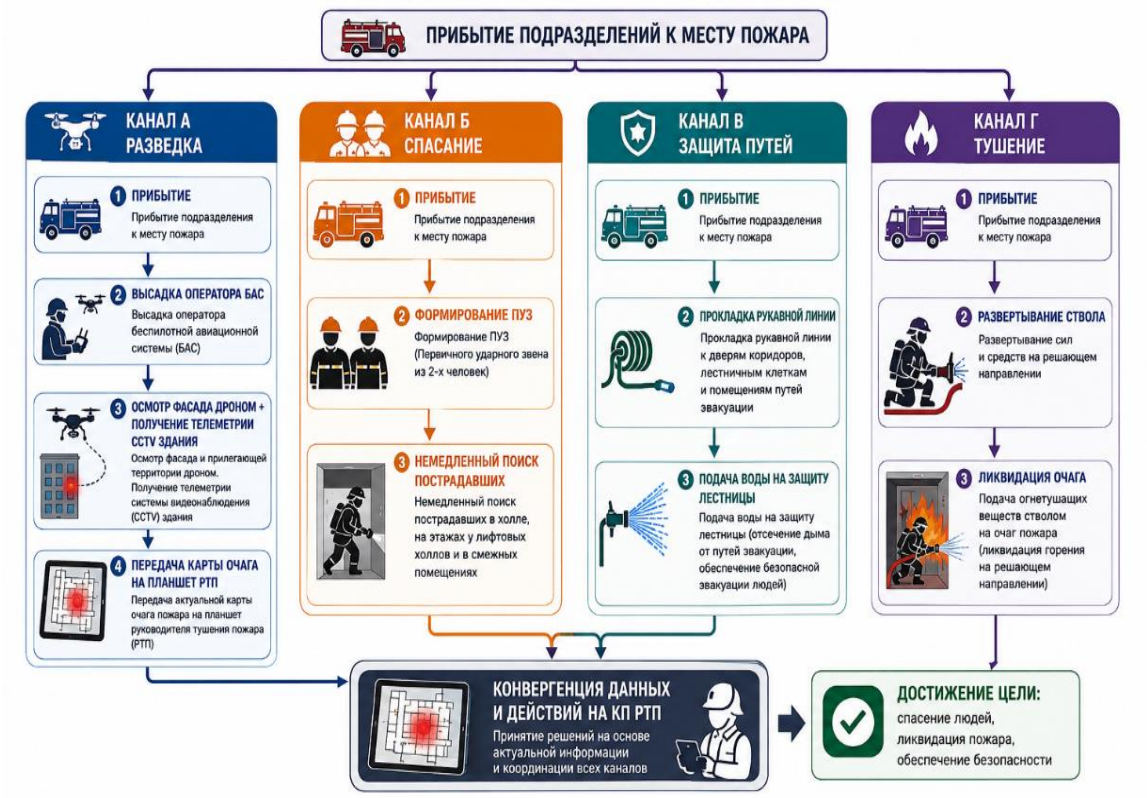


Рисунок. Блок-схема параллельного алгоритма действий «v2.0»
Примечание - содержание и логика схемы подготовлены авторами; графическая визуализация выполнена с использованием генеративного искусственного интеллекта.

Заключение

Расчетный индикатор ΔТин позволяет наглядно сопоставлять принятое критическое время с моментом начала результативного спасания. В трех иллюстративных сценариях получены значения от −9 до −14 мин; их нельзя интерпретировать как подтвержденные измерения реальных пожаров. Для практического применения методики необходимо установить единый порядок определения Ткр и Топ, подтвердить исходные данные по оперативным документам и проверить подход на расширенной выборке. Параллельное распределение разведывательных, спасательных, защитных и противопожарных задач рассматривается как организационное предложение, эффективность которого должна быть отдельно оценена на учениях или с использованием валидированной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов А. Н., Цокурова И. Г., Аникин С. Н. Модель и алгоритм управления рисками гибели пожарных при тушении пожаров на металлургических предприятиях // Computational Nanotechnology. 2021. Т. 8, № 3. С. 76–85. DOI: 10.33693/2313-223X-2021-8-3-76-85.

2. Рыбаков А. В., Иванов Е. В., Хидирлясов Т. М., Мясников Д. В. Выявление, систематизация и классификация факторов, влияющих на эффективность проведения аварийно-спасательных работ при обрушении зданий // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2. С. 21–28.

3. Averill J. D., Moore-Merrell L., Ranellone R. T. Jr. et al. Report on High-Rise Fireground Field Experiments. NIST Technical Note 1797. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2013. DOI: 10.6028/NIST.TN.1797.

4. Chen J., Zhong M., Qiu P. et al. Mapping the fire risk in buildings: A hybrid method of ASET-RSET concept and FED concept // Reliability Engineering & System Safety. 2023. 109571. DOI: 10.1016/j.ress.2023.109571.

5. Dos Santos V., Son C. Identifying firefighters' situation awareness requirements for fire and non-fire emergencies using a goal-directed task analysis // Applied Ergonomics. 2024. Vol. 114. 104136. DOI: 10.1016/j.apergo.2023.104136.

6. Sujatmiko W., Dipojono H. K., Soelami F. X. N., Soegijanto. Performance-based Fire Safety Evacuation in High-rise Building Flats in Indonesia – A Case Study in Bandung // Procedia Environmental Sciences. 2014. Vol. 20. P. 116–125. DOI: 10.1016/j.proenv.2014.03.016.

7. Wang Q., Yu Y., Jin L. et al. Evacuation safety assessment in corridor-type high-rise building under fires // Journal of Building Engineering. 2024. Vol. 96. 110580. DOI: 10.1016/j.jobe.2024.110580.

8. Wang Y., Li W., Ji G. et al. Emergency responders’ safety in fire evacuation and rescue: Exploring safety awareness and decision-making aiming at multiple firefighting operations // Developments in the Built Environment. 2026. Vol. 26. 100921. DOI: 10.1016/j.dibe.2026.100921.

УДК 699.814:614.841.33

Т. В. Хаджимов, Т. Ф. Фирсова, М. М. Данилов, А. Н. Денисов, И. А. Нестеров
ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

ПРОБЛЕМЫ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ И ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ДВЕРЯХ НОВОГО ТИПА

В статье исследуется проблема блокирования эвакуационных выходов вследствие превышения нормативных значений избыточного давления, создаваемого системами приточной противодымной вентиляции (ПДВ). Для решения данной проблемы рассматривается концептуально новый тип противопожарной двери, оснащенной интегрированным в полотно динамическим байпасным клапаном (шторкой) для сброса давления.

© Хаджимов Т. В., Фирсова Т. Ф., Данилов М. М., Денисов А. Н., Нестеров И. А., 2026

Ключевые слова: противопожарная дверь, эвакуационные пути, система противодымной вентиляции, избыточное давление, высокотемпературные уплотнители, терморасширяющиеся материалы, предел огнестойкости, дымогазонепроницаемость.

T. V. Hadjimov, T. F. Firsova, M. M. Danilov, A. N. Denisov, I.A. Nesterov

CHALLENGES OF SEALING AND INSULATING MATERIALS IN NOVEL FIRE DOORS

This paper investigates the problem of blocked evacuation routes caused by excess overpressure generated by smoke pressurization systems. To address this issue, a conceptually novel fire door design is proposed, featuring a dynamic bypass valve (sliding shutter) integrated into the door leaf for pressure relief.

Keywords: fire door, evacuation routes, smoke pressurization system, overpressure, high-temperature seals, intumescent materials, fire resistance rating, smoke impermeability.

Введение и проблематика систем ПДВ

Обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре напрямую зависит от штатной работы систем приточной противодымной вентиляции (ПДВ). Согласно требованиям СП 7.13130.2013 (п. 7.16), избыточное давление воздуха в незадымляемых лестничных клетках и тамбур-шлюзах не должно превышать 150 Па, а усилие, необходимое для открывания дверей эвакуационных выходов, ограничено значением в 150 Н. На практике ошибки аэродинамического расчета, несовершенство автоматики или нештатное изменение геометрии путей эвакуации (одновременное открытие нескольких дверей) приводят к пиковым скачкам давления, кратно превышающим нормативные значения. В результате возникает эффект аэродинамического блокирования: усилие для преодоления притвора становится недостижимым для человека, что превращает эвакуационный выход в непреодолимую преграду. Существующие методы компенсации давления (клапаны избыточного давления в шахтах, частотно-регулируемые приводы вентиляторов) обладают высокой инерционностью и зависят от централизованной автоматики. Возникает объективная необходимость в разработке локальных, энергонезависимых систем пассивного сброса давления непосредственно в конструкции противопожарных преград.

Аэродинамическое блокирование дверей не только отрезает пути эвакуации для людей, но и критически усложняет тактические действия пожарных подразделений. Как отмечается в трудах профильных специалистов Академии ГПС МЧС России по оценке управления силами газодымозащитной службы, а также по организации работы оперативного штаба на месте пожара в сложных планировочных условиях (в том числе в подземных сооружениях), невозможность оперативного вскрытия дверей из-за перепадов давления нарушает динамику развертывания сил и средств, увеличивая время

проведения разведки. Внедрение локальных систем сброса давления позволяет снизить эти тактические риски при продвижении звеньев ГДЗС в задымленные помещения.»

Концепция байпасного клапана в полотне двери

В качестве автономного технического решения предлагается интеграция байпасного клапана непосредственно в полотно противопожарной двери. Конструкция представляет собой сквозное окно (габаритами 300×400 мм), расположенное в нижней части дверного полотна и перекрываемое подвижной заслонкой (шторкой). Для сохранения теплофизических характеристик преграды заслонка выполняется из материалов, идентичных основному полотну (стальные листы с заполнением из минеральной плиты высокой плотности).

Кинематическая схема предполагает вертикальное перемещение заслонки по направляющим, смонтированным со стороны необогреваемой поверхности. При превышении критического перепада давлений (более 150 Па) эвакуирующийся осуществляет механический подъем заслонки, открывая канал для стравливания воздуха. После выравнивания давления и штатного открытия двери шторка возвращается в исходное (закрытое) положение под действием гравитационных сил, восстанавливая целостность преграды.

Противоречие узла герметизации и анализ уплотнителей

Ключевым технологическим барьером предложенной конструкции является организация притвора подвижной заслонки. Узел подвергается взаимоисключающим требованиям. С одной стороны, для обеспечения дымогазонепроницаемости (критерий S по ГОСТ Р 53303-2009) требуется монолитное прилегание шторки к полотну. С другой стороны, плотный прижим создает высокое трение покоя, препятствующее ручному подъему и гравитационному возврату заслонки.

Проблема герметизации подвижного элемента

Ключевым технологическим барьером предложенной конструкции является организация притвора подвижной заслонки. Узел подвергается взаимоисключающим требованиям:

– с одной стороны, для обеспечения дымогазонепроницаемости (критерий S по ГОСТ Р 53303-2009) требуется монолитное прилегание шторки к полотну;

– с другой стороны, плотный прижим создает высокое трение покоя, препятствующее ручному подъему и гравитационному возврату заслонки.

В условиях пожара задача усложняется термическим воздействием. Проведенный анализ показывает, что оптимальным конструктивным решением является применение терморасширяющегося уплотнителя (ленты на основе окисленного графита, вспучивающегося при 150–200 °С). На первый взгляд, это создает проблему: при вспучивании уплотнитель создает избыточное

давление в зазоре, и шторка намертво блокируется пенококсом. Однако детальное рассмотрение динамики развития пожара показывает, что при достижении в прилегающей к полу зоне температур свыше 150 °С условия среды становятся несовместимыми с жизнью, и процесс эвакуации на данной стадии объективно завершен. Следовательно, кинематическая подвижность клапана теряет свою актуальность, уступая место необходимости жесткой герметизации для обеспечения целостности (E) и теплоизолирующей способности (I) по ГОСТ Р 53307-2009.

Анализ традиционных уплотнительных материалов выявил их неприменимость для решения данной задачи:

Силиконовые эластомеры: обеспечивают высокую упругость и герметичность от холодного дыма, однако подвергаются полной термической деструкции при температурах свыше 300 °С, что приводит к потере целостности (критерий E) и теплоизолирующей способности (критерий I) по ГОСТ Р 53307-2009.

Терморасширяющиеся ленты (на основе окисленного графита): Надежно блокируют зазоры путем образования пенококса при 150–200 °С. Однако процесс вспучивания создает избыточное давление в зазоре, что приводит к необратимому заклиниванию кинематической пары. Байпасный клапан полностью утрачивает подвижность.

Кремнеземные и базальтовые шнуры: Обладают требуемой огнестойкостью, но характеризуются критически низким сопротивлением абразивному износу. При трении скольжения материал разрушается, нарушая герметичность узла.

Терморасширенный графит (ТРГ) используется для производства уплотнений. Он обладает высокой термостойкостью, устойчивостью к химическим воздействиям и механическим нагрузкам, а также хорошей эластичностью и упругостью. Уплотнения из терморасширенного графита используются в различных отраслях, таких как нефтеперерабатывающая промышленность, авиационная и автомобильная отрасли, а также в производстве медицинского оборудования.

Керамические (алюмосиликатные) ленты и шнуры представляют собой класс высокотемпературных изоляторов, предельная рабочая температура которых достигает 1260 °С. В условиях стандартного температурного режима пожара данный материал не подвержен термической деструкции и сохраняет свою общую целостность, однако его существенным недостатком является склонность к термической усадке. Уменьшение объема изолятора при нагреве может привести к критическому раскрытию зазоров в притворе и потере дымогазонепроницаемости

Таблица 1. **Сравнительный анализ уплотнительных материалов для байпасного узла**

Тип материала	Предельная рабочая температура, °C	Реакция на температуру при условиях стандартного пожара	Сложность и особенности монтажа	Износостойкость	Сила трения между рабочими поверхностями	Применимость для шторки сдвигающейся
Силиконовые эластомеры (профили от холодного дыма)	до 300	Полная деструкция, потеря герметичности (выгорание полимерной матрицы до диоксида кремния).	Низкая. Монтаж в стандартный паз или на клейкую основу.	Средняя	Высокая. Упругий эластомер создает значительное сопротивление скольжению по металлу.	Низкая (не обеспечивают E, I).
Терморасширяющиеся ленты (вспучивающиеся ленты) (на базе окисленного графита или гидратированного силиката натрия)	до 1000	Вспучивание, надежная герметизация. Образование плотного пенококса при 150–200 °C.	Низкая. Фиксация на самоклеящуюся основу в плоский паз.	Высокая	В нормальных условиях – средняя (ПВХ-оболочка). При пожаре – экстремально высокая (блокирует узел).	Средняя (блокирует шторку, требуется шанцевым инструментом).
Кремнеземные и базальтовые шнуры	до 1200	Сохранение структуры. Выгорание органических связующих с последующим распушением волокон.	Средняя. Требуется посадка на высокотемпературный силикатный клей и защита от осыпания краев.	Низкая (абразивный износ)	Высокая. Грубые минеральные волокна работают как абразив, затрудняя скольжение	Низкая (быстрое разрушение).
Набивки из ТРГ (терморасширенного графита)	до 800	Эффект самосмазывания. Сохранение формы и плотности без образования вспучивающегося слоя.	Высокая. Требует точной механической фиксации (опрессовки) в специальном пазу сложной геометрии.	Высокая	Очень низкая. ТРГ выступает в роли твердой сухой смазки, минимизируя усилие сдвига.	Высокая (подвижность и герметичность).

Тип материала	Предельная рабочая температура, °С	Реакция на температуру при условиях стандартного пожара	Сложность и особенности монтажа	Износостойкость	Сила трения между рабочими поверхностями	Применимость для шторки сдвигающейся
Керамические ленты (алюмосиликатные волокна)	до 1260	Сохранение целостности, усадка (уменьшение в объеме, риск разгерметизации узла).	Средняя/Высокая. Волокна хрупкие, ломкие, требуют бережной фиксации скобами или термоклеем.	Средняя	Высокая. Отсутствие смазывающих свойств, волокнистая структура цепляется за металл.	Средняя (сложность монтажа).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О пожарной безопасности: Федеральный закон № 69-ФЗ: [принят Государственной Думой 18 ноября 1994 года: одобрен Советом Федерации 7 декабря 1994 года]. – Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 10.10.2026).

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон № 123-ФЗ: [принят Государственной Думой 4 июля 2008 года: одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. – Текст: электронный // КонсультантПлюс: [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 10.10.2026).

3. ГОСТ Р 53303-2009. Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на дымогазонепроницаемость: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 18 февраля 2009 г. № 79-ст: введен впервые: дата введения 2010-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 11 с. – Текст: непосредственный.

4. ГОСТ Р 53307-2009. Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 18 февраля 2009 г. № 83-ст: введен впервые: дата введения 2010-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 15 с. – Текст: непосредственный.

5. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям: утвержден и введен в действие Приказом МЧС России от 24 апреля 2013 г. № 288: дата введения 2013-06-24. – Москва: ВНИИПО МЧС России, 2013. – 115 с. – Текст: непосредственный.

6. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности: утвержден и введен в действие Приказом МЧС России от 21 февраля 2013 г. № 116: дата введения 2013-02-25. – Москва: ВНИИПО МЧС России, 2013. – 43 с. – Текст: непосредственный.

7. Денисов, А. Н. Оценка практики управления и организации газодымозащитной службы пожарной охраны / А. Н. Денисов, И. В. Коршунов, Ю. И. Панков. – Текст : непосредственный // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2021. – № 2. – С. 55-61.

8. Данилов, М. М. Решение задачи управления составом оперативного штаба на месте пожара в подземных сооружениях / М. М. Данилов, А. Н. Денисов, П. С. Королев. – Текст : непосредственный // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2023. – № 3. – С. 45-52.

УДК 614.843

И. Ф. Хафизов, И. И. Уразбаева
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

В статье приводится алгоритм разработанного упрощенного метода оценки возможных чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Использования разработанного алгоритма позволяет в кратчайшие сроки определить расчетные пожаровзрывоопасные ситуации для производственных объектов в зависимости от типа оборудования и вида обращающихся горючих веществ и материалов.

Ключевые слова: пожар, взрыв, техногенная авария, прогнозирование чрезвычайных ситуаций, пожарная безопасность, алгоритм упрощенного метода оценки риска.

I. F. Khafizov, I. I. Urazbayeva

DEVELOPMENT OF AN EXPRESS METHOD FOR PREDICTING MAN‑MADE EMERGENCIES

The article presents an algorithm for a simplified method of assessing possible man-made emergencies. Using the developed algorithm allows for the rapid determination of calculated fire and explosion hazards for production facilities, depending on the type of equipment and the type of combustible substances and materials.

Keywords: fire, explosion, man-made accident, emergency forecasting, fire safety, simplified risk assessment method algorithm.

© Хафизов И. Ф., Уразбаева И. И., 2026

Неуклонное развитие тяжелой промышленности, транспорта, сельского хозяйства и других отраслей народного хозяйства вызывает потребность в значительном увеличении производства топлива и смазочных масел, а, следовательно, в увеличении ресурсов углеводородного сырья – газообразных и жидких нефтепродуктов [1]. Для удовлетворения возрастающей потребности в углеводородном топливе необходимо модернизировать (увеличивать мощность) или вводить в действие новые установки первичной переработки нефти и газа. Так же увеличение мощности действующих установок возможно за счет интенсификации процессов путем усовершенствования их технологии, внедрения нового высокоэффективного оборудования и автоматизации [2].

Газоперерабатывающие предприятия относятся к пожаровзрывоопасным объектам. Даже при использовании самых современных технологий, вещества, обращающиеся на этих предприятиях, несут в себе угрозу возникновения и развития пожаров, взрывов, токсического поражения людей и негативного воздействия на окружающую среду. Энергия, сосредоточенная на одном среднем газоперерабатывающем заводе, сравнима с энергией, выделяемой при взрыве атомной бомбы. Поэтому важно, иметь прогноз возможных аварийных ситуаций, сопровождающихся пожаром или взрывом, на объектах

газопереработки [3]. Результаты прогнозирования и моделирования зон поражающих факторов позволит в дальнейшем обеспечить оповещение людей и организаций, расположенных на прилегающей территории, попадающей в зону воздействия поражающих факторов пожаровзрывоопасных ситуаций; разрабатывать эффективные мероприятия по минимизации рисков данных аварий [4].

В связи с вышесказанным актуальной задачей является разработка новых или совершенствование существующих способов прогнозирования аварийных ситуаций, позволяющих своевременно и точно оценить зоны поражения опасными факторами пожара и взрыва, вероятность возникновения гипотетической пожароопасной ситуации.

Для прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера на нефтеперерабатывающих предприятиях, а так же аналогичных объектах с хранением, применением или обращением аналогичных горючих веществ предлагается использовать разработанный алгоритм оценки вида и количества аварийных ситуаций в зависимости от вида горючего вещества, и параметров технологического процесса.

На рисунке приведен разработанный алгоритм.

В рабочий алгоритм не включен такой сценарий из научной и методической литературы как пожар-вспышка, в связи с тем, что при его оценке не оцениваются опасные факторы чрезвычайных ситуаций, а сценарии, при которых отсутствует угроза жизни людям не подлежат рассмотрению на основании нормативно-правовых документов в области техносферной безопасности.

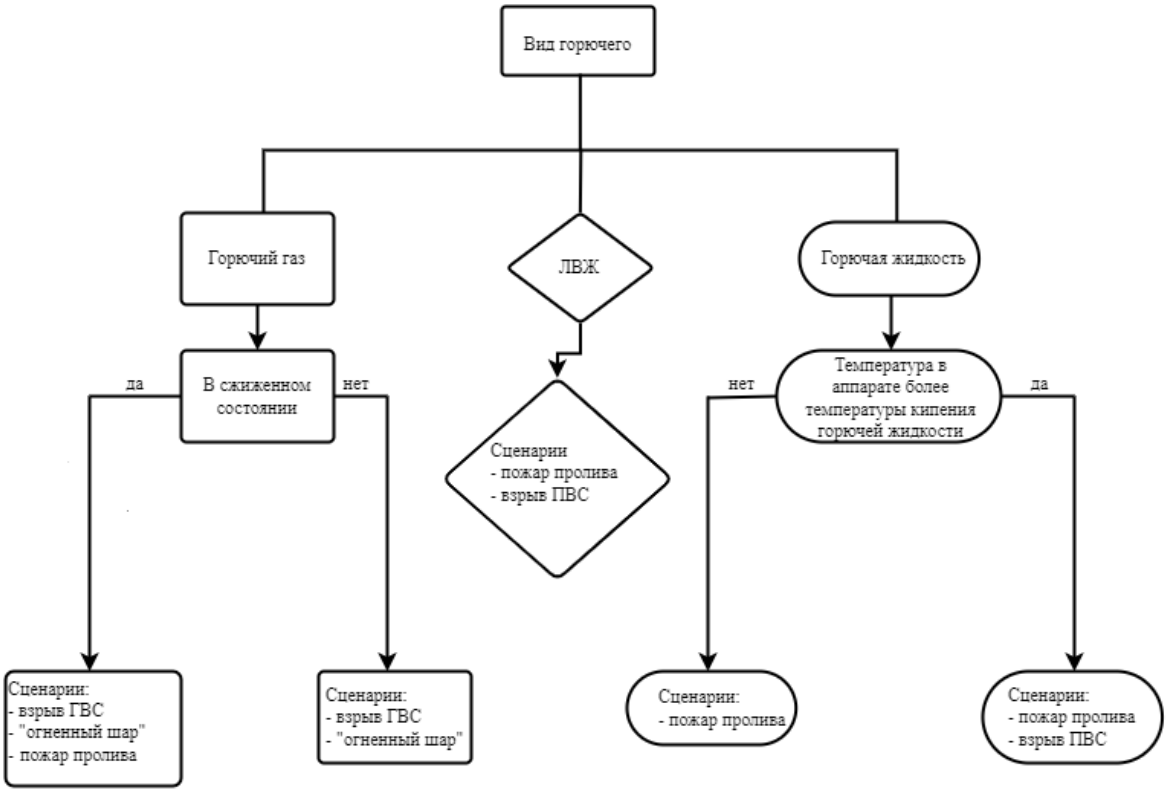


Рисунок. Алгоритм прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Теперь рассмотри пример использования алгоритма. Например, имеется технологический трубопровод, по которому транспортируется горючий газ (пропан) с рабочим давлением 0,4 МПа. Используя алгоритм, предложенный на рисунке 1 мы получаем:

- горючее вещество – горючий газ, значит минимум возможно возникновение аварийных ситуаций таких как взрыв газовоздушной смеси и «огненный шар»;

- на вопрос, находится ли вещество в сжиженном состоянии, получаем нет, и значит сценарий пожара пролива не рассматривается;

- на вопрос, при каком рабочем давлении находится вещество, получаем ответ - да (выше 0,2 МПа, фактически 0,4 МПа), и значит к рассмотрению добавляется сценарий факельного горения.

В результате анализа получаем, что нам необходимо в дальнейшем оценить следующие сценарии:

- «Огненный шар»;
- взрыв газовоздушной смеси;
- факельное горение.

Разработанный упрощенный метод прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера позволит быстро оценивать возможные пожаровзрывоопасные ситуации на опасных производственных объектах имеющих в составе устройства и оборудование, содержащее горючие вещества и материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/12161584/ (дата обращения: 07.07.2026).

2. Штеба, Т. В. Аспекты пожарной безопасности атмосферной колонны установки АВТ-1 / Т. В. Штеба, М. В. Папаев // Гражданская оборона и природно-технические системы.— 2024. - С. 238–243.

3. Аксенов, В. Н. К вопросу о прогнозировании последствий аварий на химически опасных объектах / В. Н. Аксенов, Е. Р. Абдулина // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.— 2015.— № 1-1 (4). - С. 271–276.

4. Кочетов, О. С. Способ прогнозирования развития чрезвычайной ситуации при аварии на взрывоопасном объекте / О. С. Кочетов // Наука и инновации в современных условиях.— 2016. - С. 81–83.

УДК 614.841.332:699.812.2

В. А. Хушбахтов
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВЫБОР ОГНЕЗАЩИТЫ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ДВУТАВРОВ ПО НОРМАТИВНЫМ ПОРОГАМ ПРИВЕДЁННОЙ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛЛА

Рассчитана приведённая толщина металла 229 двутавров по ГОСТ 35087–2024. Порог 5,8 мм по СП 2.13130.2020 выполняют 82–87 % двутавров с параллельными гранями полок и 3–5 из 17 с уклоном полок. Критерии по толщинам полки и стенки совпали с расчётом в 96–100 % случаев; выявлены ошибки справочных таблиц.

Ключевые слова: огнезащита, стальные конструкции, двутавр, сортамент, приведённая толщина металла, вспучивающееся покрытие, предел огнестойкости.

V. A. Khushbakhtov

SELECTING FIRE PROTECTION FOR HOT-ROLLED I-BEAMS USING REGULATORY THRESHOLDS OF REDUCED METAL THICKNESS

The reduced metal thickness of 229 I-beams under GOST 35087–2024 is calculated. The 5.8 mm threshold of SP 2.13130.2020 is met by 82–87 % of parallel-flange and 3–5 of 17 taper-flange I-beams. Express criteria using flange and web thicknesses agree with calculation in 96–100 % of cases; errors in reference tables are revealed.

