



СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

ИВАНОВО, 22 ОКТЯБРЯ 2025г.



**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 VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

ИВАНОВО, 22 ОКТЯБРЯ 2025 г.

«MODERN FIREPROOF MATERIALS AND TECHNOLOGIES»
Collection of materials of the VIII International scientific-practical conference
Ivanovo, October 22, 2025.

УДК 614.8
ББК 38.96
С 56

С 56 **Современные пожаробезопасные материалы и технологии** : сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 22 октября 2025 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – 558 с.
ISBN 978-5-907764-02-6

В сборник включены материалы VIII Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии».

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.

The collection includes materials of VIII International scientific-practical conference «Modern fireproof materials and technologies». The collection examines questions of the study of fire hazard of substances and materials, buildings and structures, development of modern methods to reduce fire hazard; modern scientific and technical achievements in the development of fire protection systems of objects, systems and means of fire safety and rescue; problem questions of development of system of technical regulation in the field of fire safety, improve the system of standardization and certification of 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. Барина**
О. С. Чуприна

**УДК 614.8
ББК 38.96**

ISBN 978-5-907764-02-6

© Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС, 2025

УДК: 614.841.41; 543.421/424; 004.8

И. Ш. Абдульменова, Д. В. Григорьев, Л. Ю. Фомичев

ГБУ «Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-СКРИНИНГА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОТНЕСЕНИЯ К ГРУППЕ НЕГОРЮЧИХ НА ОСНОВЕ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА

В этом исследовании разработана методика экспресс-скрининга для предварительной оценки горючести лакокрасочных материалов (ЛКМ) на основе их элементного состава, определяемого рентгенофлуоресцентным анализом (РФА), с использованием машинного обучения.

Проведена метрологическая валидация РФА-измерений для 16 элементов, подтвердившая высокую точность (повторяемость $RSD < 8\%$, восстановление 93–102 %). Исследовано 53 образца ЛКМ, из которых 34 классифицированы как негорючие (НГ) и 19 — как горючие (Г).

Разработана модель многослойного персептрона с архитектурой 100-50, показавшая высокую точность: ****balanced accuracy 0,88**** и ****AUC-ROC 0,93****. Выявлена связь повышенного содержания Ca и Fe с классом НГ.

Методика предназначена только для предварительного скрининга и не заменяет обязательные огневые испытания по ГОСТ 30244-94. Требуется внешняя валидация на выборке не менее 150 образцов.

Ключевые слова: лакокрасочные материалы; негорючесть; рентгенофлуоресцентный анализ; машинное обучение; экспресс-скрининг; ГОСТ 30244-94; валидация модели; пределы обнаружения; nested cross-validation.

I. Sh. Abdulmenova, D. V. Grigoriev, L. Yu. Fomichev

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR RAPID SCREENING OF PAINT AND VARNISH MATERIALS FOR CLASSIFICATION AS NON-COMBUSTIBLE BASED ON X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

In this study, a rapid screening method was developed to preliminarily assess the flammability of paint and varnish materials based on their elemental composition, determined by X-ray fluorescence analysis using machine learning techniques.

To validate the accuracy of X-ray measurements, metrological validation was performed for 16 elements, confirming high precision (repeatability with $RSD < 8\%$ and recovery between 93 % and 102 %). A total of 53 samples of paintwork were analyzed, of which 34 were classified as non-combustible and 19 were combustible.

A multilayer perceptron model with a 100-50 architecture was created, demonstrating high accuracy with balanced accuracy of 0.88 and AUC-ROC of 0.93. The association between increased Ca and Fe content and the non-combustibility class was identified.

This procedure is intended for preliminary screening purposes only and does not substitute for mandatory fire testing according to GOST 30244-94 standards. External validation on a minimum of 150 additional samples is required.

Keywords: paint and coating materials; non-combustibility; X-ray fluorescence analysis; machine learning; express screening; GOST 30244-94; model validation; detection limits; nested cross-validation.

Введение

Обеспечение пожарной безопасности строительных объектов представляет одну из критически важных задач современной строительной отрасли. Действующие нормативные требования устанавливают обязательность определения группы горючести строительных материалов, включая ЛКМ, исключительно по результатам испытаний согласно ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» раздел 6 (метод I).