Key words: fire protection, steel structures, I-beam, rolled section range, reduced metal thickness, intumescent coating, fire resistance.

© Хушбахтов В. А., 2026

Сталь при пожаре теряет несущую способность [6], а несущим элементам зданий II степени огнестойкости нужен предел R 90 [11], поэтому выбор огнезащиты — ключевая задача проектирования стальных каркасов.

Ключевой параметр сечения — приведённая толщина металла $\delta_{пр}$, равная отношению площади сечения к обогреваемому периметру [3]; чем она меньше, тем быстрее прогревается сечение [4] и тем толще требуется слой огнезащиты.

По действующей редакции СП 2.13130.2020 $\delta_{пр}$ определяет и допустимый способ огнезащиты: если требуемый предел огнестойкости несущих элементов зданий I и II степеней огнестойкости обеспечивается огнезащитой, то при $\delta_{пр}$ менее 5,8 мм она должна быть конструктивной или комбинированной; если же требуется R 15, стальные конструкции (кроме входящих в противопожарные преграды) допускается не защищать при $\delta_{пр}$ не менее 4,0 мм либо при пределе огнестойкости не менее R 8 по расчёту или испытаниям [10].

Ранее для двутавров типов Б и Ш по СТО АСЧМ 20-93 найдены предельные нагрузки, при которых балки без огнезащиты обеспечивают огнестойкость 15 и 30 мин [5], а для балок при трёхстороннем обогреве разработан расчёт огнестойкости с учётом неравномерного прогрева сечения [7]. Справочные таблицы изготовителя огнезащитных составов [9] содержат значения $\delta_{пр}$ лишь для прежних сортаментов и не сопоставляют их с нормативными порогами, поэтому проектировщику приходится вычислять $\delta_{пр}$ вручную или доверять непроверенным таблицам, а ошибка ведёт либо к недостаточной огнезащите, либо к лишним затратам. Оценка действующего сортамента по порогам 5,8 и 4,0 мм в доступной литературе не найдена.

Цель работы — выполнить такую оценку для типов Б, Ш, К и У, предложить критерии выбора огнезащиты по толщинам полки и стенки и проверить их на проекте физкультурно-оздоровительного комплекса (ФОК), разработанном в СКБ КнАГУ [8]. Новизна работы: точное и упрощённое выражения периметра двутавров с уклоном полок, сплошная оценка действующего сортамента по порогам $\delta_{пр}$, экспресс-критерии, проверенные на всех 229 профилях, и выявленные ошибки справочных таблиц.

Методика

Рассмотрены все двутавры основных типов по действующему ГОСТ 35087–2024 [2]: с параллельными гранями полок Б (балочные нормальные, 49 профилей), Ш (балочные широкополочные, 74), К (колонные, 89) и с уклоном внутренних граней полок У (17); свайные и дополнительные серии не рассматривались. Номинальные размеры h, b, s, t профилей типа У совпадают с размерами двутавров по ГОСТ 8239–89 [1], применявшихся в эксплуатируемых зданиях; $\delta_{пр}$ вычислялась по формуле

$$\delta_{пр} = A / P, \qquad (1)$$

где A — площадь сечения, мм²; P — обогреваемый периметр при огнезащите по контуру с учётом радиусов сопряжения стенки с полками [12], мм:

$$P_4 = 2h + 4b - 2s - (8 - 2\pi)r, \qquad P_3 = P_4 - b, \tag{2}$$

где h — высота сечения; b — ширина полки; s — толщина стенки; r — радиус сопряжения стенки с полками, мм; индексы 4 и 3 соответствуют обогреву с четырёх сторон (колонна) и с трёх сторон (балка, на верхнюю полку которой опирается плита перекрытия). Для двутавров типа У с уклоном внутренних граней полок i и радиусом закругления полок r_1 из геометрии сечения (t — средняя толщина полки [1]) получено

$$P_4 \approx 2h + 4b - 2s - i(2 - i)(b - s) - (8 - 2\pi - 4i)(r + r_1), \tag{2а}$$

где i — уклон в долях единицы (0,06–0,12); при $i = r_1 = 0$ формула совпадает с (2), а при малом i следует из точного выражения ($\theta = \pi/2 - \operatorname{arctg} i$)

$$P_4 = 2h + 2b + 2(b - s)(\sqrt{(1 + i^2)} - i) - 4(2\operatorname{tg}(\theta/2) - \theta)(r + r_1). \tag{2б}$$

Пример проверки (2а) для 45У (h = 450, b = 160, s = 9, r = 16, r_1 = 7 мм, A = 8470 мм² [1]) при i = 0,09: P_4 = 1522 – 25,96 – 31,21 = 1464,8 мм и $\delta_{пр}$ = 5,782 мм, по (2б) — 1464,1 мм и 5,785 мм. Для всех профилей типа У (2а) занижает $\delta_{пр}$ не более чем на 0,16 % (в запас), а построенный при i = 0,12 контур воспроизводит их табличные площади [1] с расхождением не более 0,4 %. Уклон и радиусы на готовом прокате не контролируются [1], поэтому расчёт выполнен для всего диапазона уклона. Формула (2) проверена на контрольном примере [12] (расхождение менее 0,1 %); исходные данные и расчёт доступны у автора по запросу. Результаты сверены также со справочными таблицами [9]: для 70 из 75 двутавров с параллельными гранями полок расхождение не превышает 0,01 мм; для пяти профилей 40Б1–50Б1 табличные значения (3,00–3,43 мм) ошибочны: даже без учёта закруглений их $\delta_{пр}$ не менее 4,58 мм.

Результаты

Из двутавров типа У (таблица 1, рисунок 1) при обогреве с четырёх сторон порог 5,8 мм при любом уклоне выполняют 50У–60У, а для 45У ($\delta_{пр}$ = 5,76–5,81 мм) результат зависит от уклона. С трёх сторон его выполняют 40У–60У. При реконструкции зданий I и II степеней огнестойкости огнезащита несущих элементов из остальных двутавров типа У должна быть конструктивной или комбинированной [10].

Для двутавров с параллельными гранями полок картина иная (таблица 1): не проходят пороги главным образом лёгкие балочные нормальные двутавры, тогда как среди широкополочных и колонных доля профилей с $\delta_{пр} \geq 5{,}8$ мм составляет 89–97 %. При этом масса профиля сама по себе признаком не служит (рисунок 1): при обогреве с четырёх сторон двутавр 15К4 массой 46,8 кг/м проходит порог 5,8 мм, а 50Б1 массой 72,5 кг/м — нет.

Таблица 1. **Число двутавров, удовлетворяющих нормативным порогам δпр**

Тип двутавра	**Всего**	**$\delta_{пр} \geq 5{,}8$ мм**		**$\delta_{пр} \geq 4{,}0$ мм**	
		4 стороны	**3 стороны**	**4 стороны**	**3 стороны**
У (с уклоном полок)	17	3–4 (18–24 %)	5 (29 %)	9 (53 %)	12–13 (71–76 %)
Б (нормальные)	49	24 (49 %)	29 (59 %)	35 (71 %)	39 (80 %)
Ш (широкополочные)	74	66 (89 %)	69 (93 %)	73 (99 %)	73 (99 %)
К (колонные)	89	83 (93 %)	86 (97 %)	88 (99 %)	89 (100 %)
Б, Ш и К — всего	212	173 (82 %)	184 (87 %)	196 (92 %)	201 (95 %)

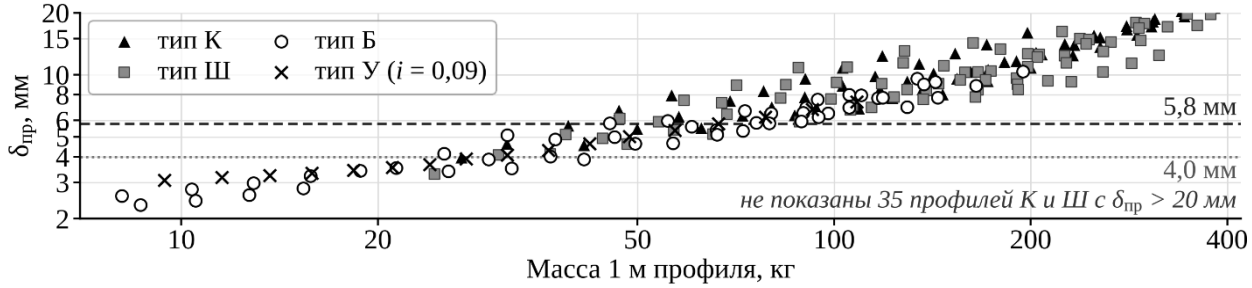


Рис. 1. Зависимость $\delta_{пр}$ от массы 1 м профиля (обогрев с четырёх сторон)

Решающую роль играют толщины полки t и стенки s. Пренебрегая закруглениями и принимая $A \approx 2bt + hs$ и $P_4 \approx 2h + 4b$, получим оценку

$$\delta_{пр} \approx (2bt + hs) / (2h + 4b), \qquad (3)$$

где при обогреве с трёх сторон в знаменателе вместо $4b$ принимается $3b$.

Для колонных двутавров ($h \approx b$) из (3) следует $\delta_{пр} \approx (2t + s)/6$, для балочных нормальных ($h \approx 2b$) — $\delta_{пр} \approx (t + s)/4$ (при обогреве с трёх сторон — $(2t + s)/5$ и $2(t + s)/7$). Критерии приведены в таблице 2; их пороги округлены до целых миллиметров (для типа Б — с 23,2 и 20,3 до 23 и 20 мм) и приняты по результатам проверки на всём сортаменте. Вблизи порогов ($\delta_{пр}$ = 3,5–7 мм) оценка (3) занижает $\delta_{пр}$ на 1,0–6,2 %, упрощённые формулы для типов К и Б дают погрешность от –4,8 до +2,7 %, однако случаев, когда критерий выполнен, а порог по расчёту не пройден, не выявлено.

Расчёт периметра без учёта закруглений занижает $\delta_{пр}$ на 1,3–4,0 % и меняет вывод о пороге 5,8 мм для 6–7 профилей (в зависимости от уклона). Допуск массы 1 м (+3/–5 % по ГОСТ 8239–89 [1]; для единообразия принят и для типов Б, Ш, К) относится к площади, а не к $\delta_{пр}$, зависящей и от периметра, и служит лишь ориентиром: при запасе до порога 5,8 мм менее 5 % (с четырёх сторон — 25Б4, 30Б4, 45Б2, 50Б2, 55Б1, 25Ш2, 40Ш1, 45У; с трёх — 20Б3, 45Б1, 50Б1, 20Ш2, 40У) $\delta_{пр}$ уточняют по фактическим размерам.

Таблица 2. **Экспресс-критерии и их совпадение с расчётом по (2), (2а)**

Область применимости	Порог $\delta_{пр}$, мм	Критерий при обогреве		Совпадение с расчётом
		с 4 сторон	с 3 сторон	
Тип К (h/b = 0,88–1,54)	5,8	$2t + s \geq 35$ мм	$2t + s \geq 29$ мм	100 %
	4,0	$2t + s \geq 24$ мм	$2t + s \geq 20$ мм	100 %
Тип Б (h/b = 1,81–3,03)	5,8	$t + s \geq 23$ мм	$t + s \geq 20$ мм	100 %
	4,0	$t + s \geq 16$ мм	$t + s \geq 14$ мм	98 / 96 %
Все типы, включая Ш и У	5,8	оценка (3)		97 / 98 %
	4,0	оценка (3)		98 / 98–99 %

Примечание – Через «/» — обогрев с четырёх и с трёх сторон; все расхождения идут в запас.

Пример применения

ФОК [8] — здание II степени огнестойкости с железобетонным каркасом; часть покрытия выполнена по стальным балкам 30Б2, 35Б2, 45Б1, 55Б1 и 70Б1, на верхнюю полку которых опираются прогоны (обогрев с четырёх сторон). В проекте не указано, обеспечивают ли балки общую прочность и пространственную устойчивость здания, т. е. относятся ли они к несущим элементам [10], поэтому рассмотрены два сценария. Если балки — несущие элементы, критерий $t + s \geq 23$ мм не выполняют 30Б2, 35Б2 и 45Б1 ($t + s$ = 15,5; 18 и 20 мм), что подтверждает расчёт ($\delta_{пр}$ = 4,02; 4,64 и 5,14 мм), а у 55Б1 (5,95 мм) запас лишь 2,6 %. Иначе для них как элементов бесчердачного покрытия требуется R 15 [11] и проверяется порог 4,0 мм [10]. Здесь 30Б2 не проходит экспресс-проверку ($t + s$ = 15,5 мм < 16 мм), однако порог пройден: по (2) $\delta_{пр}$ = 4678/1164,7 = 4,02 мм. При запасе 0,4 % $\delta_{пр}$ следует подтвердить по фактическим размерам или обосновать R 8 расчётом.

Выводы

1. Порог 5,8 мм выполняют 82–87 % двутавров с параллельными гранями полок (порог 4,0 мм — 92–95 %) и лишь 3–5 из 17 двутавров типа У: при реконструкции зданий I и II степеней огнестойкости огнезащита несущих элементов из двутавров 10У–40У (при обогреве с трёх сторон — 10У–36У) должна быть конструктивной или комбинированной.

2. На исследованном сортаменте экспресс-критерии (таблица 2) совпадают с расчётом в 96–100 % случаев, все расхождения — в запас; справочные данные подтвердили расчёт, но для пяти профилей ошибочны.

3. Если балки ФОК — несущие элементы, огнезащита 3 из 5 типоразмеров должна быть конструктивной или комбинированной; если нет, при требуемом R 15 и вне противопожарных преград все пять ($\delta_{пр} \geq 4,0$ мм) допускается не защищать, но у 30Б2 запас лишь 0,4 %.

4. Практическая значимость: критерии таблицы 2 позволяют без расчёта $\delta_{пр}$ предварительно определить допустимый способ огнезащиты, в том числе при реконструкции, но не заменяют проект огнезащиты: толщину покрытия и предел огнестойкости обосновывают по документации на средство с учётом условий эксплуатации [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8239–89. Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент. – Введ. 1990-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – Утратил силу в РФ.

2. ГОСТ 35087–2024. Двутавры стальные горячекатаные. Технические условия. – Введ. 2024-12-01. – М. : Российский институт стандартизации, 2025.

3. ГОСТ Р 53295–2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. – Введ. 2010-01-01. – М. : Стандартинформ, 2009.

4. Еремина Т. Ю., Минайлов Д. А. Исследование влияния температурного режима пожара на эффективность вспучивающегося огнезащитного покрытия, предназначенного для огнезащиты стальных конструкций // Пожаровзрывобезопасность. – 2023. – Т. 32, № 2. – С. 44–58. – DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.02.44-58.

5. Жамойдик С. М., Шкараденок К. В., Лященко С. Ф. Табличные данные для оценки огнестойкости изгибаемых стальных балок без огнезащиты // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 58–73. – DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.58.

6. Мосалков И. Л., Плюснина Г. Ф., Фролов А. Ю. Огнестойкость строительных конструкций. – М. : Спецтехника, 2001. – 496 с.

7. Огнестойкость строительных конструкций из стального проката с повышенными показателями термостойкости / В. И. Голованов, А. В. Пехотиков, Д. Н. Приступюк, Г. И. Крючков // Пожаровзрывобезопасность. – 2024. – Т. 33, № 3. – С. 47–56. – DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.03.47-56.

8. Павленко И. А. Разработка информационной модели проекта физкультурно-оздоровительного комплекса в г. Комсомольск-на-Амуре [Электронный ресурс] : проект СКБ / рук. Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : КнАГУ, 2023. – URL: https://knastu.ru/media/files/page_files/education/ssf/skb/skb_bim/2022-2023/7uz/Proyekt_SKB_Pavlenko.pdf (дата обращения: 07.10.2026).

9. Приведенная толщина. Таблицы [Электронный ресурс] // НПК «ОгнеХимЗащита». – URL: https://ognehimzashita.ru/info/privedennaya-tolshchina-tablitsy (дата обращения: 08.10.2026).

10. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты : утв. приказом МЧС России от 12.03.2020 № 151 : с изм. № 1, 2. – Введ. 2020-09-12.

11. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. – 2008. – № 30, ч. 1. – Ст. 3579.

12. Calculating section factors [Электронный ресурс] // SteelConstruction.info. – URL: https://steelconstruction.info/topics/fire-and-steel-construction/calculating-section-factors/ (дата обращения: 09.10.2026).

УДК 614.841.41

О. Г. Циркина, А. Н. Клушин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ

В статье приводится анализ данных, характеризующих огнезащитные свойства составов, содержащих шунгит и глюконат кальция в качестве вспучивающих агентов, вводимых в полимерное покрытие на основе поливинилхлорида (ПВХ). Показано, что выбранные наполнители обладают высокими интумесцентными и огнезащитными свойствами, при этом наилучшие показатели демонстрируют образцы с ПВХ-пленками, в состав которых входит смесь шунгита и глюконата кальция.

Ключевые слова: пожарная опасность, текстильные материалы, наполнители, огнезащитные свойства, антипирен, интумесценция.

O. G. Tsirkina, A. N. Klushin

DEVELOPMENT OF FIRE-RESISTANT MATERIALS BASED ON TEXTILE FABRICS

The article presents an analysis of data characterizing the fire-retardant properties of formulations containing shungite and calcium gluconate as flammable agents added to a polymer coating based on polyvinyl chloride (PVC). It has been shown that the selected fillers have high intumescent and fire-retardant properties; the samples with PVC films containing a mixture of shungite and calcium gluconate demonstrate the best performance.

Key words: fire hazard, textile materials, fillers, fire-retardant properties, flame retardant, intumescence.

Современные текстильные материалы специального и технического назначения должны соответствовать требованиям национальных стандартов по защите от огня и обеспечивать безопасность человека в критических ситуациях. Из этого следует, что разработка составов, которые снижают горючесть текстильных материалов, в настоящее время является крайне важной задачей.

Представленная работа проводится в рамках начатых ранее исследований, связанных с поиском наполнителей, которые бы выполняли функции антипиренов в составе поливинилхлоридной (ПВХ) пленки, для повышения устойчивости текстильного материала к горению. Полученные ранее результаты исследований, изложены в научных статьях [1, 2, 3, 4].

Данный этап работы проведен с целью разработки полимерных составов, обладающих огнезащитными интумесцентными свойствами, которые наносятся на хлопкополиэфирную саржу.

© Циркина О. Г., Клушин А. Н., 2026

Смесовая саржа широко применяется в качестве материала специального и технического назначения. Выбранная в качестве основы для полимерного покрытия ткань имеет следующие характеристики: саржа арт. 18422Х, поверхностная плотность 255 г/м^2, выработана из смеси хлопкового и полиэфирного волокна (80 % ХВ:20 % ПЭ).

Полимерное покрытие формируется на основе ПВХ-пластизоля: 10 мас. ч ПВХ и 7 мас. ч пластификатора диоктилфталата (ДОФ). В качестве наполнителей в состав ПВХ-пасты вводили:

– глюконат кальция (ГК) (измельченный порошок);

– шунгит (Шн) (мелкодисперсный порошок);

– смеси указанных наполнителей в различных соотношениях.

Приготовленные полимерные композиции наносили на саржу и подвергали термообработке при температуре 145–150 °С до формирования на поверхности ткани ПВХ-пленки. Толщину получаемого покрытия замеряли толщиномером. Она составляла 0,10±0,01 мм.

По методике ГОСТ 11209-2014 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний», оценивали устойчивость полученных композиционных материалов к действию открытого пламени. Для определения качества интумесцентного покрытия определяли коэффициент вспучивания полимерного покрытия, содержащего наполнители, по формуле:

$$K_{вс.} = \frac{h}{h_0}$$

где h – высота вспученного слоя, h_0 – высота исходного покрытия.

В табл. 1 приведены результаты испытаний саржи с ПВХ-покрытием, содержащим различные наполнители, где время воздействия открытого пламени на материал со стороны полимерного покрытия обозначено как τ (с), параметры вспучивания: диаметр вспученной поверхности – d (мм) и высота вспученного слоя – h (мм).

Таблица 1. **Результаты испытаний саржи с ПВХ-покрытием, содержащим различные наполнители**

Образец	**τ, с**	**Параметры вспучивания**
исходная саржа	12	отсутствует
саржа + ПВХ-пленка	70	отсутствует
саржа + ПВХ-пленка с ГК+Шн	180	d = 50 мм h = 27,5 мм $К_{всп}$ = 265–275
саржа + ПВХ-пленка с ГК	180	d = 30 мм h = 23 мм $К_{всп}$ = 220–230

Для всех образцов с ПВХ-покрытием при горении наблюдается окрашивание пламени в зеленый цвет, что является качественной реакцией на наличие в составе композиционного материала атомов хлора.

Полученные результаты согласуются с данными, приведенными в [5, 6]. Авторы отмечают, что использование модифицированных добавками пластификаторов, выполняющих функции антипирена, повышают термическую и термоокислительную устойчивость ПВХ-композиций.

Прочность фиксации ПВХ-покрытия на ткани определяли с использованием измерителя адгезии ПСО-МГ4, при этом оценивали:

– силу сцепления пленки с поверхностью ткани (F_k), кН, переводя ее в принятую для двухслойных материалов размерность – Н/5см;

– прочность сцепления пленки с поверхностью ткани (R_k), МПа.

Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Прочность фиксации ПВХ-покрытия на ткани**

Образец	F_k, Н/5см	R_k, МПа
саржа + ПВХ-пленка с ГК+Шн	68 ± 0,1	0,35 ± 0,01
саржа + ПВХ-пленка с ГК	80 ± 0,1	1,27 ± 0,01
саржа + ПВХ-пленка	64 ± 0,1	0,34 ± 0,01

Полученные данные, характеризующие адгезию ПВХ-пленки к ткани, свидетельствуют о том, что наличие в ПВХ-пленке наполнителей не ухудшают требуемых прочностных характеристик. Авторы работы [7] указывают, что согласно техническим условиям большинства производителей материалов с ПВХ-покрытием, прочность связи между полимерным слоем и субстратом должна составлять не менее 65 Н/5 см.

Таким образом, вводимые в составы ПВХ-пленки шунгит и глюконат кальция обладают интумесцентными свойствами и могут использоваться в качестве антипирирующих добавок. По величине коэффициента вспучивания выявлен синергический эффект для смеси наполнителей из шунгита и глюконата кальция, входящих в ПВХ-состав.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сырбу С.А., Циркина О.Г., Колесникова Н.Н, Спиридонова В.Г., Салихова А.Х., Клушин А.Н. Влияние наполнителей ПВХ-покрытия целлюлозосодержащих текстильных материалов на эффективность их огнезащиты // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2025. № 2(416). С. 181–195.

2. Циркина О.Г., Сырбу С.А., Торшинина Н.А., Спиридонова В.Г., Кузьмина Н.Н., Салихова А.Х. Разработка полимерных композиций для снижения горючести тканей технического назначения// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. №4 (412). С. 136-146.

3. Сырбу С.А., Циркина О.Г., Салихова А.Х., Спиридонова В.Г., Фролова Т.В., Кузьмина Н.Н. Проблемные вопросы придания текстильным материалам

специальных защитных свойств // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2(47). С. 134–141.

4. Циркина О. Г., Спиридонова В. Г., Сырбу С. А., Салихова А. Х., Клушин А. Н. Особенности поведения материалов из синтетических и смесовых волокон под действием высоких температур и при горении // Современные проблемы гражданской защиты. 2026. № 2 (59). С. 118–128.

5. Плотникова Р.Н., Попова Л.В. Термоокислительная стабильность ПВХ-композиций, модифицированных бромсодержащим пластификатором-антипиреном // Пластические массы. 2024. № 2. С. 29-31.

6. Ахметханов Р.М., Захаров В.П., Мазина Л.А., Нафикова Р.Ф., Степанова Л.Б. Термическая и термоокислительная устойчивость поливинилхлорида пластифицированного диоктилтерефталатом // Вестник Башкирского университета. 2017. Т. 22. №4. С. 991 – 996.

7. Лотоцкий Н.Р., Коваленко Г.М., Полетаева А.Н., Дмитриев М.С. Исследование влияния адгезионных добавок на прочность связи между слоями поливинилхлоридных тентовых материалов // Пластические массы. Июль-август 2024. С. 41-43. DOI: 10.35164/0554-2901-2024-04-41-43.

УДК: 614.841.2.001.5

А. О. Чалова, Т. И. Большова, Н. А. Таратанов
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧАСТНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ПОЖАРА

Четверть всех пожаров в России и такая же доля материальных потерь приходятся на возгорания, вызванные аварийным режимом работы электроустановок. Ущерб от данной категории пожаров является наибольшим по сравнению с иными причинами.

Ключевые слова: пожарно-техническая экспертиза; холодильное оборудование; аварийный режим работы; очаг пожара; тепловые поражения; изобутан, источник повышенной опасности.

A. O. Chalova, T. I. Bolshova, N. A. Taratanov

FIRE-TECHNICAL STUDY OF THE CONTRIBUTION OF REFRIGERATION EQUIPMENT TO FIRE INCIDENTS

A quarter of all fires in Russia and the same share of material losses are caused by fires triggered by abnormal operation of electrical installations. The damage from this category of fires is the greatest compared to other causes.

© Чалова А. О., Большова Т. И., Таратанов Н. А., 2026

Keywords: fire and technical expertise; refrigeration equipment; abnormal operation; fire source; thermal injuries; isobutane, a source of increased danger.

Ввиду высокой степени электрификации аварийные режимы работы электрооборудования широко распространены, а любое электрооборудование, находящееся под напряжением, является повышенным источником опасности. В связи с этим экспертная задача сводится к установлению факта аварийного режима и его роли в возникновении пожара.

Холодильное оборудование занимает в этой проблеме особое положение. Рассмотрим некоторые причины возгорания холодильного оборудования представлены на рис. 1.

Бытовой холодильник находится под напряжением круглосуточно, его компрессорный отсек представляет собой замкнутое пространство с ограниченным теплоотводом, а в современных моделях в качестве хладагента используется изобутан (R600a) – горючий газ с температурой самовоспламенения около 460 °C и концентрационными пределами распространения пламени 1,8–8,4 % об. Это означает, что при разгерметизации контура холодильник перестаёт быть только лишь потенциальным источником электрического зажигания и приобретает свойства системы с горючим газом.



Рис. 1. Возможные причины возгорания холодильного оборудования

Парокомпрессионная холодильная система включает четыре основных элемента: компрессор, конденсатор, дроссельное устройство и испаритель. С точки зрения пожарной опасности могут быть выделены три критических узла: электрические элементы компрессорного отсека, состояние конденсатора и герметичность холодильного контура.

В отсеке сосредоточены пускозащитное реле, токовая защита, конденсаторы и клеммные соединения. При длительной эксплуатации возможны старение изоляции, ослабление контактных соединений и локальный перегрев. Ограниченный объём отсека и затруднённый теплоотвод способствуют накоплению тепла.

Конденсатор отводит тепло за счёт естественной конвекции. Пыль, накапливающаяся на трубках конденсатора, снижает эффективность теплообмена, что приводит к повышению температуры конденсации и температуры нагнетания компрессора. При достижении температурой поверхности конденсатора значения порядка 250 °C возможно термическое разложение прилегающих панельных материалов.

Любая трещина, дефект пайки или механическое повреждение контура приводят к утечке хладагента. Для систем с R600a утечка объёмом 1–2 % от объёма контура в замкнутом пространстве компрессорного отсека способна создать взрывоопасную концентрацию; источником зажигания при этом может служить искрение контактов термостата или пускового реле.

В пожарно-техническом исследовании холодильник должен рассматриваться в двух качествах: как источник повышенной опасности и как тепловой экран, влияющий на распространение горения. Эта двойственность определяет логику проверки версий. Если горение возникло в месте расположения холодильника, то сам холодильник экранирует расположенные перед ним предметы, а наиболее тяжёлые термические поражения должны быть зафиксированы на конструкциях позади него. Если же источник горения находился перед холодильником (например, у газового котла), то холодильник, напротив, должен был выполнять роль теплозащитного барьера, а стена в углу за ним должна иметь меньшую степень поражения.

Проанализировав положения действующей методики по определению причастности холодильного оборудования к возникновению пожара отмечено, что для точного доказательства причастности холодильника к пожару, важно наиболее полно и качественно проводить осмотр холодильников после пожара. Таким образом, на основании методических принципов представлена схема алгоритма по последовательности действий осмотра холодильника, которая позволит качественно зафиксировать все необходимые криминалистически значимые следы.

Установление очага пожара проводится на основе имеющихся в материалах дела данных: описания объекта пожара и его термических поражений, фото- и видеоматериалов, результатов инструментальных исследований материалов и конструкций, а также показаний свидетелей и других материалов, содержащих криминалистически значимую информацию. На основании анализа протокола осмотра места происшествия и фототаблицы была составлена план-схема распределения термических повреждений на конструкциях дома и его помещениях.

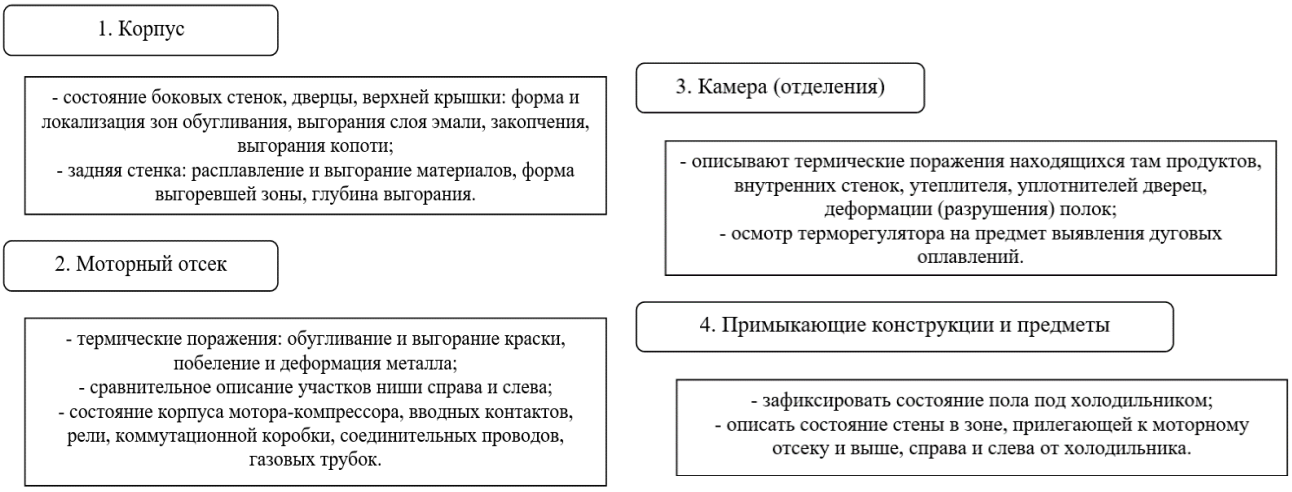


Рис. 2. Последовательность действий по осмотру холодильного оборудования после пожара

В работе рассмотрен алгоритм действий по отработке версии причастности холодильника к пожару (рис. 3), где отмечена важность применения разнообразных инструментальных методов. Кроме того, предложено в обязательном порядке проводить исследование с применением компьютерных технологий для подтверждения выводов по реконструкции динамики распространения пожара.



Рис. 3. Алгоритм действий по отработки версии причастности холодильного оборудования к возникновению пожара

На конкретном примере пожара разберем этапы применения представленного алгоритма (рис. 4).



Рис. 4. План-схема и фото с места происшествия

По совокупности объективных и субъективных сведений, включая реконструкцию процесса возникновения пожара, сделан вывод: очаг пожара находился в западной части жилого дома, в юго-западном углу внутреннего пространства коридора (в месте расположения двухкамерного холодильника).

Учитывая расположение зоны первоначального возникновения пожара, обстоятельства обнаружения горения и распределение пожарной нагрузки, рассматривались пять версий возникновения и развития пожара: искусственное инициирование горения; воздействие на горючие материалы маломощного источника тепла в виде тлеющего табачного изделия; источники зажигания, связанные с эксплуатацией газового котла; источники зажигания, связанные с разгерметизацией компрессора и выходом хладагента (изобутана); аварийный режим работы электрооборудования. Первые четыре версии были исключены по объективным причинам.

Пятая версия получила наиболее полное подтверждение. При её отработке представляется следующая цепь событий: «неплотный контакт → большое электросопротивление в месте контакта и, выделение тепла на контакте → карбонизация изоляции → увеличение электропроводности изоляции → возникновение токов утечки через карбонизованную изоляцию и её ещё больший разогрев». Эта цепь обеспечивает последовательный процесс, который в итоге приводит к возникновению горения.

В пользу данной версии в материалах присутствует следующая информация: удлинитель для питания электроприборов (холодильника и электрического циркуляционного насоса) самодельного изготовления; отделка стен и пола в помещении коридора выполнена из горючего материала; отсутствовало негорючее основание под напольным газовым котлом. Исходя из вышеизложенного, технической причиной возникновения горения послужило возгорание горючих материалов от теплового воздействия электрической энергии при аварийном режиме работы электросети или электрооборудования, расположенного внутри компрессорного отсека холодильника.

По итогам выполнения работы доказано, что получение криминалистически значимых признаков невозможно без применения как визуальных, так и инструментальных методов исследования. Полученные результаты представляют практическую ценность для специалистов в области пожарно-технической экспертизы. Дальнейшее направление работы связано с расширением базы экспериментальных данных по аварийным режимам работы компрессорных отсеков холодильников различных конструкций и с уточнением расчётных моделей распространения горения в замкнутых объёмах малого размера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в действующей редакции).

2. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

3. Методические рекомендации по организации профилактики пожаров от электрооборудования в жилых и общественных зданиях с применением технических средств. М.: МЧС России.

4. Методика оценки пожарной безопасности жилого дома (квартиры). М.: МЧС России.

5. ГОСТ Р 70739-2023. Судебная пожарно-техническая экспертиза. Термины и определения.

УДК 342.9: 614.849

В. Р. Шавшина, А. А. Лазарев, А. А. Липинская, Д. А. Степанян, И. В. Некрасова, Д. Е. Цветков
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ НАДЗОРА В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье исследуется проблема процессуальных ограничений, возникающих в практике федерального государственного пожарного надзора в условиях реформирования контрольно-надзорной деятельности. Рассматриваются ограничения в оценке исполнения предписаний, выданных по итогам профилактических визитов, и недостаточность сроков давности привлечения к административной ответственности.

Ключевые слова: государственный пожарный надзор, контрольно-надзорная деятельность, профилактический визит, предписание, административная ответственность, сроки давности, оценка исполнения предписаний.

V. R. Shavshina, A. A. Лазарев, A. A. Lipinskaya, D. A. Stepanyan, I. V. Nekrasova, D. E. Tsvetkov

PROBLEMATIC ISSUES IN THE DEVELOPMENT OF THE FIRE SAFETY SUPERVISION SYSTEM

The article examines the problem of procedural limitations arising in the practice of federal state fire supervision in the context of reforming control and supervision activities. The limitations in assessing the execution of prescriptions issued following preventive visits and the insufficiency of statutes of limitations for bringing to administrative responsibility are considered.

Key words: state fire supervision, control and supervision activity, preventive visit, prescription, administrative responsibility, statutes of limitations, assessment of prescription execution.

Современная система пожарной безопасности представляет собой комплексный механизм, включающий технико-технологические и организационно-правовые инструменты. Эффективность данной системы зависит от последовательности внедрения и поддержания пожаробезопасных материалов и технологий. Это делает вопрос эффективности государственного пожарного надзора не просто юридической проблемой, но условием, без которого технические достижения в области пожарной безопасности не всегда реализуются на практике.

© Шавшина В. Р., Лазарев А. А., Липинская А. А., Степанян Д. А., Некрасова И. В., Цветков Д. Е., 2026

Реформа контрольно-надзорной деятельности принципиально изменила архитектуру надзорных отношений [1-9]. Вектор реформы направлен на смещение акцента от карательного контроля к профилактической модели, в которой центральное место занимают профилактические визиты, наблюдение за соблюдением обязательных требований (мониторинг безопасности) и иные бесконтактные формы взаимодействия с контролируемыми лицами [3]. Эта модель отвечает современным представлениям о снижении административного давления на бизнес и развитии риск-ориентированного подхода.

Однако практика применения нового законодательства выявила серьезный системный дисбаланс: профилактические механизмы существенно расширены, в то время как принудительные инструменты (привлечение к административной ответственности и контроль фактического исполнения предписаний) оказались процессуально ограничены. В результате складывается парадоксальная ситуация, при которой нарушения требований пожарной безопасности фиксируются, предписания выдаются, но реальное обеспечение их исполнения и привлечение к ответственности за неисполнение оказываются затруднены.

Целью настоящей статьи является выявление и анализ ключевых процессуальных ограничений, возникающих в практике федерального государственного пожарного надзора (ФГПН), и предложение направления их преодоления.

Одной из центральных инноваций Федерального закона № 248-ФЗ стал институт обязательного профилактического визита (статья 52.1). В ходе его проведения должностное лицо контрольного (надзорного) органа в случае выявления нарушений, выдает предписание об их устранении (часть 13 статьи 52.1) [3]. Казалось бы, этот механизм должен работать как полноценный инструмент обеспечения соблюдения требований: нарушение выявлено – предписание выдано и исполнение проконтролировано.

Однако практика показала, что контроль исполнения таких предписаний серьезно затруднен. Согласно статье 95 Федерального закона № 248-ФЗ, оценка исполнения предписания проводится на основании представленных контролируемым лицом документов. При этом проведение выездной проверки допускается исключительно в случае, если оценивается исполнение предписания, выданного по итогам ранее проведенной выездной проверки.

Это означает, что предписание, выданное по результатам профилактического визита, не может быть проверено на исполнение посредством выездной проверки. Надзорный орган ограничен следующими инструментами: документарной оценкой представленных контролируемым лицом материалов; наблюдением за соблюдением обязательных требований (мониторингом безопасности) — мероприятием без взаимодействия; иными контрольными мероприятиями, за исключением выездной проверки.

Существенно, что из Положения о федеральном государственном пожарном надзоре исключена возможность проведения инспекционного визита [4]. Тем самым надзорный орган лишен еще одного инструмента фактической проверки исполнения предписаний.

Следствием указанных ограничений является то, что контролируемое лицо, получившее предписание по итогам профилактического визита, формально может представить документы, создающие видимость исполнения, тогда как фактическое устранение нарушений и остаться вне пределов непосредственной проверки. Для сферы пожарной безопасности, где визуальный и инструментальный контроль состояния средств защиты нередко является единственным способом подтвердить их работоспособность, такое ограничение представляется критическим [8].

Второй аспект проблемы связан со сроками давности привлечения к административной ответственности. Согласно части 1 статьи 4.5 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях (далее – КоАП РФ), по большинству составов, по которым должностные лица органов ГПН уполномочены составлять протоколы об административных правонарушениях (за исключением статей 20.4 и частей 13, 14 статьи 19.5), установлен общий срок давности – три месяца [5].

На практике этот срок оказывается недостаточным. Дела об административных правонарушениях в области пожарной безопасности нередко характеризуются значительной процессуальной сложностью: необходимость проведения экспертиз, сбора и анализа большого объема документов, установления вины юридических лиц. Кроме того, дела передаются на рассмотрение в суды, где их рассмотрение также может занимать значительное время. В результате к моменту вынесения постановления трёхмесячный срок давности истекает, и суды отказывают в привлечении к ответственности даже при установленном составе и событии правонарушения [5].

Конституционный Суд РФ считает, что сроки давности нужны для обеспечения неотвратимости ответственности и предотвращения неоправданного преследования. В Постановлении от 15 января 2019 г. № 3-П указано, что установление особых сроков обусловлено объективными особенностями конкретных составов и требует увеличенных временных затрат. Произвольное увеличение сроков не допускается, длительность рассмотрения дел должна быть связана со сложностью установления обстоятельств дела, а не с трудностями в организации работы судов [1, 2, 5].

Однако в сфере пожарной безопасности объективная сложность выявления и доказывания составов правонарушений соответствует критерию «значительных процессуальных усилий». Законодатель пока не пришел к выводу о необходимости введения особых сроков для составов в области пожарной безопасности (за исключением уже предусмотренных статьями 20.4 и 19.5 КоАП РФ).

Рассмотренные проблемы не являются изолированными. Они формируют единый системный разрыв в контрольно-надзорном цикле:

– выявление нарушения, которое осуществляется в рамках профилактического визита.

– выдача предписания, производимая в упрощенном порядке, без выездной проверки.

– контроль исполнения предписания ограничено документарной оценкой и бесконтактными мероприятиями; выездная проверка недоступна.

– привлечение к ответственности за неисполнение затрудняется ввиду истечения трехмесячного срока давности.

На каждом этапе принудительный механизм ослаблен или ограничен. В результате профилактическая модель, задуманная как более мягкая и эффективная альтернатива карательному надзору, рискует превратиться в формальную процедуру, не обеспечивающую реального устранения нарушений. Это особенно значимо для пожарной безопасности, где неисполненное предписание – это не просто процессуальное упущение, а прямой риск для жизни и здоровья людей [7, 8].

Представляется, что разрешение выявленного дисбаланса возможно по следующим направлениям:

1. Расширение перечня контрольных мероприятий, доступных для оценки исполнения предписаний, выданных по итогам профилактических визитов. В частности, представляется обоснованным допуск проведения выездного (рейдового) осмотра или иного мероприятия, предполагающего визуальную оценку состояния объекта, при наличии оснований полагать, что представленная документация не отражает фактического устранения нарушений. Это не означало бы возврата к карательному надзору, а восполнило бы пробел в инструментальном арсенале надзорного органа.

2. Обоснование необходимости введения специальных сроков давности привлечения к административной ответственности по составам правонарушений в области пожарной безопасности, не охваченным статьями 20.4 и 19.5 КоАП РФ. Аргументация может строиться на том, что выявление и доказывание таких правонарушений объективно требует специальных познаний, технической экспертизы и анализа значительного объёма документации, что соответствует критериям, установленным Конституционным Судом РФ для введения особых сроков [1].

3. Развитие цифровых инструментов контроля, предполагающих использование технологий дистанционного мониторинга, тепловизионного контроля, систем видеоаналитики для оценивания состояния объектов защиты без проведения выездных проверок. Это позволило бы восполнить ограничения, связанные с запретом на выездные проверки, при сохранении профилактического характера надзора [6, 9].

Таким образом, проведенный анализ показывает, что реформа контрольно-надзорной деятельности сместила акцент на профилактическую модель. При этом создана качественно новая архитектура надзора, но возник системный дисбаланс между профилактикой и принуждением. Эффективная реализация профилактики требует адекватных механизмов принудительного исполнения и неотвратимости ответственности. Законодательство должно учитывать специфику надзорной деятельности в области пожарной безопасности. Предложенные меры направлены на расширение контроля исполнения предписаний, специальные сроки давности и цифровые технологии мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Конституционного Суда Российской Федерации от 14 февраля 2013 г. № 4-П «По делу о проверке конституционности Федерального закона "О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях и Федеральный закон "О собраниях, митингах, демонстрациях, шествиях и пикетированиях" в связи с запросом группы депутатов Государственной Думы и жалобой гражданина Э.В. Савенко» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 8. – Ст. 868.

2. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. № 195-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 1, ч. 1. – Ст. 1.

3. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 31, ч. I. – Ст. 5007.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 августа 2025 г. № 1288 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2025. – № 35. – Ст. 5211.

5. Постановление Конституционного Суда Российской Федерации от 15 января 2019 г. № 3-П «По делу о проверке конституционности части 1 статьи 4.5 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях в связи с жалобой общества с ограниченной ответственностью "СПСР-ЭКСПРЕСС"» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2019. – № 3. – Ст. 280.

6. Коржова В.Р. [и др.] Алгоритм разработки и регистрации декларации пожарной безопасности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2026. С. 242-248. EDN: DHTBET

7. Макаров М.С. [и др.] Правоприменение в условиях особого противопожарного режима: судебная практика и пути совершенствования надзорной деятельности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2026. С. 298-304. EDN: CVOCWB

8. Василевич Н.С. [и др.] Распространение некоторых норм пожарной безопасности на отношения сторон, возникшие до их принятия // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, 2026. С. 71-77. EDN: KWRERY

9. Мальцев А.Н. [и др.] База данных по теплофизическим характеристикам для разработки устройств в целях предотвращения распространения ландшафтного пожара // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2025620979, 03.03.2025. Заявка № 2025620518 от 24.02.2025. EDN: EJOHBL

УДК 614.841:004.8

В. Р. Шавшина, Я. А. Тарасова, А. И. Закинчак
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ: ОТ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМУ УПРАВЛЕНИЮ

Рассмотрены технологии многокритериального обнаружения пожара и интеллектуального управления противопожарной защитой. Предложена двухконтурная архитектура, объединяющая автономную исполнительную автоматику и аналитическую поддержку решений. Определены критерии оценки эффективности и условия безопасного применения алгоритмов машинного обучения.

Ключевые слова: противопожарная защита, раннее обнаружение пожара, мультисенсорные системы, машинное обучение, цифровой двойник, интеллектуальное управление.

V. R. Shavshina, Y. A. Tarasova, A. I. Zakinchak

NEW TECHNOLOGIES IN FIRE PROTECTION SYSTEMS: FROM AUTOMATIC DETECTION TO INTELLIGENT CONTROL

Technologies for multi-criteria fire detection and intelligent fire protection control are examined. A dual-loop architecture combining autonomous control automation with analytical decision support is proposed. Performance assessment criteria and conditions for the safe application of machine learning algorithms are identified.

Keywords: fire protection, early fire detection, multi-sensor systems, machine learning, digital twin, intelligent control.

Развитие противопожарной защиты связано с переходом от регистрации отдельных признаков горения к комплексной оценке состояния объекта. Традиционная автоматика обнаруживает опасное событие и выполняет

© Шавшина В. Р., Тарасова Я. А., Закинчак А. И., 2026

заданную последовательность действий. Интеллектуальные технологии позволяют дополнительно анализировать динамику измерений, сопоставлять сведения из разных источников и прогнозировать изменение обстановки. Однако усложнение алгоритмов само по себе не обеспечивает повышения безопасности: необходимо учитывать надежность оборудования, неопределенность данных и последствия ошибочного решения.

Научная проблема состоит в согласовании адаптивной обработки информации с требованием предсказуемого выполнения защитных функций. Алгоритм может уточнять место возникновения пожара или характер развития опасных факторов, но не должен становиться единственным условием срабатывания исполнительных устройств.

Цель работы – разработать концептуальную архитектуру интеллектуальной противопожарной защиты, в которой преимущества многокритериального обнаружения сочетаются с автономностью исполнительной автоматики. Методологическую основу составляют анализ научных публикаций, функциональная декомпозиция и качественный анализ отказов. Работа носит обзорно-аналитический характер; натурные испытания предложенной архитектуры не проводились.

Выбор способа обнаружения определяется ожидаемым сценарием пожара и условиями эксплуатации. Дымовые, тепловые, газовые и оптические средства регистрируют разные проявления горения, поэтому их чувствительность и устойчивость к помехам неодинаковы. Пар, пыль, изменение освещения и технологические аэрозоли способны создавать сигналы, сходные с признаками пожара. В то же время некоторые процессы термического разложения сопровождаются выделением газов до появления выраженной задымленности [1-3].

Мультисенсорный подход предусматривает совместный анализ нескольких физических величин. Для оценки состояния помещения могут использоваться концентрация аэрозольных частиц, температура, содержание монооксида углерода и летучих органических соединений. Информативны не только текущие значения, но и скорость их изменения, продолжительность отклонения от фонового уровня, согласованность показаний соседних устройств. Тем самым обнаружение основывается на развитии события, а не исключительно на превышении отдельного порога.

Перспективны распределенные волоконно-оптические средства измерения температуры. Они позволяют контролировать протяженные участки и локализовать нагрев вдоль чувствительного элемента. Такие решения представляют интерес для тоннелей, кабельных сооружений и конвейерных линий. Обзор современных сенсорных технологий также показывает возможности функциональных покрытий на основе оксида графена, изменяющих электрические свойства при нагревании [4, 5]. Однако лабораторное быстродействие материала нельзя непосредственно отождествлять со временем обнаружения пожара в помещении: последнее

зависит от расположения чувствительного элемента, теплообмена и условий эксплуатации.

Видеоаналитика дополняет контактные и аэрозольные методы пространственной информацией. Анализ последовательности кадров позволяет выделять признаки пламени и дыма, оценивать их распространение. Ограничениями остаются перекрытие обзора, загрязнение оптики, нестабильное освещение и визуально сходные помехи. Поэтому изображение целесообразно рассматривать как дополнительный источник, а не универсальную замену специализированным извещателям.

Развитие технологий противопожарной защиты связано с переходом от регистрации отдельных признаков горения к комплексному анализу состояния защищаемого объекта. При этом эффективность обнаружения определяется не только чувствительностью датчиков, но и способностью системы различать пожарные и непожарные воздействия. Основные технологические направления, их возможности и ограничения представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Современные технологии обнаружения пожара и особенности их применения**

Технология	**Принцип обнаружения**	**Возможности в системе противопожарной защиты**	**Ограничения и условия применения**
Мультисенсорные пожарные извещатели	Совместная обработка сигналов оптического, теплового и газового каналов	Распознавание различных признаков развития пожара; повышение достоверности обнаружения	Необходимость учитывать взаимную зависимость сигналов и особенности пожарной нагрузки
Аспирационное обнаружение дыма	Отбор проб воздуха из контролируемых зон и анализ содержащихся в них аэрозольных частиц	Обнаружение малых концентраций дыма; контроль труднодоступных пространств	Влияние времени транспортирования пробы, загрязнения фильтров и конфигурации трубопроводов
Видеоаналитика дыма и пламени	Анализ последовательности изображений по пространственным и временным признакам	Визуальная локализация очага; наблюдение за протяжёнными и открытыми пространствами	Зависимость от освещения, видимости, перекрытия обзора и качества обучающих данных
Тепловизионный мониторинг	Регистрация инфракрасного излучения и выявление температурных аномалий	Выявление перегрева оборудования; наблюдение за изменением температурного поля	Необходимость учитывать излучательную способность поверхностей, отражения и

Технология	Принцип обнаружения	Возможности в системе противопожарной защиты	Ограничения и условия применения
			посторонние источники тепла
Распределённые волоконно-оптические датчики температуры	Определение температуры вдоль чувствительного оптического волокна	Контроль протяжённых объектов; определение положения зоны нагрева	Зависимость результатов от размещения волокна, пространственного разрешения и теплового контакта
Интеллектуальное объединение данных	Совместный анализ сигналов разных датчиков с учётом контекста эксплуатации	Оценка согласованности признаков; уточнение местоположения и характера опасного события	Необходимость проверки алгоритмов, контроля качества данных и устойчивости к отказам

Представленные технологии следует рассматривать как взаимодополняющие, а не взаимозаменяемые. Например, видеоаналитика позволяет уточнять пространственные характеристики наблюдаемого события, а контактные и аспирационные средства обеспечивают получение физических признаков пожара независимо от визуальной интерпретации изображения. Однако объединение нескольких каналов само по себе не гарантирует повышения надёжности: необходимо учитывать общие причины отказов, временную согласованность измерений и влияние эксплуатационных помех.

Машинное обучение позволяет формировать классификаторы для распознавания сочетаний признаков, которые трудно описать простыми пороговыми правилами. Однако качество модели определяется не только ее структурой, но и представительностью обучающих данных. Для пожаров характерна редкость реальных событий, а результаты лабораторных опытов могут отличаться от условий действующего объекта.

Показательным является исследование P. Vorwerk [6], посвященное переносу обучения между маломасштабной установкой и полноразмерным испытательным помещением. При распознавании четырех сценариев начального горения авторы получили долю правильных классификаций до 69 %; после адаптации с использованием данных целевой среды среднее значение составило 73 %. Эти результаты характеризуют конкретную задачу различения сценариев, а не универсальную вероятность обнаружения пожара. Они подтверждают необходимость проверки переносимости модели, но не доказывают готовность исследовательского алгоритма к самостоятельному управлению защитой.

Практическое применение требует контроля достоверности входной информации. Обрыв связи, неисправность датчика или выход параметров за область обучающих данных должны распознаваться как неопределенность, а не как отсутствие опасности. Существенно также различать уверенность классификатора и вероятность реального события: высокая оценка модели не гарантирует правильности вывода при изменении условий эксплуатации.

Интеллектуальное управление предполагает последовательное преобразование измерительной информации в оценку состояния объекта и затем в обоснованное управляющее воздействие. Принципиальное значение имеет разделение аналитического контура, формирующего дополнительные оценки и рекомендации, и базового контура противопожарной защиты, выполняющего предусмотренные проектом защитные функции. Основные этапы такого управления и требования к их надёжности представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Этапы интеллектуального управления противопожарной защитой и критерии их оценки**

Этап	**Обрабатываемая информация**	**Результат работы системы**	**Критерий оценки**	**Условие надежного функционирования**
Сбор и проверка данных	Сигналы извещателей, видеопотоки, параметры оборудования, сообщения о неисправностях	Согласованный набор данных о состоянии объекта	Полнота данных; задержка передачи; доля недостоверных измерений	Контроль связи, диагностика устройств и синхронизация времени
Распознавание опасного события	Сочетания признаков дыма, нагрева, пламени и газообразных продуктов горения	Оценка наличия и характера пожарной опасности	Частота пропусков и ложных срабатываний; время обнаружения	Проверка алгоритмов на пожарных и непожарных воздействиях
Локализация и оценка развития	Пространственное распределение сигналов, планировка объекта, состояние инженерных систем	Определение вероятной зоны возникновения и возможных направлений распространения опасных факторов	Ошибка локализации; точность прогноза; неопределённость оценки	Использование актуальной модели объекта и учёт границ применимости прогноза
Выбор управляющего сценария	Подтверждённые сигналы, проектные алгоритмы, доступность исполнительных	Выбор предусмотренной последовательности защитных действий	Время принятия решения; отсутствие противоречивых команд	Приоритет базовых защитных функций; запрет необоснованной блокировки их

Этап	**Обрабатываемая информация**	**Результат работы системы**	**Критерий оценки**	**Условие надежного функционирования**
	устройств			выполнения
Выполнение и контроль команд	Команды управления и сигналы обратной связи от оборудования	Подтверждение выполнения защитных действий либо выявление отказа	Время исполнения; доля подтверждённых команд; число выявленных отказов	Контроль фактического состояния устройств и предусмотренные действия при неисправности
Регистрация и последующий анализ	Журналы событий, измерения, команды, подтверждения и действия персонала	Восстановление последовательности событий и выявление причин отклонений	Полнота журнала; прослеживаемость решений; сохранность записей	Защита журналов от изменения и проверка обновлений до внедрения

Как следует из табл. 2, интеллектуализация противопожарной защиты должна сопровождаться контролем всего цикла управления — от достоверности исходных измерений до подтверждения выполнения команд. Высокая точность распознавания не компенсирует потерю связи с исполнительными устройствами или задержку защитного воздействия. Поэтому оценку эффективности целесообразно проводить комплексно, учитывая время реагирования, устойчивость к помехам, диагностируемость отказов и сохранение базовых защитных функций при недоступности интеллектуального модуля.