Современные стандарты машинного обучения в материаловедении

Оценка моделей машинного обучения регламентируется современными стандартами (ПНСТ 835-2023, ГОСТ Р 71686-2024), где критичны адекватный объем выборки, стратегия валидации и предотвращение систематических ошибок, включая утечки данных [1-3]. Одним из ключевых аспектов является статистическая мощность, определяющая вероятность обнаружения реального эффекта; ее недостаточность повышает риск ошибки II рода [5, 6].

Цель и задачи исследования

Цель: разработка методики экспресс-скрининга для предварительной оценки вероятности отнесения ЛКМ к группе негорючих материалов на основе элементного состава, определяемого валидированным РФА, с применением методов машинного обучения.

Задачи:

- (1) метрологическая валидация РФА с LOD/LOQ по методам $3,3\sigma/S$ и $10\sigma/S$;
- (2) формирование выборки с классификацией по ГОСТ 30244-94;
- (3) разработка ML-модели с nested cross-validation и предотвращением утечек;
- (4) апостериорный анализ статистической мощности;
- (5) статистические ассоциации с FDR-коррекцией;
- (6) оценка практической применимости и требований к внешней валидации.

Материалы и методы

Характеристика образцов

Материальной базой исследования служили 53 образца ЛКМ, отобранные с объектов строительства г. Москвы в период январь-сентябрь 2025 г.; при этом обеспечиваемая мощность $1-\beta = 0,80$ относится лишь к большим эффектам ($d > 0,8$), что требует осторожной интерпретации и внешней валидации. Состав выборки: водно-дисперсионные краски (32 %, $n=17$), алкидные эмали (26 %, $n=14$), силикатные краски (19 %, $n=10$), акриловые покрытия (15 %, $n=8$), огнезащитные составы (8 %, $n=4$).

Испытания по ГОСТ 30244-94

Испытания проводились в аккредитованной лаборатории (RA.RU.21АН75) по методу I ГОСТ 30244-94 раздел 6; образцы наносились на хризолитцементные плиты 150×150×20 мм в четыре слоя толщиной 0,8-1,2 мм согласно ТУ производителя. Результаты классификации: из 53 образцов 34 (64,2 %, 95 % CI: 50,4-76,7 %) отнесены к НГ, 19 (35,8 %, 95 % CI: 23,3-49,6 %) — к Г.

Рентгенофлуоресцентный анализ

Элементный анализ выполнялся на энергодисперсионном РФА-спектрометре Explorer 5000 (Skyray Instruments, Китай) с SDD-детектором (128 эВ при 5,9 кэВ) и Ag-анодом (50 кВ, 200 мкА); калибровка — фундаментальные параметры с матричными поправками по NIST SRM 278-282 (стекла) и 688-692 (керамика). Пределы обнаружения и количественного определения рассчитывались по методу калибровочной прямой: $LOD = 3,3 \times \sigma/S$; $LOQ = 10 \times \sigma/S$, где σ — стандартное отклонение отклика, S — наклон калибровочной прямой.

Машинное обучение и валидация

Исследование соответствует требованиям ПНСТ 835-2023 (п. 6.4.2 — валидация моделей; п. 7.2.1 — предотвращение утечек данных) и ГОСТ Р 71686-2024 (раздел 5 — требования к ПО ИИ) в части строгой стратегии валидации и прозрачности алгоритмов. Все процедуры предобработки (стандартизация, импутация) инкапсулированы в `sklearn.Pipeline/ColumnTransformer` и выполнялись только на обучающей части каждого фолда, исключая утечки. Стратегия: стратифицированное разбиение 80:20, 5-фолдовая `StratifiedKFold`-валидация и `nested` 3-фолдовая оптимизация гиперпараметров для `MLPClassifier`. Для выбора архитектуры были протестированы различные конфигурации скрытых слоев (50; 100; 50-100; 100-50) и параметров регуляризации. Наилучшие результаты показала архитектура 100-50 с L2-регуляризацией ($\alpha=1e-4$), обеспечивающая баланс между сложностью модели и обобщающей способностью [7].

Статистические процедуры

Апостериорный анализ статистической мощности в G*Power 3.1.9.7 показал $1-\beta = 0,62$ для средних эффектов ($d=0,5$); размер эффекта $d=0,5$ (средний эффект по Cohen, 1988 [7]) был выбран как репрезентативный для материаловедческих исследований при сравнении групп с различной горючестью. FDR-контроль по