В работе предлагается разделение системы на базовый исполнительный и интеллектуальный аналитический контуры. Первый реализует заранее определенные алгоритмы обнаружения и управления средствами защиты. Второй объединяет разнородные данные, уточняет обстановку, формирует прогнозы и рекомендации. Принципиальное условие такого разделения – сохранение базовых функций при отказе аналитического контура.

Интеллектуальный контур включает проверку измерений, оценку состояния, прогнозирование и поддержку решений. На этапе проверки анализируются исправность устройств, временная согласованность сообщений и полнота данных. Затем формируется оценка опасности для отдельных зон. Прогнозирование выполняется с учетом конфигурации помещений, положения противопожарных преград и состояния инженерных систем.

Оценку опасности зоны можно представить в виде:

$$r_z(t) = f(x_z(t), \Delta x_z(t), q_z(t), s(t)), \quad (1)$$

где $r_z(t)$ – расчетный показатель опасности зоны z; $x_z(t)$ – вектор измерений; $\Delta x_z(t)$ – характеристики их изменения; $q_z(t)$ – показатели качества данных; $s(t)$ – сведения о состоянии объекта. Функция f может реализовываться правилами, статистической моделью или их сочетанием. Значение $r_z(t)$ является расчетным показателем и приобретает вероятностный смысл только после соответствующей калибровки и проверки.

Переход к управлению должен выполняться в пределах заранее установленного множества допустимых действий:

$$u(t) \in U_{\text{доп}}(s(t)), \tag{2}$$

где $u(t)$ – выбранное управляющее воздействие; $U_{\text{доп}}$ – действия, разрешенные для текущего состояния объекта. Такое ограничение исключает произвольное изменение алгоритмов защиты на основании непрозрачного вывода модели.

Интеллектуальная обработка не должна задерживать установленное срабатывание базового контура или отменять подтвержденное им защитное действие. При отказе аналитики сохраняется автономная работа исполнительной автоматики, а персоналу передается сообщение о снижении доступности дополнительных функций. Управляющие команды и фактические положения исполнительных устройств необходимо контролировать раздельно: факт отправки команды не равнозначен ее выполнению.

Цифровой двойник представляет собой актуализируемую модель объекта, связанную с эксплуатационными данными. В противопожарной защите он может объединять геометрию помещений, характеристики пожарной нагрузки, расположение оборудования и сведения о состоянии инженерных систем. Его основная ценность заключается в сопоставлении обнаруженного события с возможными последствиями.

Для оперативной работы предпочтительно использовать библиотеку предварительно рассчитанных сценариев и упрощенные модели, обеспечивающие ограниченное время ответа. Прогнозы распространения опасных факторов следует сопровождать оценкой неопределенности. Изменение планировки, открытая дверь или неизвестное состояние вентиляции могут существенно повлиять на результат.

Динамические рекомендации по эвакуации должны формироваться только для предусмотренных путей с учетом доступных данных об их состоянии. Отсутствие измерений на участке не является подтверждением его безопасности. При недостаточной информации приоритет сохраняют заранее разработанные решения, а не маршрут, рассчитанный по неполной модели.

Эффективность интеллектуальной защиты следует оценивать по совокупности показателей. К ним относятся время обнаружения, частота ложных тревог, доля пропущенных событий, точность локализации, задержка управляющего воздействия и готовность исполнительных устройств.

Единственная метрика классификации не отражает безопасность всей системы, особенно при преобладании нормальных режимов над пожарными событиями.

Сравнение базовой и интеллектуальной архитектур должно проводиться на одинаковых сценариях. Независимая проверка необходима для условий, не представленных в обучающей выборке: иной вентиляции, расположения датчиков, пожарной нагрузки и характерных производственных помех. Отдельно должны исследоваться потеря связи, отключение питания, повреждение измерительных каналов и поступление противоречивых сообщений.

Важными условиями эксплуатации являются фиксация версий программного обеспечения, журналирование решений и контролируемое обновление моделей. Самообучение без повторной проверки способно незаметно изменить поведение системы. Доступ к аналитическим функциям следует отделять от доступа к исполнительному управлению, а отказ внешних сервисов не должен прекращать работу локальной защиты.

Внедрение целесообразно начинать с режима наблюдения: алгоритм формирует оценки, но не изменяет действия автоматики. После накопления эксплуатационных данных и независимой проверки возможно расширение функций поддержки решений. Допуск к исполнительному управлению требует отдельного обоснования безопасности и выполнения применимых процедур подтверждения соответствия.

Таким образом, переход от автоматического обнаружения к интеллектуальному управлению связан прежде всего с изменением принципов обработки информации и организации взаимодействия подсистем. Мультисенсорные измерения, видеоаналитика и цифровые модели расширяют возможности раннего распознавания опасности, однако создают дополнительные зависимости от качества данных и программных алгоритмов.

Основной результат работы — концепция двухконтурной архитектуры, в которой интеллектуальная аналитика дополняет, но не подменяет автономную исполнительную автоматику. Предложены ограничения управляющих воздействий и критерии комплексной оценки эффективности. Дальнейшие исследования должны быть направлены на экспериментальную проверку времени реагирования, устойчивости к помехам и сохранения защитных функций при отказах аналитического контура.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fonollosa J., Solórzano A., Marco S. Chemical sensor systems and associated algorithms for fire detection: a review // Sensors. — 2018. — Vol. 18, № 2. — Art. 553. — DOI: 10.3390/s18020553.

2. Болдырев В. В. Топохимия термического разложения твердых веществ //Успехи химии. – 1973. – Т. 42. – №. 7. – С. 1161-1183.

3. Карташова К. А., Дорохов В. В. Характеристики термического разложения и горения углей и композиционных топлив на их основе //Бутаковские чтения. 2024:

сборник статей IV Всероссийской с международным участием молодёжной конференции, 10-12 декабря 2024 г., Томск. – Томский политехнический университет, 2024.

4. Khan F., Xu Z., Sun J., Khan F. M., Ahmed A., Zhao Y. Recent advances in sensors for fire detection // Sensors. — 2022. — Vol. 22, № 9. — Art. 3310. — DOI: 10.3390/s22093310.

5. Таратайко А. В., Мамонтов Г. В. Синтез оксида графена по модифицированному методу Хаммерса //Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2023. – №. 30. – С. 67-79.

6. Vorwerk P., Kelleter J., Müller S., Krause U. Classification in early fire detection using multi-sensor nodes—a transfer learning approach // Sensors. — 2024. — Vol. 24, № 5. — Art. 1428. — DOI: 10.3390/s24051428.

7. Акименко, Д. С. Сравнительный анализ экономической эффективности активных и пассивных систем пожарной защиты на промышленных объектах / Д. С. Акименко, А. И. Закинчак // Современные проблемы обеспечения безопасности : Сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28–29 апреля 2026 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2026. – С. 11-19. – EDN SMTPEX.

8. Жерехов, Н. Д. Здания и пожарная защита: принципы выбора систем для собственников / Н. Д. Жерехов, А. И. Закинчак // Современные проблемы обеспечения безопасности : Сборник материалов XXVIII Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 28–29 апреля 2026 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2026. – С. 45-53. – EDN VTYXMU.

УДК 614.842

А. А. Шарафутдинов, Н. Р. Ситдиков
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРИ АВАРИЯХ РЕЗЕРВУАРОВ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ СОЦИАЛЬНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА

В статье рассмотрена методика оценки пожарной опасности при авариях на резервуарах с горючими жидкостями, проанализированы факторы формирования поражающих факторов и сценарии развития пожара. Предложен комплекс

© Шарафутдинов А. А., Ситдиков Н. Р., 2026

инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на снижение социального и экологического ущерба. Приведены расчётные подходы к определению зон поражения и примеры профилактических мер, применимых на опасных производственных объектах (ОПО).

Ключевые слова: пожарная опасность, резервуар, авария, поражающие факторы, социальный ущерб, экологический ущерб, ПЛАРН, ПМЛА.

A. A. Sharafutdinov, N. R. Sitdikov

ASSESSMENT OF FIRE HAZARD IN CASE OF TANK ACCIDENTS AND DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE SOCIAL AND ENVIRONMENTAL DAMAGE

The article examines the methodology for assessing fire hazard in case of accidents involving tanks containing flammable liquids, analyzes the factors that contribute to the formation of damaging factors, and considers fire development scenarios. A set of engineering, technical, and organizational measures aimed at reducing social and environmental damage has been proposed. Calculation approaches to determining affected areas and examples of preventive measures applicable to hazardous production facilities (HPFs) are presented.

Keywords: fire hazard, tank, accident, damaging factors, social damage, environmental damage, PLARN, PMLA.

Резервуарные парки складов горюче-смазочных материалов (ГСМ) относятся к объектам повышенной опасности из-за значительных объёмов хранимых горючих жидкостей и высокого риска каскадного развития аварии. Аварии на резервуарах могут приводить к крупным пожарам, взрывам, выбросам токсичных продуктов горения, а также к масштабным экологическим последствиям (загрязнение почвы, водоёмов, атмосферы). Социальный ущерб проявляется в угрозе жизни и здоровью персонала и населения, нарушении инфраструктуры и вынужденной эвакуации.

Актуальность темы обусловлена необходимостью совершенствования систем оценки рисков и внедрения превентивных мер, позволяющих минимизировать последствия аварий. Цель работы — систематизировать подходы к оценке пожарной опасности при авариях резервуаров и предложить комплекс мероприятий по снижению социального и экологического ущерба на примере склада ГСМ.

Оценка пожарной опасности объектов с резервуарами базируется на комплексном анализе аварийных сценариев, поражающих факторов и нормативной базы. В качестве типовых сценариев рассматриваются разгерметизация с образованием пролива, воспламенение разлитой жидкости, формирование «огненного шара», взрыв паровоздушной смеси в объёме резервуара.

Поражающее действие таких аварий определяется совокупностью факторов: тепловым излучением от пламени, ударной волной при взрыве, токсичными продуктами горения и загрязнением окружающей среды нефтепродуктами и продуктами термического разложения.

Нормативно-методическую основу оценки составляют Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1], Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2], СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [3], а также Методика определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах, утверждённая приказом МЧС России от 26.06.2024 № 533 [4].

Расчёт интенсивности теплового излучения (кВт/м²) выполняется с учётом геометрии пламени, видимости и коэффициента пропускания атмосферы; критерием поражения человека выступает доза теплового излучения, превышение которой приводит к ожогам различной степени тяжести.

Зоны поражения определяются путём сравнения расчётных значений теплового потока с предельно допустимыми уровнями:

- $q \geq 35$ кВт/м² — смертельное поражение за короткое время;
- $12{,}5 \leq q < 35$ кВт/м² — тяжёлые ожоги;
- $4{,}0 \leq q < 12{,}5$ кВт/м² — ожоги средней тяжести;
- $q < 4{,}0$ кВт/м² — допустимый уровень для кратковременного воздействия.

Анализ совокупного ущерба при авариях на резервуарных объектах предполагает дифференцированную оценку социальных и экологических последствий. Социальный ущерб обусловлен угрозой жизни и здоровью персонала и населения, необходимостью проведения эвакуационных мероприятий, а также нарушением функционирования критически важной инфраструктуры (транспорт, энергоснабжение, связь). Его количественная оценка базируется на расчёте ожидаемого числа пострадавших, вероятности поражения в зависимости от удалённости от очага аварии, а также параметрах эвакуации — времени вывода людей и пропускной способности путей выхода.

Экологический ущерб характеризуется загрязнением компонентов природной среды: почвы и грунтовых вод нефтепродуктами, выбросами токсичных веществ в атмосферу, а также негативным воздействием на биоту. Для его оценки учитывают площадь и толщину пролива, коэффициенты испарения и фильтрации в грунт, а также действующие нормативы платы за негативное воздействие на окружающую среду. Такой подход позволяет формализовать риски и обосновать комплекс превентивных и ликвидационных мероприятий.

Рассмотрим резервуар объёмом V = 1000 м³ с бензином. При полном разрушении возможен пролив площадью S, которую можно оценить исходя из толщины слоя h ≈ 0,05 м:

$$S = V / h = 1000 / 0,05 = 20\,000 \text{ м}^2.$$

При воспламенении пролива формируется зона теплового излучения. Расчёт интенсивности q на расстоянии R от центра пролива позволяет определить радиусы зон поражения. Например, при q = 12,5 кВт/м² радиус зоны тяжёлых ожогов может составлять порядка 150–200 м (в зависимости от формы и высоты пламени, метеоусловий).

Эти данные используются для:

- определения безопасных расстояний до зданий и сооружений;
- планирования эвакуации;
- выбора средств противопожарной защиты.

Для снижения ущерба при авариях на объектах хранения нефтепродуктов необходим комплексный подход, объединяющий технические, организационные и природоохранные решения. Грамотно выстроенная система мер позволяет не только минимизировать последствия возможной аварии, но и во многих случаях предотвратить её развитие на ранней стадии [5].

Инженерно-технические решения формируют первый уровень защиты объекта. К ним относят локализацию разливов за счёт замкнутого обвалования и дренажных систем, которые удерживают нефтепродукты в пределах промплощадки и направляют стоки на очистку. Важную роль играет защита резервуаров: системы орошения и лафетные стволы снижают риск опасного перегрева и взрыва. Для своевременного выявления угроз применяют датчики концентраций, тепловизоры и пожарные извещатели, а для эффективного тушения — автоматические пенные установки. Дополнительно исключают вероятные источники воспламенения с помощью молниезащиты и заземления.

Организационные меры обеспечивают слаженность действий персонала и устойчивость объекта к человеческим факторам. Сюда входит актуализация планов действий при ЧС — в частности, ПЛАРН и ПМЛА — и регулярная отработка этих планов на учениях. Не менее важен систематический контроль технического состояния резервуаров: осмотры, дефектоскопия, толщинометрия и проверка сварных швов позволяют выявлять износ до наступления аварийной ситуации. Управление доступом, зонирование территории и строгий регламент огневых работ снижают риски на площадке, а соглашения с экстренными службами обеспечивают скоординированную ликвидацию последствий при ЧС.

Природоохранные меры направлены на предотвращение долговременного ущерба экосистемам. Для оперативной локализации разливов используют боновые заграждения и сорбенты, позволяющие быстро ограничить распространение и собрать нефтепродукты. Локальные очистные сооружения

обеспечивают доведение стоков до нормативных показателей, а регулярный экологический мониторинг — отбор проб почвы и воды с лабораторным анализом — помогает своевременно выявлять даже незначительные загрязнения и принимать корректирующие действия.

Практическая реализация включает количественную оценку пожарного риска, модернизацию обвалования и дренажа с обеспечением герметичности и достаточной вместимости, внедрение автоматических систем пенного пожаротушения и орошения резервуаров. Кроме того, важна регулярная отработка сценариев эвакуации и взаимодействия с экстренными службами, а также организация системного экологического мониторинга — не реже одного раза в квартал.

Проведённый анализ показал, что аварии резервуаров с горючими жидкостями характеризуются многофакторным поражающим действием: тепловым излучением пламени пролива или «огненного шара», ударной волной, токсичными продуктами горения и масштабным загрязнением компонентов природной среды. В работе систематизированы типовые сценарии развития аварии — разгерметизация с образованием пролива, воспламенение разлитой жидкости, взрыв паровоздушной смеси, формирование огненного шара — и показано, что оценка пожарной опасности должна опираться на количественное сопоставление расчётных значений теплового потока с критериями поражения людей.

На расчётном примере разрушения резервуара объёмом 1000 м³ с бензином продемонстрировано, что свободное растекание продукта способно образовать пролив площадью до 20 000 м², а зона действия поражающих факторов теплового излучения может достигать 150–200 м от центра пролива. Это подтверждает необходимость обязательного нормирования безопасных расстояний до зданий, сооружений и селитебных территорий, а также тщательного планирования эвакуационных мероприятий.

Показано, что минимизация социального и экологического ущерба достигается только комплексным подходом, объединяющим три уровня защиты: инженерно-технические решения (замкнутое обвалование и дренажные системы, стационарные установки орошения и автоматического пенного пожаротушения, молниезащита, раннее обнаружение утечек и возгораний), организационные меры (актуализация и регулярная отработка ПЛАРН и ПМЛА, плановый контроль технического состояния резервуаров, регламент огневых работ) и природоохранные мероприятия (боновые заграждения и сорбенты, локальные очистные сооружения, систематический экологический мониторинг).

Внедрение количественной оценки пожарного риска в сочетании с модернизацией обвалования, дренажа и систем пожаротушения позволяет существенно снизить как вероятность развития аварии, так и тяжесть её последствий для персонала, населения и окружающей среды.

Таким образом, цель работы достигнута: систематизированы подходы к оценке пожарной опасности резервуарных парков и обоснован комплекс мероприятий по снижению социального и экологического ущерба, применимый на опасных производственных объектах хранения нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

3. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

4. Приказ МЧС России от 26.06.2024 № 533 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах».

5. Швырков С.А. «Современная концепция защитных сооружений резервуаров и резервуарных парков от разлива нефти и нефтепродуктов» // Актуальные проблемы пожарной безопасности.

УДК 553.97:614.84

К. Л. Шахматов [1], Т. В. Орлов [2], С. К. Шахматова [1]
[1]Тверской государственный технический университет,
[2]Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НАРУШЕННЫХ ТОРФЯНИКОВ: КРИТЕРИИ, ШКАЛА РАНЖИРОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКОВ

Разработана методика комплексной оценки пожарной опасности нарушенных торфяников на основе степени осушения, растительности и гидрологии. Предложена шкала ранжирования участков и даны рекомендации по снижению рисков возникновения и распространения пожаров.

Ключевые слова: нарушенные торфяники, пожарная опасность, критерии оценки, шкала ранжирования, снижение рисков, торфяные пожары.

K. L. Shakhmatov, T. V. Orlov, S. K. Shakhmatova

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF FIRE HAZARD OF DISTURBED PEATLANDS: CRITERIA, RANKING SCALE AND RECOMMENDATIONS FOR RISK REDUCTION

© Шахматов К. Л., Орлов Т. В., Шахматова С. К., 2026

A methodology for comprehensive fire hazard assessment of disturbed peatlands has been developed based on drainage, vegetation, and hydrology. A site ranking scale is proposed, along with recommendations to reduce fire occurrence and spread risks.

Keywords: disturbed peatlands, fire hazard, assessment criteria, ranking scale, risk reduction, peat fires.

Введение

Торфяные экосистемы играют важнейшую роль в глобальном углеродном балансе, выступая в качестве депо органического углерода. Однако в XX веке на территории Российской Федерации, и, в частности, в Западной Сибири, масштабные мелиоративные работы были направлены на осушение болот для добычи торфа и перевода земель в сельскохозяйственный фонд. После экономического коллапса 1990-х годов большинство торфодобывающих предприятий было заброшено.

Полноценная биологическая и техническая рекультивация этих территорий в большинстве случаев не проводилась. Оставшаяся после добычи торфа осушительная сеть (каналы, дамбы) продолжает функционировать, перехватывая сток и искусственно понижая уровень болотных вод (УБВ). Это приводит к аэрации торфяной залежи, ее окислению и, как следствие, к колоссальному росту пожарной опасности.

Нарушенные торфяники являются источником так называемых «скрытых» или подземных пожаров, которые способны тлеть месяцами, проникая на глубину до уровня грунтовых вод. Тушение таких пожаров крайне затруднительно, экономически затратно и требует привлечения огромных ресурсов МЧС. Кроме того, тление торфа сопровождается выделением токсичных веществ и колоссального объема парниковых газов. В связи с этим, отсутствие современных пространственных данных о состоянии нарушенных торфяников критически затрудняет планирование превентивных мер. Целью данной работы является разработка критериев и методики комплексной оценки степени пожарной опасности нарушенных торфяников для оптимизации сил и средств пожарной охраны.

Объект исследования

Весь спектр работ реализован на примере двух муниципальных образований Тюменской области – Нижнетавдинского и Тюменского районов, расположенных в южной и юго-западной части региона (рисунок). Общая площадь обследованных нарушенных торфяных месторождений на данных территориях составила 86 083,46 га, из которых 48 520,77 га приходится на Нижнетавдинский район и 37 562,69 га – на Тюменский район.

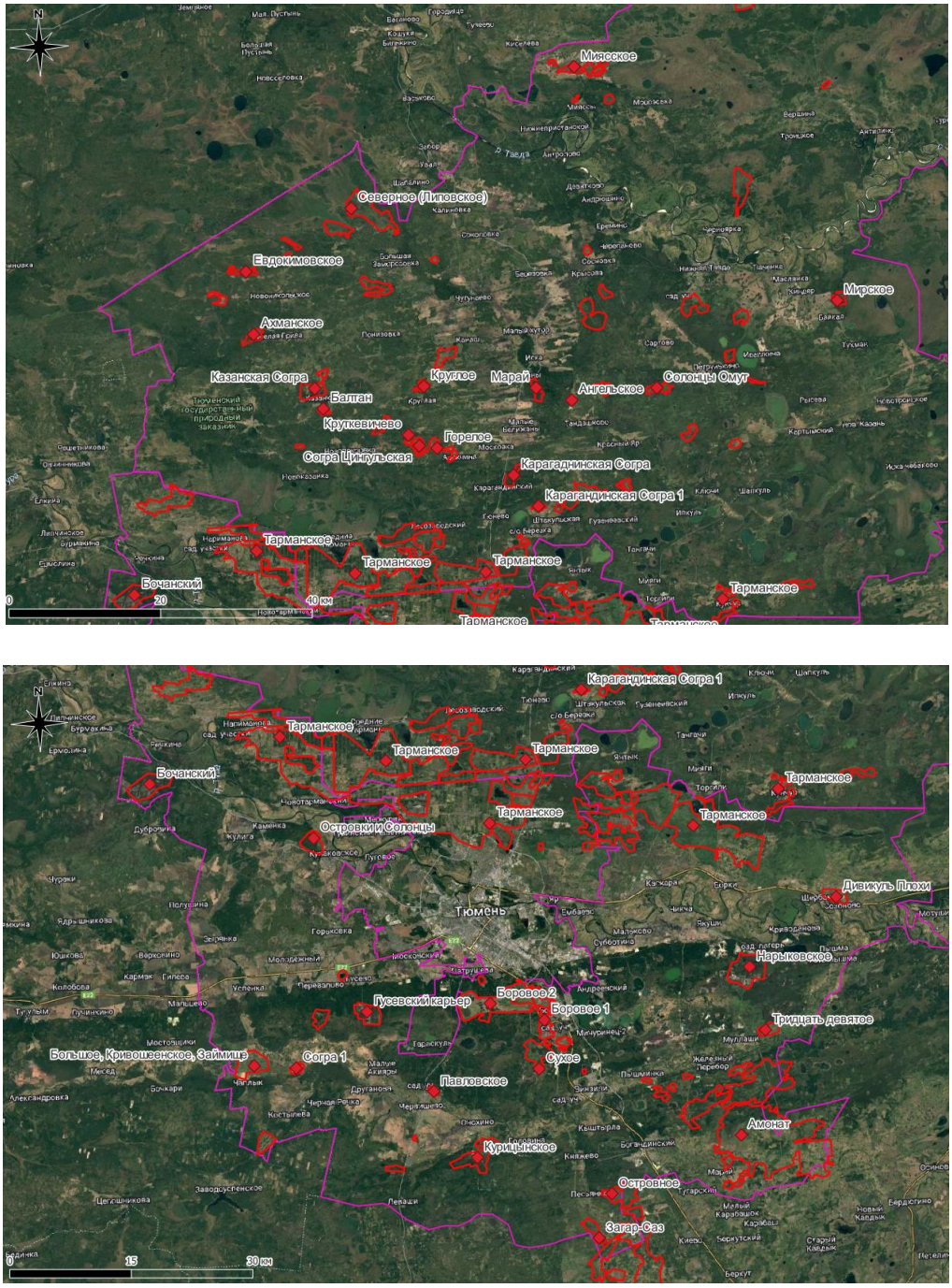


Рисунок. Торфяники полевых работ
в Нижнетавдинском и Тюменском районе Тюменской области

Выбор данных районов обусловлен рядом факторов:

1. Наличием значительного фонда нарушенных торфяных месторождений, осваивавшихся в советский период.

2. Высокой плотностью населения и дачного строительства в непосредственной близости от торфяных массивов, что многократно увеличивает риск антропогенных возгораний.

3. Близостью к региональному центру (г. Тюмень), что требует обеспечения экологической безопасности и защиты инфраструктуры от задымления.

Материалы и методы

Первым этапом работ являлась инвентаризация торфяного фонда региона с использованием данных дистанционного зондирования Земли и архивных материалов. При оценке пожарной опасности нарушенных торфяных месторождений был применен комплексный подход. На основании анализа литературных данных и полевых обследований была разработана шкала из 10 критериев пожароопасности.

Система критериев оценки пожарной опасности:

Вид нарушенности природного ландшафта. Отражает текущее хозяйственное использование. Наибольшую опасность представляют территории, где добыча велась недавно или ведется сейчас (наличие работающей осушительной сети). Наименьшую – сельскохозяйственные угодья (пастбища, сенокосы), где торф высокоминерализован, уплотнен скотом и техникой, и где присутствует хозяйствующий субъект, заинтересованный в предотвращении пожаров.

Наличие остаточного слоя торфа. Фундаментальный критерий. Отсутствие торфа или слой до 0,2 м ограничивает риск только наземным горением травянистой растительности. Слой более 0,7 м позволяет огню уходить вглубь залежи, развиваясь в подземный пожар, лимитируемый лишь уровнем болотных вод.

Уровень болотных вод (УБВ). Главный индикатор влажности торфа. УБВ выше поверхности или ±20 см от нее исключает горение залежи. Падение УБВ ниже 40 см критически повышает опасность, так как капиллярная кайма не способна поддерживать влажность верхних слоев.

Тип современной растительности. Является биоиндикатором увлажнения. Смена топяных видов на лесотопяные и далее на лесные четко коррелирует со снижением влажности и повышением пожарной опасности (появление сухого опада, хвои, валежника).

Наличие штабелей торфа, пней и остатков древесины. Концентрация сухого горючего материала (ГМ). Часто расположены вдоль дорог, крайне легко воспламеняются и служат проводниками катастрофического распространения огня.

Амплитуда рельефа поверхности. Возвышенности (гряды, перемычки, оставшиеся после фрезерного или машиноформовочного способа добычи) быстрее иссушаются ветром и солнцем, являясь очагами первичного возгорания.

*Состояние осушительной сети***.** Функционирующая или неликвидированная сеть каналов продолжает отводить воду из торфяника, искусственно поддерживая низкий УБВ.

Наличие водоемов. Тактический фактор, определяющий возможность забора воды авиацией и пожарной техникой для тушения.

Наличие и качество автомобильных дорог. Двоякий фактор. С одной стороны, дороги обеспечивают подъезд техники. С другой – делают объект легкодоступным для населения. Ухудшение качества дорог снижает антропогенную нагрузку, но и затрудняет тушение. Наличие хороших грунтовых дорог, проложенных вдоль трубопроводов, резко повышает риск.

Близость населенных пунктов. Антропогенный фактор является основной причиной пожаров (костры, непотушенные окурки, палы сухой травы). Близость дачных товариществ критически повышает риск.

Суммирование баллов по всем 10 критериям позволяет отнести объект к одной из четырех групп пожарной опасности (табл. 1).

Таблица 1. **Классификация объектов по уровню пожарной опасности**

Класс пожарной опасности	Сумма баллов	Характеристика объекта
Низкий	0–10	Объекты, схожие с природными торфяниками, либо сильно минерализованные сельхозугодья. УБВ высокий, риск подземных пожаров отсутствует.
Средний	11–15	Нарушенные торфяники с умеренным риском. Наличие остаточного торфа, периодическое снижение УБВ в засушливые годы.
Значительный	16–20	Сухие нарушенные торфяники, наличие неликвидированной осушительной сети, рельефных повышений, близость дорог. Высокий риск верховых и подземных пожаров.
Высокий (Чрезвычайный)	Более 20	Действующие/заброшенные выработки с глубоким остаточным торфом (>0,7 м), УБВ <40 см, наличие штабелей, высокая антропогенная нагрузка. Риск неконтролируемого тления.

Для региональных органов управления (МЧС, Департамент недропользования, органы местного самоуправления) разработан дифференцированный комплекс мероприятий (табл. 2).

Таблица 2. **Мероприятия по снижению пожарной опасности**

Уровень опасности	Рекомендуемые мероприятия
Низкий (0–10)	Специальные противопожарные мероприятия не требуются. Экономия бюджетных средств.
Средний (11–15)	1. Мониторинг в течение пожароопасного сезона (в т.ч. космический). 2. Информирование населения (аншлаги, щиты на подъездных путях).

Значительный (16–20)	1. Мониторинг и патрулирование. 2. Ограничение посещения объекта в периоды высокого класса пожарной опасности в лесах. 3. Создание естественных преград (минерализованные полосы). 4. Обустройство пунктов противопожарного водоснабжения.
Высокий (>20)	1. Круглогодичный постоянный мониторинг (тепловизионный контроль). 2. Строгое ограничение посещения, установка шлагбаумов. 3. Ликвидация штабелей торфа и горючих остатков. 4. Прочистка каналов с водой, обустройство минерализованных полос вокруг населенных пунктов. 5. Проведение вторичного обводнения торфяников (перекрытие магистральных каналов, восстановление гидрологического режима).

Результаты апробации методики

На основании разработанной методики была составлена карта пожароопасности нарушенных торфяников Нижнетавдинского и Тюменского районов. Анализ показал, что наибольшую площадь занимают не пожароопасные торфяники (0 баллов), как правило, это сельскохозяйственные угодья, действующие или заброшенные пашни и пастбища, на которых остаточный слой торфа минимален (менее 0,3 м) или отсутствует вследствие минерализации.

Статистический анализ распределения площадей представлен в табл. 3.

Таблица 3. **Анализ степени пожарной опасности участков нарушенных торфяников**

Балл пожарной опасности	Нижнетавдинский район			Тюменский район		
	Кол-во участков	Площадь, га	%	Кол-во участков	Площадь, га	%
0 (Низкий)	40	29 586,0	61,0 %	43	18 916,9	50,4 %
6 - 10 (Низкий/Средний)	6	576,8	1,2 %	4	3 468,8	9,2 %
11 - 15 (Средний)	17	10 170,8	21,0 %	16	12 654,1	33,7 %
16 - 20 (Значительный)	12	11 083,0	22,8 %	6	4 402,8	11,7 %
> 20 (Высокий)	2	1 644,2	3,4 %	0	0,0	0,0 %
ИТОГО	77	48 520,8	100 %	69	37 562,7	100 %

Анализ полученных данных: наиболее пожароопасными торфяниками региона являются массив Карагандинская Согра (у п. Карагандинский, Нижнетавдинский район, балл 23-26) и центральная часть торфяного месторождения Тарманское (Нижнетавдинский район, балл 16-18). Эти объекты характеризуются наличием глубоких остаточных слоев торфа, сохранившейся сетью мелиоративных каналов и близостью дачных кооперативов.

В Тюменском районе преобладают торфяники с пожароопасностью в 11 и 9 баллов. Это обусловлено тем, что в данном районе в постсоветский период произошла активная трансформация бывших торфяных полей в сельскохозяйственные угодья (пастбища), что привело к минерализации верхнего слоя и повышению УБВ.

Нижнетавдинский район по количеству и площадям пожароопасных торфяников (особенно в категориях 16+ баллов) является значительно более уязвимым. Здесь сосредоточено около 26% площадей с «значительным» и «высоким» уровнем опасности, тогда как в Тюменском районе таких объектов нет вовсе.

Выводы

Проведенное исследование позволило сделать ряд важных выводов. Разработанная система из 10 критериев позволяет объективизировать оценку пожарной опасности нарушенных торфяников, переводя разрозненные качественные показатели, такие как состояние осушительной сети, рельеф и антропогенная нагрузка, в единую количественную балльную форму. Установлено, что ключевыми драйверами чрезвычайной пожарной опасности, соответствующей сумме баллов более 20, являются неликвидированная осушительная сеть, остаточный слой торфа более 0,7 м и концентрация сухих штабелей вблизи автомобильных дорог.

Апробация методики в Тюменской области показала, что степень нарушенности и текущее землепользование определяют пирогенный риск. Перевод земель в сельскохозяйственный фонд, как это произошло в Тюменском районе, естественным образом снижает пожарную опасность, тогда как бесхозные осушенные массивы Нижнетавдинского района требуют вмешательства государства и проведения специальных мероприятий.

Дифференцированный подход к рекомендациям позволяет оптимизировать бюджетные расходы на противопожарные мероприятия. Если для объектов со средним риском достаточно информирования населения и мониторинга в пожароопасный сезон, то для объектов с высоким риском, таких как Карагандинская Согра и центральная часть торфяного месторождения Тарманское, критически необходимо включение в региональные программы финансирования мероприятий по вторичному обводнению и ликвидации сухого горючего материала, так как тушение подземных пожаров на этих территориях экономически нецелесообразно и требует колоссальных затрат сил и средств МЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панов В.В., Мисников О.С. Современные тенденции развития торфяной отрасли России // Труды Инсторфа: научный журнал. № 11 (64) (январь–июнь 2015 г.). Тверь: ТвГТУ, 2015. С. 3–12.

2. Шахматов К.Л. Исследование динамики техногенно-нарушенных торфяных месторождений после их вторичного обводнения: магистерская диссертация. Тверь, 2023.

3. Орлов Т.В., Шахматов К.Л. Анализ эффективности работ по вторичному обводнению торфяников Тверской области с помощью данных дистанционного зондирования // ГЕОЭКОЛОГИЯ. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. М.: Наука, 2020. № 6. С. 74–82.

4. Joosten H. Peatlands in the non-tropical northern hemisphere. 1999.

УДК 553.97:626.84

К. Л. Шахматов, А. Е. Тимофеев
Тверской государственный технический университет (ТвГТУ)

РЕАЛИЗАЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА ОСУШЕННЫХ ТОРФЯНИКАХ ПУТЕМ ВТОРИЧНОГО ОБВОДНЕНИЯ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Обоснована необходимость вторичного обводнения осушенных торфяников для снижения пожарной опасности. На примере проектов в Тверской области показана эффективность перекрытия каналов перемычками. Приведены результаты мониторинга и описаны эффекты, включая генерацию углеродных единиц.

Ключевые слова: вторичное обводнение, нарушенные торфяники, торфяные пожары, климатические проекты, углеродные единицы, гидротехнические перемычки, мониторинг пожаров.

K. L. Shakhmatov, A. E. Timofeev

IMPLEMENTATION OF CLIMATE PROJECTS ON DRAINED PEATLANDS THROUGH SECONDARY REWETTING AS AN EFFECTIVE MECHANISM FOR REDUCING FIRE HAZARD AND PREVENTING EMERGENCIES

The necessity of secondary rewetting of drained peatlands to reduce fire hazard is substantiated. Using projects in the Tver region as an example, the effectiveness of blocking canals with dams is demonstrated. Monitoring results are presented, and the effects – including carbon credit generation–are described.

Keywords: secondary rewetting, disturbed peatlands, peat fires, climate projects, carbon units, hydraulic dams, fire monitoring.

© Шахматов К. Л., Тимофеев А. Е., 2026

Введение

Болотные экосистемы являются одним из критически важных элементов биосферы Земли, играющих фундаментальную роль в глобальном углеродном балансе, гидрологическом цикле и поддержании биологического разнообразия. Несмотря на то, что болота занимают лишь около 3 % суши планеты, в них сосредоточено приблизительно 30 % всего почвенного углерода, что вдвое превышает его содержание во всей биомассе лесов мира. Эта уникальная способность болот выступать в роли долгосрочного депо (депонирующего резервуара) органического углерода обусловлена специфическими анаэробными условиями, при которых процессы разложения органического вещества многократно замедлены, а ежегодный прирост торфа компенсирует эмиссию углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4).

Однако в последние столетия, и особенно во второй половине XX века, водно-болотные угодья (ВБУ) подверглись беспрецедентному антропогенному воздействию. По данным международных исследователей (Hans Joosten, 2002), площадь ВБУ в нетропических широтах сократилась на 20 % по сравнению с их историческим распространением. Основными причинами такой деградации явились: масштабные мелиоративные работы, направленные на осушение болот для нужд сельского и лесного хозяйства, добыча торфа в качестве топливного ресурса и сырья для химической промышленности, урбанизация и инфраструктурное освоение территорий.

Последствия осушения болот носят системный и зачастую необратимый характер. Нарушение естественного гидрологического режима приводит к аэрации торфяной залежи, активизации окислительных процессов, минерализации органического вещества и, как следствие, к колоссальным выбросам парниковых газов (ПГ) в атмосферу. По оценкам Международной торфяной ассоциации (International Peatland Society), осушенные торфяники ответственны за примерно 5 % глобальных антропогенных выбросов CO_2, что сопоставимо с эмиссией всего гражданского авиационного сектора мировой экономики.

В условиях нарастающих климатических изменений, закрепленных в Парижском соглашении 2015 года и Целях устойчивого развития ООН до 2030 года, вопрос восстановления деградированных болотных экосистем (Restoration of Degraded Peatlands – RDP) приобретает стратегическое значение для большинства стран северного полушария. Для Российской Федерации, обладающей крупнейшими в мире запасами торфа (около 167 млрд тонн, или более 30 % мировых ресурсов), эта проблема стоит особенно остро в силу масштабов исторического мелиоративного наследия.

Объект исследования

Для понимания современного состояния торфяного фонда России необходимо обратиться к историческому анализу эволюции отрасли, которая тесно коррелировала с макроэкономическими показателями развития страны в различные периоды ее существования. Торфяная промышленность СССР

прошла несколько качественно различных этапов, каждый из которых оставлял после себя значительное наследие нарушенных земель.

В довоенный период и в первые послевоенные десятилетия торф рассматривался преимущественно как локальное топливное, ресурсно обеспечивающее энергетическую независимость регионов, не имеющих доступа к углю или нефти. Добыча велась преимущественно способом гидроторфа, который предполагал размыв залежи струей воды и последующее обводнение выработанных карьеров, в связи с чем был относительно щадящим с точки зрения гидрологического режима прилегающих территорий.

Фрезерный способ, разработанный в 1920-1930-х годах и получивший широкое распространение после войны, предполагал послойное фрезерование верхнего слоя торфяной залежи с последующей его сушкой на открытых полях. Эта технология требовала кардинального изменения гидрологического режима: создания разветвленной сети картовых, валовых и магистральных каналов, глубокого понижения уровня болотных вод (УБВ) до 50–80 см от поверхности, а также строительства протяженной сети внутрихозяйственных дорог. Начиная с 1960-х годов произошел массовый переход на фрезерный способ добычи, который к настоящему времени является наиболее распространенным в мировой практике. Параллельно развивался фрезформовочный способ добычи, при котором торф формовался в куски непосредственно на полях добычи, что также предполагало масштабное осушение.

Сопоставление объемов добычи торфа с величиной дохода страны (по данным В. В. Панова, О. С. Мисникова, 2015) показывает четкую корреляцию между макроэкономической конъюнктурой и интенсивностью мелиоративных работ. Пик добычи пришелся на 1970–1980-е годы, когда в эксплуатацию было вовлечено несколько миллионов гектаров торфяных месторождений. После распада СССР и экономического коллапса 1990-х годов торфяная отрасль пережила глубокий кризис и резкое снижение объемов добычи (О. С. Мисников, А. Е. Тимофеев, 2024): большинство предприятий было закрыто, государственное финансирование мелиоративных работ прекратилось, а программы рекультивации нарушенных земель в подавляющем большинстве случаев не были реализованы.

В результате на территории Российской Федерации сформировался колоссальный фонд заброшенных осушенных торфяников, общая площадь которых оценивается в несколько миллионов гектаров. Эти месторождения, оставшиеся с функционирующей осушительной сетью, но находящиеся в бесхозном состоянии, представляют собой источник повышенной пожарной опасности, эмиссии парниковых газов и деградации природных ландшафтов.

Ранее осушенные и заброшенные торфяные месторождения являются одним из наиболее сложных объектов для пожарной охраны и МЧС России. Специфика торфяных пожаров заключается в их способности развиваться не только в надземной, но и в подземной форме, при которой горение протекает в толще торфяной залежи при ограниченном доступе кислорода. Такие пожары характеризуются рядом уникальных особенностей:

– *скрытый характер развития:* подземные очаги горения могут длительное время существовать без внешних проявлений, обнаруживаясь лишь по провалам грунта и характерному запаху.

– *круглогодичная активность:* торфяные пожары способны возникать и развиваться в любое время года, включая зимний период, когда снег маскирует очаги тления;

– *трудность локализации и тушения:* глубина распространения огня лимитируется лишь уровнем болотных вод или минеральным дном залежи. Тушение требует колоссальных объемов воды, специальной техники (гидропультов, мотопомп, торфяных стволов) и значительных временных затрат.

– *высокая эмиссия токсичных веществ:* при тлении торфа выделяется не только CO_2 и CH_4, но и широкий спектр токсичных соединений: оксиды азота, серы, летучие органические соединения, твердые частицы PM2.5 и PM10. Задымление от торфяных пожаров представляет серьезную угрозу для здоровья населения, особенно в густонаселенных регионах;

– *экономическая неэффективность тушения:* опыт ликвидации крупных торфяных пожаров (в частности, катастрофических событий 2002 и 2010 годов в Центральной России) показал, что затраты на тушение многократно превышают стоимость превентивных мероприятий по обводнению территорий.

Ярким примером катастрофических последствий пирогенной активности на осушенных торфяниках стал крупный пожар на торфяном массиве «Оршинский мох» в Тверской области, произошедший в августе 2014 года. Анализ космических снимков высокого разрешения (Spot 5, пространственное разрешение 10 м) показал масштабное термическое воздействие на площадь более нескольких тысяч гектаров. Ликвидация этого пожара потребовала привлечения значительных сил и средств МЧС, федеральных и региональных бюджетов, а также продемонстрировала ограниченную эффективность классических методов борьбы с подземными пожарами на территориях с глубоким залеганием осушенной торфяной залежи.

Именно опыт 2014 года стал одним из катализаторов пересмотра подходов к работе с нарушенными торфяниками в Тверской области и других регионах Центральной России, подтвердив необходимость перехода от реактивной борьбы с пожарами к превентивному восстановлению гидрологического режима торфяных массивов.

История работы с нарушенными торфяниками в России может быть условно разделена на два принципиально различных этапа, отражающих смену научных парадигм и приоритетов государственной политики.

Первый этап – классическая рекультивация (в течение большей части XX века). После завершения добычи торфа территории целенаправленно трансформировались для нужд народного хозяйства. В зависимости от качества остаточного торфяного слоя, рельефа и климатических условий проводились мероприятия по переводу земель в категории сельскохозяйственных (пашни, сенокосы, пастбища), лесных (посадки быстрорастущих пород) или рыбных (создание прудов-охладителей, рыбоводных хозяйств) угодий. Такой подход

требовал поддержания искусственно низкого уровня болотных вод, продолжения функционирования осушительной сети и регулярного технического обслуживания гидротехнических сооружений.

Несмотря на определенную хозяйственную целесообразность в условиях плановой экономики, такой подход имел существенные недостатки:

– постоянные бюджетные расходы на поддержание мелиоративных систем;

– продолжающаяся эмиссия парниковых газов за счет минерализации торфа;

– сохранение высокой пожарной опасности на большей части площадей;

– утрата уникальных болотных экосистем и связанного с ними биоразнообразия;

– деградация гидрологического режима прилегающих территорий (снижение уровня грунтовых вод, обмеление рек).

Второй этап – восстановление болотных экосистем (начиная с 1990-х годов). Осознание экологических, климатических и экономических последствий осушения болот привело к фундаментальной смене парадигмы как в международной практике, так и в России. Приоритетным направлением стало возвращение территориям их природных функций через восстановление гидрологического режима, что получило в мировой научной литературе название Restoration of Degraded Peatlands (RDP).

Ключевым инструментом RDP является вторичное обводнение – комплекс гидротехнических мероприятий, направленных на перекрытие осушительной сети и создание условий для естественного подъема уровня болотных вод. В отличие от классической рекультивации, этот подход не требует поддержания искусственно низкого УБВ, позволяет запустить процессы самовосстановления растительных сообществ и торфообразования, а также радикально снижает пожарную опасность и эмиссию парниковых газов.

Следует особо отметить, что классические технические решения по регулированию уровня воды (капитальные бетонные, железобетонные и металлические сооружения) и постоянный спутниковый/наземный мониторинг пожаров оказались несостоятельными как с экономической, так и с экологической точки зрения. Они требуют колоссальных капитальных затрат, постоянного дорогостоящего обслуживания, прохождения государственной экспертизы, постановки на баланс юридических лиц и, что самое главное, не устраняют корень проблемы – низкую влажность торфяной залежи, сохраняя риск возникновения чрезвычайных ситуаций.

Материалы и методы

Приоритетным и наиболее экономически эффективным решением при работе с заброшенными торфяниками является применение некапитальных гидротехнических сооружений из местных материалов. Такая методология была детально проработана и апробирована в рамках реализации климатических проектов в Российской Федерации.

Основные технологические принципы:

1. *Перекрытие осушительной сети.* Обводнение производится путем возведения системы земляных перемычек (дамб) поперек картовых, валовых и магистральных каналов, что препятствует стоку природных вод с осушенного участка торфяного месторождения и создает условия для аккумуляции влаги внутри болотного массива.

2. *Использование местных материалов.* В качестве строительного материала для гидротехнических сооружений используются торф, песок, поваленный лес, хворост. Это существенно удешевляет проект, минимизирует экологический след и обеспечивает естественную интеграцию сооружений в природный ландшафт после их зарастания.

3. *Отказ от капитального строительства.* Применяемые некапитальные сооружения не требуют прохождения государственной экспертизы, постановки на баланс юридических лиц, постоянного эксплуатационного обслуживания и ремонта. По мере восстановления болотной экосистемы и зарастания перемычек растительностью они естественным образом интегрируются в природный объект, теряя свое производственное значение.

4. *Оптимизация проектных решений.* Проектируется оптимальное количество дамб и перемычек с учетом особенностей рельефа проектной территории, гидрологической связности с соседними участками и экономических ограничений.

5. *Снижение гидродинамических нагрузок.* Для предотвращения прорыва сооружений в период весеннего половодья и равномерного распределения внутриболотного стока используются различные конструкции:

– глухие грунтовые перемычки – полностью перекрывают сток, применяются на небольших каналах и при малых перепадах уровней;

– дамбы с односторонним обтеканием – обеспечивают регулируемый сброс воды при превышении проектного уровня;

– дамбы с двусторонним обтеканием – применяются на магистральных каналах с значительными объемами стока.

Первичным результатом мероприятий по обводнению является возведение системы земляных перемычек, являющихся в перспективе частью естественного природного объекта, не имеющего производственного значения. Долгосрочным результатом становится создание условий для самовосстановления исходных или близких к исходным растительным сообществам, возобновления процесса торфообразования и восстановления уникального биоразнообразия болота.

Фундаментальной основой для масштабных работ по вторичному обводнению в Российской Федерации послужил международный проект «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», реализованный в период 2011–2022 годов. Проект стал одним из крупнейших в мировой практике мероприятий по восстановлению деградированных болотных экосистем и обеспечил

уникальную кооперацию с научным сообществом и экспертами из множества стран.

Ключевые показатели реализации проекта:

– с 2011 года реализовано более 15 крупных проектов по восстановлению нарушенных болот в различных регионах Центральной России;

– в рамках проекта восстановлено более 30 000 га торфяных болот путем вторичного обводнения;

– накоплен уникальный опыт и эмпирическая база данных по организации работ, проектированию гидротехнических сооружений, мониторингу восстановления экосистем;

– установлены партнерские связи с научным сообществом и природоохранными организациями Беларуси, Германии, Нидерландов, Канады, Индонезии, Малайзии.

География реализации проектов охватила регионы с наиболее значительным фондом нарушенных торфяников: Московскую, Тверскую, Владимирскую, Псковскую, Калужскую, Рязанскую и Нижегородскую области. В каждом из регионов были апробированы и успешно реализованы проектные решения, учитывающие местную специфику гидрологического режима, рельефа и землепользования.

С учетом развития как международной, так и российской климатической повести восстановление торфяников приобретает новую форму в виде климатических проектов, основной целью которых является формирование углеродных единиц за счет снижения выбросов парниковых газов и аккумулирования углерода. При этом важной особенностью таких климатических проектов является то, что их реализация сопровождается экономической эффективностью, в связи с чем они представляют интерес в том числе и для инвесторов.

Таким образом, одновременно реализация вторичного обводнения как климатического проекта решает комплекс взаимосвязанных экологических, экономических и социальных задач, что обеспечивает высокую мультипликативную эффективность инвестиций:

1. *Восстановление болотных экосистем.* Возвращение территориям статуса полноценных водно-болотных угодий с характерными растительными сообществами (сфагновые мхи, осоки, пушица, клюква, багульник и др.).

2. *Снижение пожарной опасности.* Повышение уровня болотных вод исключает возможность развития подземных пожаров, радикально снижает риск верховых пожаров, устраняет угрозу задымления населенных пунктов и транспортных магистралей.

3. *Снижение выбросов парниковых газов.* Прекращение минерализации торфа и создание условий для его накопления приводит к генерации углеродных единиц (т CO_2-экв.), которые могут быть верифицированы и зачтены в рамках национальных и международных климатических инициатив.

4. *Восстановление уникального биоразнообразия.* Болотные экосистемы являются местообитанием для множества редких и исчезающих видов флоры и фауны, включая перелетных птиц, занесенных в Красную книгу РФ и международные списки.

5. *Регулирование гидрологического режима.* Восстановленные болота выполняют функцию естественных регуляторов стока, аккумулируя влагу в период половодья и постепенно отдавая ее в межень, что способствует обводнению малых рек и поддержанию уровня грунтовых вод на прилегающих территориях.

Успешная реализация климатических проектов по вторичному обводнению требует учета интересов широкого круга заинтересованных сторон. Анализ импакт-эффектов для различных групп стейкхолдеров представлен в таблице.

Таблица. **Анализ заинтересованных сторон и импакт-эффектов реализации проектов**

Заинтересованные стороны	**Ожидаемые импакт-эффекты**
Местные жители и органы местного самоуправления	Сокращение лесных и торфяных пожаров, снижение задымления населенных пунктов, улучшение качества атмосферного воздуха, экономия бюджетных средств на ликвидацию ЧС, восстановление природных объектов рекреационного значения.
Охотники и рыболовы, туристические компании	Воссоздание водно-болотных угодий, улучшение кормовой базы и биоразнообразия фауны, повышение привлекательности территорий для экологического туризма.
Крупный бизнес (как заказчики и спонсоры проектов)	Возможность апробации оценки климатических проектов для зачета углеродных единиц, снижение углеродного следа продукции, реализация ESG-стратегий, укрепление репутации и социальной ответственности.
Научное и природоохранное сообщество	Получение уникальной полигонной базы для научного изучения сукцессии, восстановления болотных экосистем, мониторинга эмиссии парниковых газов, разработки новых методологий.
Региональные и федеральные органы власти	Достижение целей по снижению выбросов ПГ в рамках Парижского соглашения, экономия бюджетных средств на тушение пожаров, выполнение обязательств по Конвенции о биологическом разнообразии.
Правительство Российской Федерации	Наглядная модель вовлечения крупного бизнеса в климатическую повестку, формирование национальной методологии реализации климатических проектов, укрепление позиций России в международных климатических переговорах.

Особого внимания заслуживает роль крупного бизнеса как заказчика и спонсора климатических проектов. В условиях формирования глобального рынка углеродных единиц и ужесточения требований к углеродному следу продукции (в частности, механизма CBAM Европейского Союза), восстановление торфяников становится для компаний инструментом достижения климатической нейтральности и конкурентного преимущества на международных рынках.

Для оценки эффективности вторичного обводнения и многолетнего мониторинга восстановления экосистем был выбран участок площадью 1 000 га («Орша-6») торфяного массива «Оршинский мох» (Тверская область). Этот массив является одним из крупнейших в Центральной России и имеет богатую историю добычи торфа фрезерным способом, что предопределило его высокую пожарную опасность после того, как осушенные площади перешли в бесхозное состояние.

Работы по созданию системы гидротехнических сооружений были реализованы в 2018-2019 гг. Для оценки динамики восстановления был разработан и реализован обширный план мониторинга, сочетающий наземные полевые исследования и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Динамика восстановления по данным ДЗЗ и наземных обследований:

– до реализации (2017 г.): территория представляет собой сухую, сильно дренированную выработку с разветвленной сетью осушительных каналов. Уровень болотных вод составляет 50–80 см от поверхности. Растительный покров представлен преимущественно сухолюбивыми лесными и лесотопяными видами. Высокий риск торфяных пожаров, подтвержденный историей возгораний.

– год реализации (2018 г.): перекрытие магистральных, валовых и картовых каналов системой земляных перемычек. Начало подъема УБВ, формирование первых временных переувлажненных участков;

– 1 год после реализации (2019 г.): формирование открытых водных зеркал, заболачивание повышенных форм рельефа, появление типичной болотной растительности (сфагновые мхи, осоки);

– 2 года после реализации (2020 г.): устойчивое повышение УБВ до 0–20 см от поверхности на большей части территории. Активное развитие топяных растительных сообществ. Полное исключение риска подземных пожаров.

Анализ эффективности работ проводился с использованием данных дистанционного зондирования Земли, в частности космических снимков высокого разрешения Spot 5 (пространственное разрешение 10 м). Сравнительный анализ количества термоточек и очагов пожаров за период с 2002 по 2019 гг. (Орлов Т. В., Шахматов К. Л., 2020) показал статистически значимое снижение пирогенной нагрузки на обводненных участках по сравнению с контрольными осушенными территориями. Количество термоточек на участке «Орша-6» после реализации проекта сократилось

практически до нуля, в то время как на соседних не обводненных участках термическая активность сохранялась.

Помимо ДЗЗ, в течение 5 лет (2018–2023 гг.) собрана уникальная эмпирическая база данных наземного мониторинга, включающая:

– динамику уровня болотных вод (УБВ) по сети наблюдательных пьезометров;

– изменение химического состава болотных вод (pH, электропроводность, содержание органического углерода, биогенных элементов);

– характеристики физико-химических свойств торфа (степень разложения, зольность, влажность, плотность);

– динамику смены растительных сообществ на постоянных геоботанических пробных площадях.

Результаты мониторинга подтвердили высокую эффективность примененных проектных решений: уже через 2–3 года после вторичного обводнения гидрологический режим территории приблизился к естественному, что создало условия для полноценного восстановления болотной экосистемы.

Результаты и рекомендации

Практическим результатом масштабных исследований, реализованных в рамках климатического проекта, стала разработка научно обоснованных рекомендаций для национальной Методологии по реализации климатических проектов в Российской Федерации. Ключевые методологические положения включают:

1. *Приоритет некапитальных решений.* При проектировании мероприятий по вторичному обводнению следует отдавать предпочтение некапитальным гидротехническим сооружениям из местных материалов, что обеспечивает многократное снижение стоимости проектов и исключение необходимости их постоянного обслуживания.

2. *Комплексный мониторинг.* Мониторинг состояния торфяников наиболее эффективно осуществляется комплексным методом, сочетающим наземные полевые исследования и данные дистанционного зондирования Земли. Такой подход позволяет оценивать как локальные гидрологические параметры, так и пространственную динамику пирогенной нагрузки на больших площадях.

3. *Учет региональной специфики.* Проектные решения должны разрабатываться с учетом особенностей рельефа, гидрологической связности с соседними участками, текущего землепользования и климатических условий конкретного региона.

4. *Интеграция с климатической повесткой.* Мероприятия по вторичному обводнению должны рассматриваться не только как противопожарные, но и как климатические проекты, способные генерировать верифицированные углеродные единицы для зачета в рамках ESG-стратегий компаний и национальных обязательств по снижению выбросов ПГ.

5. *Долгосрочное планирование.* Восстановление болотных экосистем – процесс многолетний, требующий постоянного мониторинга в течение как минимум 5–10 лет после реализации проектных мероприятий для оценки устойчивости достигнутых результатов.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сформулировать ряд ключевых выводов. Тема восстановления деградированных торфяников (Restoration of Degraded Peatlands – RDP) является высокоактуальной в глобальном масштабе и демонстрирует устойчивый рост интереса в последние десятилетия в связи с нарастанием климатических изменений и формированием международного рынка углеродных единиц. Исторический анализ торфяной отрасли России показывает, что масштабные мелиоративные работы XX века привели к формированию колоссального фонда заброшенных нарушенных торфяников, которые являются источником повышенной пожарной опасности и эмиссии парниковых газов.

Переход от парадигмы классической рекультивации к комплексному восстановлению болотных экосистем отражает смену научных и природоохранных приоритетов, а также экономическую неэффективность поддержания искусственно низкого уровня болотных вод на заброшенных территориях. При этом переход от капитального строительства к некапитальным гидротехническим сооружениям из местных материалов позволяет многократно снизить стоимость проектов и исключить необходимость их постоянного дорогостоящего обслуживания, обеспечивая при этом высокую экологическую эффективность.

Мониторинг состояния торфяников наиболее эффективно осуществляется комплексным методом, сочетающим наземные полевые исследования и данные дистанционного зондирования Земли, что подтверждено анализом пожарной обстановки на массиве «Оршинский мох» за период 2002–2019 гг. Пятилетний цикл наблюдений на участке «Орша-6» торфяного массива «Оршинский мох» доказал, что вторичное обводнение не только нивелирует пожарные риски, но и запускает процессы естественной сукцессии, возвращая территории статус полноценных болотных экосистем с характерным биоразнообразием.

Практическим результатом масштабных исследований стала разработка научно обоснованных рекомендаций для национальной Методологии по реализации климатических проектов в РФ, что открывает путь для масштабирования опыта на другие регионы страны и интеграции восстановительных мероприятий в климатическую повестку Российской Федерации. Дальнейшее развитие исследований должно быть направлено на количественную оценку генерируемых углеродных единиц, верификацию климатических эффектов и разработку экономических механизмов привлечения частного бизнеса к финансированию мероприятий по вторичному обводнению нарушенных торфяников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панов В.В., Мисников О.С. Современные тенденции развития торфяной отрасли России // Труды Инсторфа: научный журнал. 2015. №11(64). С. 3-12.

2. Мисников О. С., Тимофеев А. Е. Оценка состояния торфяного производства в Российской Федерации с применением интеллектуальной обработки текстовой информации и аналитики данных // Горный журнал. – 2024. – № 11. – С. 46–56.

3. Орлов Т.В., Шахматов К.Л. Анализ эффективности работ по вторичному обводнению торфяников Тверской области с помощью данных дистанционного зондирования // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. №6. С. 74-82.

4. Шахматов К.Л. Исследование динамики техногенно-нарушенных торфяных месторождений после их вторичного обводнения: магистерская диссертация. Тверь: ТвГТУ, 2023.

5. Joosten H., Clarke D. Wise Use of Mires and Peatlands. International Mire Conservation Group and International Peat Society. 2002. 348 p.

6. Turetsky M.R. et al. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss // Nature Geoscience. 2019. Vol. 15. P. 10-18.

7. International Peatland Society. Peatland Climate Guidance. 2023.120 p.

УДК 678.4:614.841.41

А. Е. Шкуро[1], Д. В. Захарова[1], С. Н. Пазникова[2], Д. А. Хатыпов[2]
[1] Уральский государственный лесотехнический университет
[2] Уральский институт ГПС МЧС России

ИНТУМЕСЦЕНТНАЯ СИСТЕМА В КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО БУТАДИЕН-α-МЕТИЛСТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА

Композиции на маслонаполненном каучуке СКМС-30 АРКМ-15 с интумесцентной системой полифосфат аммония – пентаэритрит (3 : 1) и боратом меламина испытаны двукратным поджигом. Потеря массы снизилась с 78,0 % у ненаполненного контроля до 31,5-32,9 % у составов с полной дозой интумесцентной системы, время самостоятельного горения после первого поджига – с 85,0 до 2,0-18,7 с. После второго поджига время горения выросло до 23,7-35,0 с: коксовый слой невулканизованной матрицы не переживает цикл нагрев – остывание. DOPO в количестве 4-5 масс. ч. потерю массы не изменил, но снизил максимальное по образцам время горения после первого поджига с 50 до 14 с, не повлияв на второй.

Ключевые слова: бутадиен-α-метилстирольный каучук, интумесцентная система, полифосфат аммония, пентаэритрит, борат меламина, коксовый остаток, потеря массы, время самостоятельного горения.

© Шкуро А. Е., Захарова Д. В., Пазникова С. Н., Хатыпов Д. А., 2026

A. E. Shkuro, D. V. Zakharova, S. N. Paznikova, D. A. Khatypov

AN INTUMESCENT SYSTEM IN COMPOUNDS BASED ON OIL-EXTENDED BUTADIENE-α-METHYLSTYRENE RUBBER: MASS LOSS AND AFTERFLAME TIME

Compounds based on oil-extended СКМС-30 АРКМ-15 rubber with an ammonium polyphosphate – pentaerythritol (3 : 1) intumescent system and melamine borate are tested by two successive flame applications. Mass loss falls from 78.0 % for the unfilled control to 31.5-32.9 % for the compounds carrying the full dose of the intumescent system, and the afterflame time after the first application falls from 85.0 to 2.0-18.7 s. After the second application the afterflame time rises to 23.7-35.0 s: the char layer of an uncured matrix does not survive a heating – cooling cycle. Adding 4-5 phr of DOPO leaves the mass loss unchanged but lowers the worst-specimen afterflame time after the first application from 50 to 14 s, with no effect on the second one.

Key words: butadiene-α-methylstyrene rubber, intumescent system, ammonium polyphosphate, pentaerythritol, melamine borate, char residue, mass loss, afterflame time.

Резины общего назначения горючи, и причина не только в самой углеводородной цепи. Коксовый остаток бутадиен-стирольных каучуков при пиролизе составляет 1-3 %, то есть полимер почти целиком превращается в летучие продукты реакции. Безгалогенная огнезащита таких композиций строится на интумесцентных системах (ИС): кислотообразователь, обычно полифосфат аммония (ПФА), этерифицирует гидроксильные группы карбонизатора и переводит их в полиароматический кокс, а газообразователь вспучивает этот кокс, превращая его в пористый теплоизолирующий слой. Карбонизатором часто выступает пентаэритрит [1, 2].

Антипирен DOPO (рис. 1) − 9,10-дигидро-9-окса-10-фосфафенантрен-10-оксид (M = 216 г/моль, $T_{пл.}$ = 119-121 °C, содержание фосфора −14,3 %) не выполняет ни карбонизирующей, ни газообразующей функции. В тоже время при термодеструкции фосфор переходит в газовую фазу в виде радикалов PO• и HPO•, которые рекомбинируют с H• и OH•, тем самым обрывают цепной механизм окисления в пламени [3]. Действие антипирена локализовано преимущественно в газовой фазе, поэтому на выход коксового остатка, DOPO влиять не должен.

Маслонаполненность каучука СКМС-30 АРКМ-15 накладывает на интумесцентную систему дополнительное ограничение. На 100 масс. ч. каучука приходится 15 ч. масла − низкомолекулярной фракции, которая покидает объём раньше, чем начинается деструкция полимерной цепи, и поставляет горючее в газовую фазу до того, как кислотообразователь успевает сформировать вспученный слой. Опубликованные рецептуры интумесцентных резин относятся преимущественно к этиленпропиленовым и ненаполненным бутадиен-стирольным каучукам [2]; для маслонаполненных марок сопоставимых данных найти не удалось.

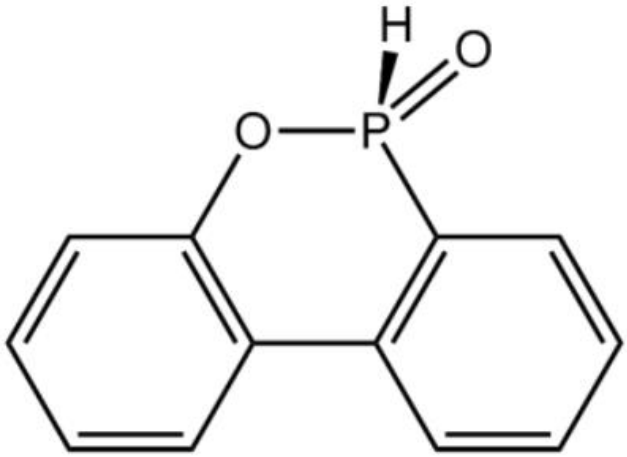


Рис. 1. Структурная формула DOPO

Цель работы – оценить, насколько интумесцентная система ПФА – пентаэритрит – борат меламина снижает потерю массы и время самостоятельного горения композиций на СКМС-30 АРКМ-15, и проверить вклад DOPO и гидроксида алюминия.

Экспериментальная часть

Соотношение ПФА : пентаэритрит выдерживали равным 3 : 1 – оптимум по выходу кокса, установленный для этой пары [1]. Оба компонента сушили раздельно 4 ч при 80 °С. Порошки ПФА, пентаэритрита, бората меламина и меламина смешивали в мельнице 10 мин единой загрузкой: пентаэритрит гидрофилен и в углеводородной матрице агломерирует, а агломерат остаётся зоной без кислотообразователя, то есть дырой в будущем коксе.

Смеси готовили на лабораторных вальцах при температуре валков 55 °С и фрикции 1 : 1,25. Температура внешнего слоя не превышала 65 °С. Порядок ввода компонентов: пластикация каучука, стеариновая кислота, гидроксид алюминия, преддисперсия пятью порциями, DOPO. Составы (масс. ч. на 100 ч. каучука): 1 – контроль без добавок; 2 – ПФА 57, пентаэритрит 19, борат меламина 18, меламин 3, стеариновая кислота 2,6; 3 – состав 2 с добавкой 5 ч. DOPO; 4 – ПФА 45, пентаэритрит 15, борат меламина 16, меламин 3, гидроксид алюминия 52, стеариновая кислота 3; 5 – состав 4 с добавкой 4,3 ч. DOPO.

Для определения горючести образец дважды вносили в пламя горелки и после каждого выноса фиксировали время самостоятельного горения, T_1 и T_2, по схеме метода Б ГОСТ 28157-2018 [3]. Потерю массы (Δm) определяли гравиметрически, по разности масс образца до и после испытания [4].

Результаты и обсуждение

Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица. **Потеря массы и время самостоятельного горения композиций**

Состав	$\Delta m_{ср}$, %	$T_{1ср}$, с	$T_{2ср}$, с	$T_{общ}$, с
1 – Контроль	78,0	85,0	–	85,0
2 – ИС	32,9	18,7	8,7	27,3
3 – ИС + DOPO	31,5	2,0	23,7	25,7
4 – ИС + ATH	45,8	16,7	35,0	51,7
5 – ИС + ATH + DOPO	47,6	8,3	24,7	33,0

Контроль теряет 78,0 % массы, составы 2 и 3 (рис. 2) – 32,9 и 31,5 %. В пересчёте на 100 масс. ч. каучука остаток равен 134 и 140 ч. при массе самой интумесцентной системы 97 и 102 ч. и остатке контроля 22 ч. Система не только коксуется сама, но и увеличивает выход кокса из полимера, чего и требует механизм этерификации по Камино [1].

Гидроксид алюминия в составах 4 и 5 вводили взамен части интумесцентной системы, а не сверх неё. За вычетом образующегося Al_2O_3 остаток падает со 134-140 до 91-95 ч., потеря массы растёт до 45,8-47,6 %.

Разница между первым и вторым поджигом – главный результат серии испытаний. T_1 снижается с 85,0 с у контроля до 2,0 с у состава 3, то есть в сорок раз, и индивидуальные значения (4, 2 и 0) с формально укладываются в требования к категории V-0. T_2 у составов 3-5 превышает их же T_1 в 3-12 раз и составляет 23,7-35,0 с. Ко второму поджигу локальный запас ПФА и пентаэритрита в прогретой зоне израсходован, а вспученный слой, растрескавшийся при остывании, не восстанавливается.

Причину мы связываем прежде всего с отсутствием сшивки: кокс формируется на поверхности текучего расплава и при остывании отслаивается вместе со стеклофазой B_2O_3. Вторая возможная причина – дозировка бората меламина. Шестнадцати-восемнадцати частей хватает на образование стеклофазы, но не на то, чтобы удержать слой целым в цикле поджиг – остывание – поджиг [2].



Рис. 2. Поверхность образца № 3 после испытаний на горючесть

На потерю массы DOPO практически не влияет: 32,9 против 31,5 % у составов 2 и 3, 45,8 против 47,6 % у составов 4 и 5. Коксовый остаток к добавке нечувствителен, и для антипирена, работающего в газовой фазе, это ожидаемо. По времени горения после первого поджига картина обратная. Среднее T_1 падает с 18,7 до 2,0 с в первой паре составов и с 16,7 до 8,3 с во второй, максимальное по образцу значение – с 28 до 4 и с 50 до 14 с. Суммарное T_1 шести образцов без DOPO равно 106 с, шести с DOPO – 31 с. Ни один образец с DOPO не горел после первого выноса дольше 14 с, тогда как без добавки время горения доходило до 50 с.

Второй поджиг добавка не улучшала: T_2 растёт с 8,7 до 23,7 с у составов 2 и 3 и падает с 35,0 до 24,7 с у составов 4 и 5. Разделение по поджигам объясняется газофазным механизмом – фосфорорганическая добавка ингибирует пламя радикалами PO• [2]. За первый поджигу добавка расходуется и улетучивается из прогретой зоны.

Заключение

1. Интумесцентная система ПФА – пентаэритрит – борат меламина в дозировке 97 масс. ч. на 100 ч. каучука СКМС-30 АРКМ-15 снижает потерю массы (с 78,0 до 31,5-32,9 %) и время самостоятельного горения после первого поджига (с 85,0 до 2,0-18,7 с).

2. Эффект не воспроизводится при повторном поджиге: T_2 превышает T_1 в 3-12 раз. Без вулканизации коксовый слой плохо удерживается на матрице, поэтому вулканизующая группа для такой рецептуры обязательна.

3. DOPO в количестве 4-5 масс. ч. на потерю массы не влияет, но снижает время самостоятельного горения после первого поджига: среднее – с 18,7 до 2,0 и с 16,7 до 8,3 с в двух парах составов, максимальное по образцу – с 50 до 14 с. На второй поджиг добавка влияния не оказала.

4. Гидроксид алюминия, введённый взамен части интумесцентной системы, снижает коксовый остаток со 134-140 до 91-95 масс. ч. на 100 ч. каучука и увеличивает потерю массы до 45,8-47,6 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Camino G., Costa L., Trossarelli L. Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers: Part II – Mechanism of action in polypropylene–ammonium polyphosphate–pentaerythritol mixtures // Polymer Degradation and Stability. 1984. Vol. 7, No. 1. P. 25–31.

2. Bourbigot S., Duquesne S. Fire retardant polymers: recent developments and opportunities // Journal of Materials Chemistry. 2007. Vol. 17, No. 22. P. 2283–2300.

3. ГОСТ 28157-2018. Пластмассы. Методы определения стойкости к горению: межгосударственный стандарт.

4. Исследование возможности применения гравиметрического метода для изучения эффективности огнезащитных составов / Н.Ю. Добрынина, С.Н. Пазникова, Т.В. Якубова, А.В. Кокшаров // Техносферная безопасность. 2022. № 1 (34). С. 16–23.

УДК 691.115

Т. В. Шмелева*, Е. В. Зарубина, А. Л. Никифоров, Д. С. Репин, Н. А. Кропотова, Д. В. Сидорин
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
*ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, МИНИМИЗИРУЮЩЕГО РИСКИ ПРИ ПОЖАРЕ

Представлены результаты исследования по разработке технологии изготовления теплоизоляционного пожаробезопасного строительного материала из отходов деревообрабатывающей, сельскохозяйственной промышленности для отделки строительных конструкций.

Ключевые слова: строительный материал, экологичность, теплоизоляционный материал, пожаробезопасный материал.

T. V. Shmeleva*, E. V. Zarubina, A. L. Nikiforov, D. S. Repin, N. A. Kropotova, D. V. Sidorin

ON THE ISSUE OF FORMING A THERMOINSULATING MATERIAL THAT MINIMIZES RISKS IN CASE OF FIRE

The results of a study on the development of a technology for producing a heat-insulating, fire-safe building material from waste materials of the woodworking and agricultural industries for finishing building structures are presented.

Keywords: building material, environmental friendliness, thermal insulation material, fireproof material.

В [1-7] описаны этапы создания технологической линии производства теплоизоляционного материала для отделки строительных конструкций на основе природных компонентов, которые во многих регионах не востребованные.

В рамках нашего технологического подхода к утилизации целлюлозосодержащих отходов различных производств и процессов, разработаны образцы материалов, модифицированные антипереном.

Данная модификация существенно снижает вероятность возгорания и повышает их огнестойкость, что является важным аспектом в контексте экологической безопасности и промышленной устойчивости.

© Шмелева Т. В., Зарубина Е. В., Никифоров А. Л., Репин Д. С., Кропотова Н. А., Сидорин Д. В., 2026

Все образцы, подвергнутые комплексной оценке теплопроводности, воспламеняемости, горючести и прочности, предварительно прошли вариационное испытание на устойчивость к атмосферным воздействиям в течение двух лет.

В рамках данного эксперимента они были размещены на открытом воздухе, при этом были приняты меры по предотвращению их контакта со снегом и осадками, что позволило исключить влияние неблагоприятных погодных условий на результаты последующих исследований.

Образцы изготавливались по приведенным в табл. 1 данным.

Таблица 1. **Количество используемых материалов с различной плотностью**

	Размеры 160×160				**Размеры 240×240**			
Образец/ Материал (г)	**Образец 1**	**Образец 2**	**Образец 3**	**Образец 4**	**Образец 1**	**Образец 2**	**Образец 3**	**Образец 4**
Опил	15,14	20,00	30,40	15,14	34,00	46,00	70,50	34,00
Солома	13,42	10,40	20,80	13,42	34,10	21,18	42,38	34,10
Жидкое стекло	43,20	71,87	148,87	43,20	91,36	146,97	303,67	91,36
Жидкое стекло на крафтовую бумагу	-	-	-	50,66	-	-	-	78,28

Таблица 2. **Показатели после проверки на горючесть**

Образец/ показатель	**Образец № 1**	**Образец № 2**	**Образец № 3**	**Образец № 4**
Горючесть	Г4 (сильногорючие) температура дымовых газов >450 °С, потеря массы >50 %.	Г1 (слабогорючие) температура дымовых газов ≤135 °С, потеря массы ≤20 %.	Г1 (слабогорючие) температура дымовых газов ≤135 °С, потеря массы ≤20 %.	Г1 (слабогорючие) температура дымовых газов ≤135 °С, потеря массы ≤20 %.
Скорость распространения пламени, мм/с	1,56	1,6	1,5	1,6
Дымообразование (коэффициент D по ГОСТ 12.1.044)	D1	D1	D1	D1

Таблица 3. **Экспериментальные показатели теплопроводности образцов**

Образец/показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Теплопроводность, λ (Вт/м·К)	0,051	0,049	0,050	0,060
Сопротивление теплопередачи R ($м^2$·К/Вт)	0,38	0,31	0,33	0,32



Рис. 1. Показатель прочность образца

Таблица 4. **Экспериментальные данные образцов**

Материал/ Показатель	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Вес, кг/$м^2$	2,18	2,56	3,98	2,77
Плотность, кг/$м^3$	109	162	198	137
Высота, мм	19,0	15,1	18,8	19,1
Горючесть	Г4	Г2	Г1	Г2
Прочность на сжатие, МПа	0,088	0,128	0,206	0,128
Теплопроводность, Вт/м·К	0,046	0,054	0,052	0,061
Сопротивление теплопередачи $м^2$·К/Вт	0,434	0,384	0,296	0,327

Перспективы дальнейших исследований и разработок должны быть ориентированы на создание инновационных методов повышения пожарной безопасности производственных изделий, а также на расширение ассортимента продукции, базирующейся на утилизации невостребованных промышленных отходов. Эти отходы, как правило, подвергаются сжиганию без получения значимой экономической выгоды, что негативно сказывается на экологической ситуации. Таким образом, разработка новых технологий переработки данных

отходов представляет собой не только экономически целесообразное, но и экологически ответственное направление, способствующее снижению негативного воздействия на окружающую среду и стимулирующее устойчивое развитие промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубева Е.С., Макаров Е.В., Зарубина Е.В., Никифоров А.Л., Шмелева Т.В.*, Шмелев А.С. К вопросу о создании устройства для изготовления нового отделочного строительного материала // Сборник материалов XVI Всеросийская науч.-практ. конф. «Надежность и долговечность машин и механизмов», Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России - 2025.- С.164-167.

2. Муратова А.А., Голубева Е.С., Зарубина Е.В., Никифоров А.Л., Шмелев* А.С.. Научно обоснованный подход к организации производства теплоизолирующего материала из промышленных отходов// Сборник материалов XVI Всеросийская науч.-практ. конф. «Надежность и долговечность машин и механизмов», Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России - 2025.- С.275-278.

3. Зарубина Е.В., Никифоров А.Л., Репин Д.С., Шабунин С.А., Шмелева Т.В. К вопросу о создании нового отделочного материала из отходов лёгкой и деревообрабатывающей промышленности // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор». 2024.- С. 33-36.

4. Шмелев А.С., Зарубина Е.В., Никифоров А.Л., Репин Д.С. Применение производственных целлюлозосодержащих отходов для разработки теплоизоляционных материалов // Сборник материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России -2024.- С.538-542.

5. Шарымова С.М., Зарубина Е.В., Никифоров А.Л., Репин Д.С. Исследование способов получения теплоизоляционных пожаробезопасных материалов из отходов различных производств // Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии» (17.10.2024). Иваново. 2024.- С. 559-562.

6. Пат. на полезную модель 39602 РФ, МПК[7] D 01 G 25/00, 15/46. Устройство для формирования волокнистого настила [Текст] // Зарубин В.М., Глинкин П.М., Шмелев С.А., Ульев Д.А., Шмелева Т.В., Полякова Е.В., Кочетков И.В.- № 2004110509/22; заявл. 07.04.2004; опубл. 10.08.2004, Бюл. №22.

УДК 543.57 + 614.841

Т. В. Штеба[1], А. В. Артёмов[2]
[1]Уральский институт ГПС МЧС России
[2]Уральский государственный лесотехнический университет

ТЕРМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ДРЕВЕСНОГО И НЕДРЕВЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПО ДАННЫМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ

Работа посвящена исследованию термических эффектов лигноцеллюлозного сырья: опилок сосны, опилок берёзы и биомассы борщевика методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Полученные данные характеризуют термические процессы, протекающие при нагреве, и позволяют ориентировочно оценить технологическую и пожарную опасность материалов.

Ключевые слова: лигноцеллюлозное сырьё, дифференциальная сканирующая калориметрия, термические эффекты, пожарная опасность

T. V. Shteba, A. V. Artyomov

THERMAL EFFECTS OF WOOD AND NON-WOOD PLANT RAW MATERIALS ACCORDING TO DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY DATA

The work is devoted to the study of the thermal effects of lignocellulosic raw materials: pine sawdust, birch sawdust, and hogweed biomass using differential scanning calorimetry. The obtained data characterize the thermal processes occurring during heating and allow for an approximate assessment of the technological and fire hazards of the materials.

Key words: lignocellulosic materials, differential scanning calorimetry, thermal effects, a fire hazard

Растительное сырье древесного и недревесного происхождения (опилки, биомасса и др.) широко используются в энергетике, химической промышленности и проч. как вторичный ресурс [1]. Для обеспечения безопасного хранения, транспортировки и переработки необходимо понимать термическое поведение этих материалов при нагревании [2]. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) позволяет регистрировать тепловые эффекты, сопровождающие физические и химические превращения в материалах при контролируемом нагреве [3].

Целью настоящей работы является сопоставление термических эффектов сосновых (ОС) и берёзовых (ОБ) опилок, а также биомассы борщевика (ББ) по данным ДСК при различных скоростях нагрева: 2,5; 5; 10 и 20 °С/мин.

© Штеба Т. В., Артёмов А. В., 2026

Динамические ДСК измерения проводились в потоке газообразного аргона в замкнутом пространстве с применением дифференциального сканирующего калориметра METTLER TOLEDO DSC 823e/700.

Для каждого режима нагрева были определены:

- температура начала эффекта;
- температура максимума (пика) эффекта;
- удельная энтальпия (тепловой эффект), Дж/г.

Были получены данные для трёх эффектов ОБ и ББ и одного эффекта ОС при различных скоростях нагрева (табл.1-3).

Для ОС зарегистрирован один экзотермический эффект при трёх скоростях нагрева (5, 10 и 20 °С/мин) (табл.1).

Таблица 1. **Термоэффекты для ОС при разных скоростях нагрева**

Скорость нагрева, °С/мин	Начало эффекта, °С	Максимум пика, °С	Энтальпия, Дж/г
5,0	250,99	264,95	6,84
10,0	242,94	265,30	35,22
20,0	286,06	305,28	3,07
Среднее	260,00	278,51	15,04

Энтальпия эффекта для ОС сильно варьирует (от 3,07 до 35,22 Дж/г), что свидетельствует о высокой чувствительности данного ЛЦС к режиму нагрева.

Для ОБ установлены три экзотермических эффекта при всех четырёх скоростях нагрева. В табл. 2 приведены данные по отдельным эффектам и их сумме.

Таблица 2. **Термоэффекты для ОБ при разных скоростях нагрева**

Скорость нагрева, °С/мин	Термоэффекты, Дж/г				Температуры максимумов, °С		
	I	II	III	Σ	I	II	III
2,5	0,42	48,72	85,79	134,93	163,52	219,25	268,80
5,0	-1,31	46,10	72,16	116,95	165,35	223,18	279,44
10,0	2,31	45,67	87,42	135,40	182,93	232,04	291,71
20,0	14,17	47,61	39,18	100,96	188,21	258,54	303,76
Среднее	5,01	46,79	70,26	122,06	177,23	238,42	288,06

Температуры начала первого эффекта для ОБ составляют 145,79; 148,15; 31,87 и 172,18 °С при 2,5; 5; 10 и 20 °С/мин соответственно. Стоит отметить, что I эффект при 5 °С/мин имеет отрицательное значение энтальпии: -1,31 Дж/г, а значение начала I эффекта при 10 °С/мин составляет 31,87 °С, что резко отличается от остальных значений (145,79; 148,15 и 172,18 °С).

При увеличении скорости нагрева от 2,5 до 20 °С/мин максимумы эффектов смещаются к более высоким температурам на 24,69 °С (I эффект), 39,29 °С (II эффект) и 34,96 °С (III эффект).

Для ББ также зарегистрированы три экзотермических эффекта при всех четырёх скоростях нагрева (табл. 3).

Таблица 3. **Термоэффекты для ББ при разных скоростях нагрева**

Скорость нагрева, °С/мин	Термоэффекты, Дж/г				Температуры максимумов, °С		
	I	II	III	Σ	I	II	III
2,5	11,93	51,18	94,83	157,94	140,76	220,26	268,03
5,0	3,84	35,39	29,77	69,00	145,40	225,60	280,18
10,0	6,27	42,91	13,08	62,26	154,77	241,38	299,42
20,0	5,82	45,40	19,35	70,57	179,77	261,14	314,29
Среднее	7,34	43,27	39,34	89,94	162,26	241,88	292,01

При увеличении скорости нагрева от 2,5 до 20 °С/мин максимумы эффектов смещаются на 39,01 °С (I эффект), 40,88 °С (II эффект) и 46,26 °С (III эффект). III эффект для ББ характеризуется наиболее высокой энтальпией при 2,5 °С/мин (94,83 Дж/г) и заметным снижением при 5, 10 и 20 °С/мин (29,77; 13,08 и 19,35 Дж/г).

Средняя суммарная энтальпия трёх эффектов ОБ составляет 122,06 Дж/г, для ББ – 89,94 Дж/г. Разница составляет 32,12 Дж/г, или приблизительно 35,7 % в сторону ОБ. Однако это соотношение зависит от скорости нагрева (табл. 4).

Таблица 4. **Сравнение суммарных удельных энтальпий трёх эффектов**

Скорость нагрева, °С/мин	Средняя суммарная энтальпия трёх эффектов ОБ, Дж/г	Средняя суммарная энтальпия трёх эффектов ББ, Дж/г	Δ, Дж/г
2,5	134,93	157,94	−23,01
5,0	116,95	69,00	+47,95
10,0	135,40	62,26	+73,14
20,0	100,96	70,57	+30,39

При скорости 2,5 °С/мин суммарная энтальпия ББ выше на 23,01 Дж/г. При скоростях 5, 10 и 20 °С/мин значения для ОБ выше соответственно на 47,95; 73,14 и 30,39 Дж/г.

Вклад эффектов в суммарную энтальпию (по средним значениям) составляет:

- ОБ: I – 4,1%, II – 38,3%, III – 57,6% (доминирует III эффект);
- ББ: I – 8,2%, II – 48,1%, III – 43,7% (II и III эффекты сопоставимы).

У ОБ III эффект доминирует, у ББ II и III эффекты примерно равны по вкладу.

ББ характеризуется наиболее низкими температурами начала I эффекта (113,81-154,77 °С, среднее 134,29 °С). Для ОС этот диапазон составляет 242,94–286,06 °С (среднее 260,00 °С). Для ОБ (без учета аномального значения 31,87 °С) среднее значение составляет 155,37 °С.

При повышении скорости нагрева максимумы всех трёх пиков для ОБ и ББ смещаются в высокотемпературную область. Это связано с тем, что в условиях быстрого нагрева образец не успевает достичь термодинамического равновесия, и регистрируемый максимум теплового эффекта наблюдается при более высокой температуре. Данная закономерность характерна для неизотермических измерений и должна учитываться при сопоставлении материалов: сравнение температур пиков корректно только при одинаковой скорости нагрева [4]. Суммарная энтальпия трёх эффектов зависит от скорости нагрева. Её среднее значение по четырём режимам полезно для общего сравнения, но не отражает полной картины: при 2,5 °С/мин ББ имеет более высокую суммарную энтальпию, а при других скоростях – ОБ. Это указывает на различие в механизмах или кинетике процессов, происходящих при нагревании двух материалов.

В общем заключении по выполненной работе следует отметить следующее:

1. В представленных ДСК-данных образцы ОБ и ББ характеризуются тремя экзотермическими эффектами, ОС – одним эффектом (в исследованном диапазоне).

2. Средняя суммарная энтальпия ОБ (122,06 Дж/г) выше, чем у ББ (89,94 Дж/г), на 35,7%. Однако при скорости 2,5 °С/мин ББ выделяет больше тепла.

3. Температуры максимумов эффектов ОБ и ББ смещаются в область высоких значений при увеличении скорости нагрева (кинетический сдвиг).

4. ББ характеризуется наиболее низкими температурами начала деструкции, что указывает на его потенциально более высокую пожарную опасность при низкотемпературном нагреве по сравнению с древесными опилками.

5. Полученные результаты позволяют сопоставить материалы по термическому поведению и могут быть использованы для оценки рисков при их промышленной переработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эколого-экономическое обоснование применения вторичного растительного сырья для получения композиционных материалов без применения связующих веществ / А. В. Артёмов, А. С. Ершова, В. Г. Бурындин, А. Е. Шкуро // Леса России и хозяйство в них. – 2025. – № 4(95). – С. 172-187. – DOI 10.51318/FRET.2025.95.4.017. – EDN BKWUIV.

2. Марков, В. Ф. Взрывное термическое разложение аммиачной селитры: причины и пути предотвращения / В. Ф. Марков, Л. Н. Маскаева, Е. Markov // Техносферная безопасность. – 2020. – № 4(29). – С. 49-63. – EDN YMPSXM.

3. Оценка термодеструкции лигноцеллюлозных наполнителей и композиционных материалов на их основе / Т. Н. Вахнина, И. В. Сусоева, Е. Б. Аносова, А. В. Капранов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 1(39). – С. 188-197. – EDN YIOAWL.

4. Toda, A. Heating rate dependence of melting peak temperature examined by DSC of heat flux type / A. Toda // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2015. – Vol. 122, № 3. – P. 1795-1808.

УДК 614.84

Н. С. Шумов, А. П. Терентьева
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ И СПОСОБЫ ИХ ТУШЕНИЯ

В статье рассмотрены особенности возникновения и распространения ландшафтных пожаров и основные способы их тушения. Использование беспилотных летательных аппаратов для повышения эффективности управления подразделениями на пожаре.

Ключевые слова: ландшафтные пожары, тушение природных пожаров, безопасность, авиационное тушение, беспилотные летательные аппараты.

N. S. Shumov, A. P. Terenteva

FEATURES OF THE OCCURRENCE AND SPREAD OF LANDSCAPE FIRES AND METHODS OF THEIR EXTINGUISHING

The article discusses the features of the occurrence and spread of landscape fires and the main methods of their extinguishing. The use of unmanned aerial vehicles to improve the efficiency of fire management units.

Key words: landscape fires, wildfire extinguishing, security, aviation extinguishing, unmanned aerial vehicles.

Ландшафтные пожары угрожают природной среде, хозяйству и людям. Природные пожары и связанные с ними чрезвычайные ситуации ощутимо вредят экономическому и социальному развитию России [1].

Ландшафтный пожар - стихийно распространяющееся горение, которое уничтожает леса, кустарники и другую растительность. Чаще всего его вызывает человек. Пик приходится на лето, на пожароопасный сезон [2].

Каждый год такие пожары наносят серьёзный урон многим регионам мира. В России за последние годы их стало заметно больше: растёт число засушливых периодов, меняется климат, усиливается антропогенное воздействие. В 2024 году огонь охватил 12,8 млн гектаров, на 10 % больше среднего показателя за последние 15 лет. Около 40 % пожаров пришлись на

© Шумов Н. С., Терентьева А. П., 2026

отдалённые и труднодоступные территории. Тушить их было сложнее, а ущерб экосистеме страны оказался существенным [3].

Границы природного пожара меняются постоянно: на них влияют ветер, рельеф, влажность и структура горючего материала. Подразделениям приходится так же постоянно корректировать свои действия [4]. Сухая трава и мелкая растительность быстро прогреваются и воспламеняются. Валежник и толстый слой подстилки способны долго тлеть. Если растительность связана по вертикали, низовой пожар может перейти в верховой [1].

Ветер подаёт больше кислорода, наклоняет пламя к невыгоревшему топливу и переносит горящие частицы. При сильном ветре фронт огня может двигаться со скоростью свыше 30 км/ч, и работа пожарных заметно усложняется. Влияет и рельеф. Когда огонь идёт вверх по склону, пламя оказывается ближе к топливу, а конвективный прогрев усиливается [2].

Выбор методов тушения во многом зависит от ландшафта: типа и плотности растительности, наличия торфяных отложений, климата. Лесные пожары в хвойных массивах способны охватывать большие площади и быстро распространяться, потому что хвоя легко воспламеняется, а в ней много смолистых веществ. Торфяные пожары уходят вглубь. Они долго тлеют под землёй, даже когда на поверхности огня уже нет [3].

Труднодоступность очагов - одна из самых серьёзных проблем тушения. Крупные пожары нередко возникают в удалённых районах, и наземная техника добирается туда с трудом. Приходится привлекать авиацию и разворачивать временные базы, где пожарные расчёты несут непрерывное дежурство [4, 5].

Основное средство непосредственного тушения - вода. Она охлаждает зону горения и снижает температуру горючего материала. Смачиватели помогают жидкости глубже проникать в растительный слой. Результат зависит от объёма воды и от непрерывности снабжения. Чем дальше источник, тем резче падает фактическая производительность. Поэтому водоснабжение при крупных пожарах следует рассматривать как отдельную логистическую задачу [1].

Минерализованная полоса - участок, где горючий растительный материал удалён до минерального слоя грунта. Её используют как заградительный или опорный рубеж. Эффективность полосы определяют её непрерывность, состояние растительности по обе стороны, ветер и возможность переноса горящих частиц. Абсолютным барьером полоса не служит. Лучше всего применять её вместе с наблюдением, дотушиванием и контролем флангов [2].

Отжиг - управляемое выжигание горючего материала от заранее выбранного опорного рубежа. Он уменьшает запас топлива перед основной кромкой. Метод может быть эффективным при крупных пожарах, когда непосредственная атака невозможна, но требует строгой организации и контроля ветра, рельефа и путей распространения огня. Ветер сменился - и управляемый огонь способен выйти за пределы намеченной зоны. Нужны опорный рубеж, наблюдение, связь и возможность прекратить операцию [3].

Авиация достаёт до труднодоступных и интенсивных участков, ведёт разведку и снижает интенсивность горения. Самолёт Бе-200 сбрасывает до 12 тонн воды за один заход. Сильный ветер и высокие температуры снижают эффективность воздушных методов. Операции стоят дорого, а в удалённых регионах доступ к воде может быть ограничен. Результативнее всего авиация работает как часть единой системы: после сброса наземные силы закрепляют достигнутое [5].

В последние годы БПЛА всё активнее применяют в борьбе с ландшафтными пожарами (рисунок) [4, 5].

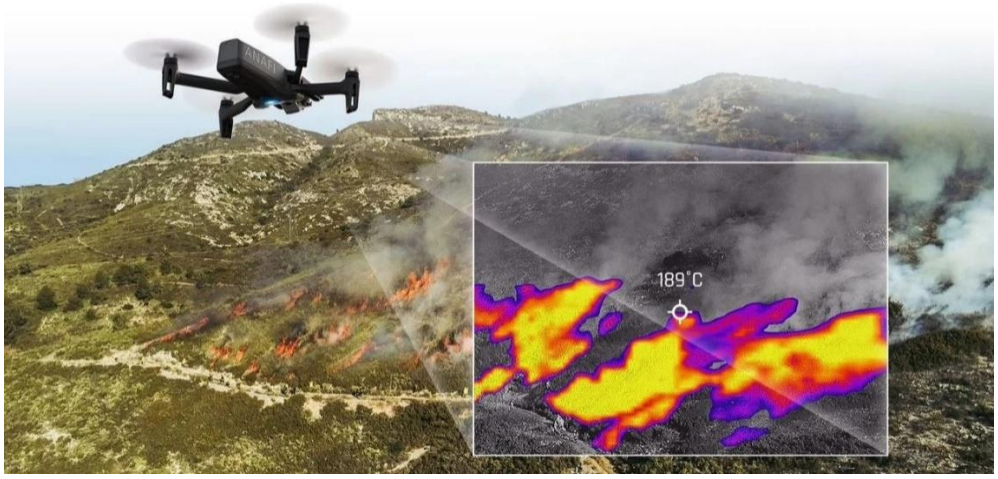


Рисунок. Мониторинг ландшафтного пожара с помощью БПЛА

Включение БПЛА в управление пожарными подразделениями даёт пять преимуществ. Беспилотники передают обзор с воздуха в реальном времени. По нему быстро оценивают масштаб и направление распространения огня, а командование получает актуальную информацию. Риск для пожарных снижается: опасные зоны оценивают дистанционно, и людям не нужно находиться там, где велика вероятность ожога или обрушения. БПЛА поддерживают связь между подразделениями, особенно в труднодоступных районах, где обычные средства связи часто подводят. Данные с беспилотников помогают лучше распределять силы и ресурсы, снижая издержки и время тушения. После тушения аппараты выявляют скрытые очаги возгорания и помогают оценить ущерб экосистеме, а это нужно для восстановления природных ресурсов.

Эффективность тушения повышают химические огнезащитные составы: они замедляют горение и не дают очагу вспыхнуть повторно. Пенообразователи изолируют участки с высокой вероятностью возгорания. Химические средства нужно применять с соблюдением мер экологической безопасности [6].

Таблица. **Сравнительная оценка способов тушения ландшафтных пожаров [составлено авторами]**

Способ	Преимущества	Ограничения	Применение
Вода	Охлаждение и дотушивание	Зависимость от водоснабжения	Прямое тушение
Минерализованная полоса	Устойчивый рубеж	Требует времени и техники	Косвенная локализация
Отжиг	Снижение запаса топлива	Высокие требования к управлению	Крупные пожары
Авиация	Быстрый доступ	Зависимость от погоды	Поддержка наземных сил

Алгоритм выбора способа тушения:

1. Провести разведку и определить фактические границы пожара.
2. Оценить вид и состояние горючего материала.
3. Определить направление и скорость ветра, и вероятность их изменения.
4. Оценить рельеф и существующие естественные рубежи.
5. Определить наиболее опасный участок и объекты, которым угрожает пожар.
6. При допустимой интенсивности применить непосредственное тушение.
7. При высокой интенсивности выбрать косвенный рубеж и подготовить линию локализации.
8. При необходимости использовать воду, механизированную технику и авиационную поддержку.
9. После локализации провести дотушивание и окарауливание.

Способы не исключают друг друга. Их комбинируют, чтобы учесть неоднородность пожарной обстановки. Результат тушения зависит не от отдельного технического средства, а от выбранной тактики, которая учитывает вид топлива, ветер, влажность, рельеф, интенсивность и безопасность [1, 2].

Наиболее эффективна комбинированная система: разведка, прогнозирование, выбор рубежа, концентрация сил, непосредственное или косвенное воздействие, дотушивание и окарауливание. Безопасность личного состава остаётся обязательным ограничением для любого тактического решения. Три приёма повышают устойчивость локализации и снижают расход ресурсов: постоянное сопоставление фактического распространения с прогнозом, использование естественных и искусственных рубежей, рациональное сочетание наземных и авиационных средств [3, 6].

Готовность к ландшафтным пожарам повышают превентивные меры: очистка лесов от сухостоя и создание противопожарных полос. Им следует уделять больше внимания. Техническое переоснащение пожарных служб, подготовка специалистов и современные технологии мониторинга обеспечивают высокий уровень безопасности, защищают экосистемы и сводят ущерб к минимуму [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голоколенов, С. А. особенности тушения ландшафтных пожаров / С. А. Голоколенов // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 27 марта 2025 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2025. – С. 173-178. – EDN YLMLLU.

2. Кузнецов, А. В. Технология определения фактического значения количественного состава малых групп мониторинга при разведке крупных пожаров / А. В. Кузнецов, Д. А. Тарасова // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". – 2023. – № 32. – С. 90-94. – EDN WDCZBM.

3. Кузнецов, А. В. Маршрутизация полета беспилотных авиационных систем при проведении поисково-спасательных работ / А. В. Кузнецов, М. О. Баканов, Д. В. Тараканов // Актуальные вопросы пожаротушения: Сборник материалов Всероссийского круглого стола, Иваново, 15 мая 2020 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2020. – С. 77-85. – EDN OFIRUH.

4. Кузнецов, А. В. Системы мониторинга лесных пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов / А. В. Кузнецов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. – С. 622-626. – EDN VMTLDM.

5. Баканов, М. О. К вопросу о резервировании и управлении беспилотными воздушными судами при мониторинге ландшафтных пожаров / М. О. Баканов, В. А. Смирнов, М. В. Анкудинов // Мониторинг. Наука и технологии. — 2016. — № 4(29). — С. 77–79.

6. Федеральное агентство лесного хозяйства (Авиалесоохрана). — URL: https://aviales.ru/ (дата обращения: 08.10.2026).

УДК 699.814

А. В. Щербаков, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев, М. А. Мальцев
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

В статье рассматриваются особенности применения огнезащиты металлических конструкций при строительстве высотных зданий. Анализируются основные способы повышения предела огнестойкости стальных элементов, включая использование огнезащитных покрытий, облицовочных материалов и конструктивных решений.

Ключевые слова: высотные здания; огнезащита; металлические конструкции; конструктивная огнезащита; огнезащитные составы.

A. V. Shcherbakov, S. N. Nakonechnyy, A. G. Azovtsev, M. A. Maltsev

APPLICATION OF FIRE PROTECTION FOR METAL STRUCTURES IN HIGH-RISE BUILDING CONSTRUCTION

The article examines the specifics of applying fire protection to metal structures in the construction of high-rise buildings. It analyzes the primary methods for enhancing the fire resistance rating of steel elements, including the use of fire-retardant coatings, cladding materials, and structural solutions.

Key words: high-rise buildings; fire protection; metal structures; structural fire protection; fire-retardant compositions.

Металлические конструкции широко применяются в зданиях благодаря высокой прочности, сравнительно небольшому весу и возможности создавать различные объемно-планировочные и конструктивные решения. Однако в случае пожара сталь при нагреве быстро теряет прочность и жёсткость. Поэтому огнезащита – важная часть обеспечения пожарной безопасности зданий.

Основные способы огнезащиты металлических конструкций:

- вспучивающиеся огнезащитные покрытия. При нагреве образуют теплоизолирующий слой;
- облицовка плитами и листовыми материалами. Сталь защищают огнезащитными плитами или другими конструкциями. Такой способ обеспечивает стабильную защиту, но влияет на габариты и внешний вид элементов;
- штукатурные и напыляемые составы. Создают теплоизоляционный слой на поверхности металла. Их используют, в частности, там, где декоративный вид конструкции не является определяющим;

© Щербаков А. В., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г., Мальцев М. А., 2026

- конструктивные решения. Огнезащиту дополняют подбором сечений, ограничением нагрузок, устройством отсеков и другими мерами пожарной безопасности.

Выбор решения зависит от требуемого предела огнестойкости, формы и сечения элементов, условий эксплуатации, архитектурных требований и проектной схемы здания.

Огнезащита должна сохранять свойства в реальных условиях эксплуатации. На неё могут влиять влажность, перепады температуры, ультрафиолет, коррозионная среда, вибрации и механические повреждения. Условия в закрытом отапливаемом помещении и на открытой площадке существенно различаются.

При этом огнезащиту нередко воспринимают как разовую операцию. На практике покрытия и облицовки нуждаются в осмотре, а при повреждении – в ремонте по установленной технологии. Без обслуживания локальные дефекты могут остаться незамеченными.

Главная проблема огнезащиты металлических конструкций состоит не в отсутствии подходящих материалов, а в необходимости правильно связать проектный расчёт, выбор системы, качество нанесения и последующую эксплуатацию. Современные здания отличаются сложной геометрией, насыщенностью инженерными системами и высокими архитектурными требованиями, поэтому огнезащиту нельзя рассматривать как отдельную отделочную операцию. Это часть комплексной системы пожарной безопасности, эффективность которой зависит от качества решений на всех этапах – от проектирования до обслуживания здания.

Возведение небоскребов – это всегда вызов для инженеров и строителей, а процесс нанесения и эксплуатации огнезащиты металлических конструкций в таких зданиях сопряжен с множеством специфических проблем. На больших высотах физические и климатические условия кардинально отличаются от условий на земле, что создает уникальные трудности.

Основные проблемы применения огнезащиты при строительстве небоскребов можно разделить на несколько ключевых групп:

1. Климатические и погодные факторы на высоте.

На вершине строящегося небоскреба условия часто близки к горным: сильный ветер, перепады температур, высокая влажность и осадки.

2. Динамические нагрузки и деформации (ветровые и температурные).

Небоскребы – это «живые» здания. Они постоянно испытывают ветровые нагрузки (раскачиваются) и температурные деформации (металл расширяется на солнце и сжимается в холод). Если огнезащитный материал (особенно жесткие плиты или толстослойные штукатурки) недостаточно эластичен, постоянные микродеформации каркаса приводят к образованию трещин, отслоению от металла и осыпанию.

3. Проблемы контроля качества и скрытых дефектов

Огромные площади поверхностей. В высотных зданиях площадь металлоконструкций исчисляется сотнями тысяч квадратных метров. Проконтролировать толщину слоя, адгезию (сцепление с металлом) и сплошность покрытия на каждом квадратном сантиметре физически сложно. Часть металлокаркаса после монтажа фасадных систем, инженерных коммуникаций или внутренней отделки становится недоступной для визуального осмотра и обслуживания в ходе эксплуатации здания.

4. Увеличение постоянной нагрузки на каркас и фундамент.

Тяжелые конструктивные методы огнезащиты (минераловатные плиты высокой плотности, гипсокартонные или силикат-кальциевые экраны, толстослойные штукатурки) обладают значительным весом. В масштабах небоскреба эта дополнительная масса исчисляется тысячами тонн, что заставляет инженера увеличивать сечение несущих колонн и закладывать больший запас прочности в фундамент.

5. Риск скрытой коррозии под слоем огнезащиты.

Многие напыляемые и штукатурные огнезащитные материалы обладают высокой пористостью. Если была нарушена технология антикоррозийной обработки стали перед нанесением защиты, или если в процессе строительства внутрь конструкции попала влага, под защитным слоем может начаться активный процесс коррозии. Ржавчина под слоем вспучивающейся краски или штукатурки долгое время остается невидимой, постепенно разрушая несущую способность металла изнутри до того, как начнется пожар.

6. Эстетика против требований безопасности.

Современная архитектура небоскребов часто требует открытых металлических ферм, колонн и балок (стиль хай-тек, лофт).

Тонкослойные огнезащитные краски позволяют сохранить видимой фактуру металла, но они имеют жесткие ограничения по времени огнестойкости (обычно до R120). Получить максимальные пределы (R180–R240) с помощью одной лишь краски практически невозможно – приходится комбинировать ее с другими методами или прятать каркас за экранами, что идет вразрез с замыслом архитектора.

Решение этих проблем требует высочайшей культуры производства, применения сертифицированных материалов сбалансированного состава, строгого лабораторного контроля на каждом этапе и постоянного мониторинга состояния конструкций уже после ввода небоскреба в эксплуатацию.

Трагедия 11 сентября 2001 года с башнями Всемирного торгового центра (ВТЦ) в Нью-Йорке стала поворотным моментом в истории мировой строительной индустрии и инженерии высотных зданий. Комиссия Национального института стандартов и технологий США (NIST) провела масштабное расследование, которое детально описало картину катастрофы [1-2].

Самолеты (Boeing 767) на огромной скорости пробили внешние и центральные несущие колонны каркаса на нескольких этажах, сразу же снизив несущую способность зданий.

Кинетическая энергия удара и последовавший за ним мощный взрыв сорвали напыляемую минераловатную огнезащиту с металлоконструкций на поврежденных этажах. Незащищенный металл оказался напрямую подвержен воздействию огня.

Авиационное топливо мгновенно воспламенило горючие материалы офисов (мебель, бумагу, ковры). Пожар охватил сразу несколько этажей, создав колоссальную тепловую нагрузку.

При нагревании свыше 500 °C строительная сталь теряет примерно 50% своей прочности, а ее модуль упругости резко падает. Конструкции начали деформироваться и прогибаться [3].

Легкие стальные фермы перекрытий под воздействием экстремального тепла начали сильно провисать. При этом они действовали как «тросы», которые стягивали внешние колонны здания внутрь. Ослабленные колонны потеряли устойчивость и начали изгибаться.

Когда верхний блок этажей над зоной удара потерял опору и начал падать под собственным весом (масса верхней части башни составляла тысячи тонн), динамическая нагрузка многократно превысила несущую способность оставшихся целыми нижних конструкций. Нижние этажи не смогли остановить падающую массу, вызвав полное лавинообразное разрушение зданий за считанные секунды («эффект домино») [4].

При строительстве башен в 1960-1970-х годах использовались передовые на тот момент инженерные решения:

- в отличие от традиционных массивных железобетонных зданий, башни ВТЦ имели относительно легкий стальной каркас. Основная нагрузка приходилась на мощную центральную колоннаду (ядро) и плотную сетку наружных колонн. Перекрытия опирались на стальные фермы;

- металлические конструкции были защищены напыляемыми огнезащитными составами (обычно на минеральной или волокнистой основе), которые должны были изолировать сталь от высоких температур при пожаре в течение определенного времени (удалось добиться значений пределов огнестойкости до R240).

Гибель башен ВТЦ коренным образом изменила мировые строительные нормы, правила пожарной безопасности и подходы к проектированию высотных зданий (включая принципы строительства «Москва-Сити» и других комплексов) с учетом действующего законодательства [5, 6].

1. Требования к прочности огнезащиты. Огнезащитные покрытия перестали рассматривать только как средство против огня. Теперь учитывается их механическая прочность и адгезия – материал не должен осыпаться от ударов, вибраций или взрывной волны.

2. Предотвращение прогрессирующего обрушения. Инженеры стали закладывать в проекты избыточную прочность и альтернативные пути передачи нагрузки (резервные пути перераспределения усилий). Если один элемент разрушается, нагрузка должна распределиться на соседние конструкции, не вызывая цепной реакции.

3. Огнестойкость узлов и перекрытий. Особое внимание стали уделять узлам соединения балок и колонн, а также защите легких ферм перекрытий от провисания. Появились требования по обязательному тестированию конструкций в условиях одновременного нагрева и механических напряжений.

4. Безопасность эвакуационных путей. Лестничные клетки стали проектировать более широкими, укрепленными (часто в монолитных железобетонных ядрах) и защищенными от проникновения дыма и огня. Были пересмотрены требования к резервному питанию систем пожаротушения, лифтов для пожарных и систем дымоудаления.

5. Комплексный учет нагрузок. Проектирование высотных зданий теперь учитывает сценарии комбинированного воздействия – одновременное механическое повреждение (взрыв, удар) и последующий сильный пожар.

6. Интеграция систем мониторинга. Современные небоскребы оснащаются интеллектуальными датчиками, которые в режиме реального времени отслеживают состояние несущих конструкций, температуру и работу инженерных систем при нештатных ситуациях.

Опыт ВТЦ доказал, что при проектировании высотных зданий нельзя опираться только на классический расчет статических нагрузок – необходимо моделировать поведение сооружения в экстремальных динамических и температурных сценариях. Вопросы обеспечения огнестойкости зданий и сооружений напрямую влияют на безопасность людей, их жизнь и здоровье [7, 8]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. NIST. Final Report on the Collapse of the World Trade Center Towers. NCSTAR.

2. NIST. Final Report on the Collapse of World Trade Center Building 7. NCSTAR 1A.

3. Usmani, A. S., Chung, Y. C., Torero, J. L. How Did the WTC Towers Collapse: A New Theory. Journal of Engineering Mechanics, 2003, vol. 129, no. 10, pp. 1092–1100.

4. Bažant, Z. P. et al. What Did and Did Not Cause Collapse of World Trade Center Twin Towers in New York. Journal of Engineering Mechanics, 2008, vol. 134, no. 10, pp. 892–906.

5. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

6. Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения" (ТР ЕАЭС 043/2017).

7. К вопросу определения предельных состояний по огнестойкости строительных конструкций / С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 4(53). – С. 79-84.

8. Маркировка зданий и сооружений по огнестойкости и пожарной опасности / Р.Р. Лайпанова, М.И. Шавшин, С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов VIII международной научно-практической конференции, Иваново, 22 октября 2025 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – с. 229-233.

СОДЕРЖАНИЕ

Абашкин А. А., Голкин А. В., Хасанов И. Р., Зуев С. А. Тепловые потоки при горении зданий из деревянных конструкций 3

Агапова С. М., Мочалов А. М. К вопросу о проблеме толкования условий, при которых пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной 5

Акулич Т. М., Смирнов А. П. Легкосбрасываемые конструкции (лск) как защита от разрушения....9

Акулова М. В., Бунина С. А. Совершенствование технологий обнаружения пожара....13

Алексеев В. Н., Баклыков В. Н., Калашников С. А., Саюшкин В. А. Экспериментальная оценка эффективности компрессионной пены для локализации проливов сжиженного безводного аммиака 17

Алексеев В. Н., Баклыков В. Н., Косарев И. В., Фоменко А. В. Сравнительная оценка термостойкости кремнеземных тканей с односторонним и двусторонним полиуретановым покрытием для противопожарного покрывала 22

Алиев Р. Г., Данилов М. М., Денисов А. Н., Калайдов А. Н., Фератов А. Р. Совершенствование алгоритма принятия тактических решений при спасании людей на пожарах в малоэтажных жилых зданиях 27

Алиев Р. Г., Ширяев Е. В. Влияние систем безопасности и противопожарной защиты на пожарный риск АЗС 35

Анисимов А. О., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г. Зависимость времени воспламенения образцов древесины от их влажности 39

Багажков И. В. Проблемы выбора огнестойкого полотна для противодымного занавеса....43

Багарян А. А., Ширяев Е. В. О проблемах тушения пожаров в резервуарных парках с нефтью и нефтепродуктами 48

Байраммадова М., Шоева А. Д. Совершенствование технологии огнезащитной отделки целлюлозосодержащих тканей....51

Беззапонная О. В. Исследование кинетики термоокислительной деструкции торфа методом синхронного термического анализа....55

Беззапонная О. В. Повышение термостойкости термопластов с использованием антипиренов и минеральных наполнителей 59

Беляков А. А., Лайус Н. С. Теплозащитные конструкционные материалы для пожарной техники 64

Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А. Регулирование пожарной безопасности в Соединенных Штатах Америки 69

Бондаренко В. Е., Колупанов И. В., Махова А. А., Росоха М. С., Посевин Д. П. О результатах исследования возможности разработки программно-аппаратного комплекса мониторинга лесных пожаров 73

Бордок С. Н., Букреева О. В., Плахотский Р. Д. Оценка рисков и угроз, связанных с внедрением современных технологий в АСУ, в том числе и на железной дороге (датчиков обнаружения пожара) 76

Бочков П. В. Оптимизация обязательных и добровольных сертификатов пожарной безопасности 82

Булатов Н. Н. Повышение эффективности тушения пожаров класса В с применением CO_2-газонаполненной компрессионной пены 86

Бунто И. А., Бунто О. В. Метрологические аспекты определения минимальной огнетушащей концентрации газовых огнетушащих веществ методом «чашечной горелки» с использованием ротаметров 89

Бунто И. А., Бунто О. В. Определение фактического значения расхода газовых огнетушащих веществ методом «чашечной горелки» с использованием ротаметров, градуированных по воздуху 95

Вахминцев М. Б., Субботкина И. Н., Некрасова И. В. Средства обнаружения пожаров в Российской Федерации 101

Великоклад Т. П. Современные научно-технические достижения в области систем противопожарной защиты электромобилей 105

Вислогузов П. А., Гомозов А. В., Анисимов И. М., Барановская Е. Н. Направление актуализации противопожарных требований к конструктивному исполнению лестничных клеток 110

Ву Куанг Тханг Государственное управление в области пожарной безопасности при эксплуатации крышных солнечных электростанций во Вьетнаме: современное состояние и рекомендации по совершенствованию законодательства 114

Ву Куанг Тханг Повышение эффективности применения санкций за нарушения требований пожарной безопасности на объектах в соответствии с законодательством о пожарной безопасности, пожаротушении и аварийно-спасательных работах во Вьетнаме 120

Гергишан С. В., Овчинников А. А. Разработка жаростойкого композиционного вяжущего вещества для обеспечения пожарной безопасности промышленных предприятий 126

Глебова С. В., Трунов А. С. Огнестойкость и огнезащита строительных конструкций и материалов 130

Головко А. А., Ашихмина Т. В., Головина Е. И., Куприенко П. С. Анализ пожарной опасности полигонов ТКО и разработка мероприятий по их защите 134

Горский В. Е., Баусов А. М., Сорокин Д. В. Методы испытаний литий-ионных аккумуляторов на внутреннее короткое замыкание: аналитический обзор.....139

Губанов А. П., Бубнов А. Г., Семенов А. Д. Современные технологические подходы к заправке систем с ёмкостями для пенообразователя.....146

Гусева П. А., Пучков П. В. Применение аддитивных технологий для создания уникальных деталей пожарного вооружения.....151

Дауменов А. Д., Лебедьков С. А., Усачева Т. В. Физико-химические закономерности формирования углеродных аэрогелей и их огнезащитное действие при высокотемпературном воздействии 156

Дементьева Ю. А., Солдатов Р. А., Солдатова Э. Г., Емелин В. Ю. Сохранение работоспособности электропроводок систем противопожарной защиты в условиях пожара: нормативные требования и методы проверки 161

Демченко В. А., Митрофанов С. В. Анализ пожарной опасности технологических процессов хранения продовольствия на складах 166

Еремина Т. Ю., Григорьев Д. В. Токсичность продуктов горения акустических панелей: критерии сопоставимости экспериментальных данных.....172

Ерцев С. И. Пожарно-техническая экспертиза: понятие, сущность, значение 176

Ефименко В. Л., Дёминов Р. Е., Ладнюк В. А., Палагута З. А. Особенности применения огнетушащих веществ для тушения металлов 179

Жилкин Е. С., Данилов М. М., Денисов А. Н. Функциональная идентификация участников тушения пожара как основа совершенствования управления и обеспечения безопасности.....183

Заватрова М. Р., Зарубин В. П. Комплексный анализ защитных пропиток для древесины.....188

Зайцева К. В. Комплексный выбор антипиренов для огнезащиты обмундирования и снаряжения военнослужащих 192

Зенкова И. Ф. К вопросу о регулировании работ по техническому обслуживанию и ремонту систем пожаротушения, установленных на транспортных средствах 197

Иванов И. П., Посевин Д. П., Беляев И. Е., Амбросий Н. Е. Сравнительный анализ нейросетевых архитектур для детектирования возгораний на изображениях.....200

Иванова Д. Ю., Косарева А. В., Закинчак А. И. Совершенствование технологий обнаружения пожара на основе комплексного использования пожарных извещателей 205

Ильичёва Ю. Р., Климова З. А., Рассадников Д. Н. Анализ аварий на ректификационных колоннах пожароопасных производств 212

Имамутдинов М. И., Муфтахова Э. Д. Требования к временным сооружениям и площадкам при ремонте нефтепровода: обеспечение пожарной безопасности без капитальных решений.....215

Кайбичев И. А. Анализ и прогноз обстановки с размером гибели людей на пожарах по причине нарушений правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования.....224

Кайбичев И. А. Анализ и прогноз обстановки с размером материального ущерба от пожаров по причине нарушений правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования.....229

Кайбичев И. А. Анализ и прогноз обстановки с пожарами по причине нарушений правил устройства и эксплуатации электротехнического оборудования.....220

Карама Е. А. Графоаналитический подход к определению количества и расстановке пожарных гидрантов.....234

Клаптюк И. В., Бельшина Ю. Н. Оценка качества огнезащитной обработки строительных конструкций: методы контроля.....237

Климов А. В., Попов В. И., Дмитриев О. В. Модули порошкового пожаротушения и их применение на передвижных средствах пожаротушения.....244

Комарова М. А. Оценка сохранности свойств вспучивающихся огнезащитных покрытий в процессе эксплуатации.....253

Комельков В. А., Сорокин Д. В., Митрофанов А. С., Богданов И. А. Научное обоснование необходимости применения огнетушащих составов двойного действия на основе солей щелочных металлов для тушения природных пожаров.....259

Коняхин А. К., Кропотова Н. А. Исследование влияния повышенных температур на металлические материалы, применяемые в строительстве.....266

Коровенков А. М., Цветков Д. Е. Проблемы и решения в области обеспечения пожарной безопасности на сухопутном транспорте.....271

Косарева А. В., Закинчак А. И., Иванова Д. Ю. Робототизированные установки пожаротушения для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров и взрывов на объектах со взрывчатыми материалами.....275

Кочнов О. В. Анализ нормативных оснований для разработки алгоритма работы СОУЭ.....281

Краснов А. В., Абдрафикова Л. Т. Разработка рекомендаций по нормированию применения систем пожарной сигнализации в производственных помещениях высотой более 21 метра.....290

Кузнецов Е. М. Запас времени эвакуации как критерий обеспечения пожарной безопасности торгового центра.....293

Лайпанова Р. Р., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г. Обоснование необходимости маркировки зданий и сооружений пожарно-техническими характеристиками 298

Ле Ань Туан Определение предельной массы пиротехнического состава на технологическом посту по критерию допустимого избыточного давления 301

Ле Ань Туан Расчётная оценка зон поражения при аварийном выбросе сжиженного природного газа на объектах газовой энергетики Вьетнама 306

Ле Дык Хюинь, Чыонг Куанг Винь, Нгуен Тхи Тху Ханг Анализ экстремальной зависимости удельного расхода от интенсивности подачи вьетнамских пенообразователей типа AR-AFFF 311

Левицкая А. С., Молодцова Н. А., Коровин Р. А., Таратанов Н. А. Исследования цементосодержащих образцов методом ультразвукового детектирования 316

Логвинец М. А., Мельник А. В., Терентьева А. П. Проблемы применения радиообмена на пожаре. Сравнение радиостанций Motorola и ТАКТ 321

Логинов В. В., Белканов А. А. К вопросу обеспечения расченого расхода воды при тушении пожаров на объектах хранения и переработки нефтепродуктов 326

Май Дань Зянг Интегрированные данные и цифровая карта рисков в управлении пожарной безопасностью международных аэропортов 329

Май Дань Зянг Риск-ориентированное управление пожарной безопасностью в международных аэропортах на примере Вьетнама 333

Макаров М. С., Терентьева А. П. Нормативно-правовые пробелы в регламентации применения беспилотных летательных аппаратов для разведки на пожаре 337

Макарова Н. А., Козлова М. А. Анализ пожарной опасности и эксплуатационных свойств на примере современных текстильных материалов для общественного транспорта 343

Малёмина Е. Н., Фирсов А. Г., Чечетина Т. А. Обеспечение пожарной безопасности объектов защиты с обращением взрывчатых и пиротехнических веществ и материалов 348

Медведев А. В. Исследование влияния неровноты по диаметру волокон на физико-механические свойства нетканых полотен 353

Медведев И. В., Зарубина Е. В. Способы применения запорных устройства 356

Мекин Р. А., Покровский А. А. Комплектация мобильного пожарного модуля для ликвидации природных возгораний 360

Москвилин Е. А., Соина Е. А. Влияние добавок к воде на эффективность авиатушения природных пожаров 363

Мочалова Т. А., Шабунин С. А. Методика проведения испытаний для определения скорости распространения пламени по текстильным материалам 365

Надточий О. В., Фирсов А. Г., Преображенская Е. С. Полимеры в обеспечении пожарной безопасности резервуаров с нефтепродуктами после поражения их беспилотными летательными аппаратами 372

Наранов Ч. Ц., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г. Технические особенности маркировки зданий и сооружений пожарно-техническими характеристиками.....376

Нгуен Выонг Ань, Киеу Ван Дунг Совершенствование системы обучения жителей высотных жилых зданий мерам пожарной безопасности и спасения во Вьетнаме 380

Нгуен Выонг Ань, Май Дань Зянг Обеспечение безопасности при хранении и использовании углекислотных огнетушителей 384

Никифоров А. Л., Легкова И. А. Проектирование новых материалов для термозащитных костюмов специальной одежды.....388

Нурмагомедов Р. У., Зарубин В. П. Термостойкие краски по металлу: виды и применение в области пожаротушения 394

Осипчук В. И. Современные научно-технические достижения в области разработки систем противопожарной защиты объектов: защита складов от угроз, связанных с атаками БПЛА 399

Остапук Д. А., Герасименко С. И., Мартыненко Т. М., Смиловенко О. О. Аналитическая оценка проходимости вертикального препятствия роботом-шаром ..402

Остапук Д. А., Герасименко С. И., Мартыненко Т. М., Смиловенко О. О. Принцип работы сферического мобильного робота.....405

Остапук Д. А., Герасименко С. И., Мартыненко Т. М., Смиловенко О. О. Теоретические исследования проходимости мобильного робота-шара 408

Пеньков И. А. Общие принципы построения системы автоматической аварийной защиты робототехнических средств от воздействия тепловых потоков 412

Песков С. Д., Бубнов В. Б. Использование оборотных систем водоснабжения на промышленных объектах для нужд пожаротушения 416

Попов В. И., Песикин А. Н., Салихова А. Х. Проблема обеспечения безопасности животных при пожаре в животноводческих помещениях 421

Попова Е. В., Файзуллин А. Р. Разработка универсальной насадки для защиты роботизированных пожарных машин 427

Попова С. В., Звонарева А. И., Фризоргер Е. В., Кириллов В. С. Применение экзоскелетов в пожаротушении и при проведении АСР 431

Пригорелов Г. А., Свиридов А. В., Сусоева И. В., Бобров Д. А., Имамов Д. М. Разработка вспучивающегося огнезащитного состава с применением каолина 435

Принцева М. Ю., Бельшина Ю. Н. Термический анализ, совмещенный с инфракрасной спектроскопией (ТА/ИК), как метод исследования термоокислительной деструкции древесины.....440

Пылаева Е. А. Физико-химические аспекты наномодифицирования бетона углеродными наноструктурами для повышения огнестойкости.....446

Розанова А. Р., Кочетова А. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л. Сравнительный анализ различных типов покрытий для деревянных строительных материалов с помощью визуального и спектрального методов исследования.....449

Салимзянов Э. Р., Калайдов А. Н., Данилов М. М., Денисов А. Н., Нестеров И. А. Термостокие покрытия для защиты беспилотных летательных аппаратов.....455

Салихьянова А. Н., Ведяскин Ю. А. Огнестойкость и выносливость: как минуты устойчивости здания становятся минутами работы пожарного.....459

Светушенко С. Г. Актуальные вопросы пожарной безопасности как основание для развития системы нормативных документов.....464

Свирщевский С. Ф., Лейнова С. Л., Соколик Г. А., Рубинчик С. Я. Сравнительная оценка токсической опасности продуктов горения материалов на основе пенополистирола до и после формирования на их поверхности защитно-отделочных слоев.....471

Седнев С. В., Плахотский Р. Д., Усов А. А. Снижение пожаровзрывоопасности при обслуживании нефтеналивных грузовых фронтов припортовых железнодорожных станций на основе технологии «рваных ниток» графика.....476

Скворцова А. А., Ширяев Е. В., Пустынина А. Т. Анализ современных средств тушения полярных горючих жидкостей.....482

Слюсарева А. П., Шакирова А. И. Комплексная оценка пожарной опасности материалов и конструкций в условиях эксплуатации.....487

Смекалин С. В., Таволжанский С. В. Взрывопожароопасность технологий производства пиротехнических и взрывчатых материалов.....489

Смекалин С. В., Таволжанский С. В. Роботизированные установки пожаротушения.....493

Смирнов И. В., Шабунин С. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л. Разработка интумисцентной композиции для защиты полимерных строительных материалов от термического разрушения.....497

Сонина О. Н., Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Сонина В. А. Демонстрационный лабораторный эксперимент в дистанционном обучении в вузах МЧС.....501

Сопот В. Н., Трегубов А. А. Пожароопасность современных строительных материалов для заглублённых укрытий.....506

Спиридонова В. Г., Циркина О. Г. Особенности выбора вспучивающихся агентов для получения тканей с огнезащитным пленочным покрытием.....512

Сторонкина О. Е. Анализ влияния затухающих тепловых потоков на термическое поведение полиэфирных волокон в текстильных материалах 518

Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Сонина О. Н. Исследование пожароопасности портьерных тканей 523

Стрельцов О. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В. Совершенствование противопожарной защиты промышленных предприятий посредством привлечения договорных подразделений федеральной противопожарной службы.....527

Султанов Р. М., Манылов А. И. Исследование подслойного пожаротушения резервуара огнетушащими пенами модифицированными полиакриламидом 532

Тарасова Я. А., Субботкина И. Н., Некрасова И. В. Совершенствование технологий ограничения распространения ландшафтных пожаров на основе комплексного применения современных средств пожаротушения 535

Тарасова Я. А., Шавшина В. Р., Закинчак А. И. Совершенствование раннего обнаружения пожара на технологических объектах.....541

Терентьева А. П. Особенности возникновения, развития и тушения пожара автомобилей с наличием литий-ионных аккумуляторов 549

Титов В. А., Наумова К. В., Сонина О. Н., Субботкина И. Н., Сторонкина О. Е., Наумова И. К. Плазмохимический синтез нанопорошков оксидов металлов и перспективы их применения для снижения пожарной опасности полимерных материалов 553

Титов С. А., Барбин Н. М., Коробков М. А., Бачурина Я. В. Поведение натриевого теплоносителя при пожаре в помещениях АЭС: результаты термодинамического моделирования.....557

Ткаченко А. М., Сидельников А. В., Ашихмина Т. В., Головина Е. И. Совершенствование технологии обнаружения пожара на полигонах тко: расчёт времени обнаружения для трёх систем мониторинга 562

Токарева О. В., Фролов С. В. Современные технологии и материалы в производстве противопожарного оборудования.....567

Торобеков А. Т., Расулов А. К., Данилов М. М., Денисов А. Н., Жыргалбек уулу С. Специальные технические условия в системе обеспечения пожарной безопасности Кыргызской Республики.....572

Третьяков А. А., Демьянов В. А., Виннер А. А. Инновационные технологии и современные достижения в области передовых систем пожаротушения и пожарной безопасности 577

Третьяков А. А., Демьянов В. А., Виннер А. А. Эффективные методы обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения в сфере производственной деятельности 584

Трунов С. В., Маргарян А. Д., Салихова А. Х. Современные подходы к обеспечению пожарной безопасности на промышленных объектах 592

Трунов С. В., Салихова А. Х. Обзор перспективных способов и технических средств противопожарной защиты производственных объектов с пожаровзрывоопасными технологическими процессами 596

Трунов А. С., Якушевский Н. А. Анализ современных составов огнезащитной обработки, применяемых для деревянных и иных горючих конструкций на объектах культурно-просветительных и зрелищных учреждений 588

Тухбатулин М. Н., Евстигнеев П. А., Якубова Т. В., Шкуро А. Е. Исследование влияния огнезащитных пропиточных растворов на воспламеняемость древесины ...600

Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А., Бобринев Е. В. Применение видеосистем для повышения эффективности обнаружения пожаров 604

Усов А. А., Волков Б. Р. Применение роботизированных комплексов для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров и взрывов на объектах хранения боеприпасов 608

Усов А. А., Плахотский Р. Д. Совершенствование технологии обнаружения пожара в грузовых отсеках воздушных судов на основе многосенсорных алгоритмов 611

Федорец Т. Л., Смиловенко О. О. Способ тушения резервуаров с нефтепродуктами путем изоляции горящего слоя 616

Фератов А. Р., Двоенко О. В., Данилов М. М., Денисов А. Н., Нестеров И. А. Обоснование применения средств подачи водной среды в метастабильном фазовом состоянии для обеспечения пожаровзрывобезопасности электротранспорта 620

Фирсов А. Г., Загуменнова М. В., Сибирко В. И. Цифровая система управления пожарной безопасностью транспортного средства на основе искусственного интеллекта 624

Фогилев И. С., Шухмин Е. А. Методология подготовки натурного эксперимента по оценке спектральной пропускной способности лазерных лучей в условиях задымления объектов ИЖС 629

Фокина Ю. В., Чистов П. В. Горение и тушение металлов как научная основа создания современных пожаробезопасных материалов.....633

Фомина В. А., Субботкина И. Н., Некрасова И. В., Елизарова А. А. Основные результаты надзорной деятельности органов ГПН в 2025 году 638

Фролова М. В., Цветков Д. Е., Субботкина И. Н., Некрасова И. В. Совершенствование подходов к контрольно-надзорной деятельности в отношении органов местного самоуправления и их влияние на обеспечение пожарной безопасности.....645

Фролова Т. В., Гессе Ж. Ф. Эффективные стратегии синтеза гидрофобных антипиренов для повышения огнестойкости деревянных конструкций 649

Хаджимов Т. В., Жилкин Е. С., Ширинкин П. В., Данилов М. М., Денисов А. Н. Тактическая инерция первых минут пожара: анализ реальных чрезвычайных ситуаций и направления совершенствования боевых действий 652

Хаджимов Т. В., Фирсова Т. Ф., Данилов М. М., Денисов А. Н., Нестеров И. А. Проблемы уплотнительных и изоляционных материалов, используемых в противопожарных дверях нового типа 656

Хафизов И. Ф., Уразбаева И. И. Разработка экспресс метода прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера 662

Хушбахтов В. А. Выбор огнезащиты горячекатаных двутавров по нормативным порогам приведённой толщины металла 665

Циркина О. Г., Клушин А. Н. Разработка огнезащитных материалов на текстильной основе……. 671

Чалова А. О., Большова Т. И., Таратанов Н. А. Пожарно-техническое исследование причастности холодильного оборудования к возникновению пожара 674

Шавшина В. Р., Лазарев А. А., Липинская А. А., Степанян Д. А., Некрасова И. В., Цветков Д. Е. Проблемные вопросы развития системы надзора в области пожарной безопасности 680

Шавшина В. Р., Тарасова Я. А., Закинчак А. И. Новые технологии в системе противопожарной защиты: от автоматического обнаружения к интеллектуальному управлению 685

Шарафутдинов А. А., Ситдиков Н. Р. Оценка пожарной опасности при авариях резервуаров и разработка мероприятий по снижению социального и экологического ущерба 693

Шахматов К. Л., Орлов Т. В., Шахматова С. К. Комплексная оценка пожарной опасности нарушенных торфяников: критерии, шкала ранжирования и рекомендации по снижению рисков 698

Шахматов К. Л., Тимофеев А. Е. Реализация климатических проектов на осушенных торфяниках путем вторичного обводнения как эффективный механизм снижения пожарной опасности и предотвращения чрезвычайных ситуаций 705

Шкуро А. Е., Захарова Д. В., Пазникова С. Н., Хатыпов Д. А. Интумесцентная система в композициях на основе маслонаполненного бутадиен-α-метилстирольного каучука.....716

Шмелева Т. В., Зарубина Е. В., Никифоров А. Л., Репин Д. С., Кропотова Н. А., Сидорин Д. В. К вопросу формирования теплоизоляционного материала, минимизирующего риски при пожаре 721

Штеба Т. В., Артёмов А. В. Термические эффекты древесного и недревесного растительного сырья по данным дифференциальной сканирующей калориметрии ..725

Шумов Н. С., Терентьева А. П. Особенности возникновения и распространения ландшафтных пожаров и способы их тушения.....729

Щербаков А. В., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г., Мальцев М. А. Применение огнезащиты металлических конструкций при строительстве высотных зданий 734

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, посвященной празднованию 60-летия Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России

Иваново, 21 октября 2026 г.

MODERN FIREPROOF MATERIALS AND TECHNOLOGIES

Collection of materials from the IX International Scientific and Practical Conference dedicated to the 60th anniversary of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia

Ivanovo, October 21, 2026.

Текстовое электронное издание

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 20.11.2026 г.
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 43,6. Заказ № 358

Отделение координации научной и редакционно-издательской деятельности научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-907764-34-7

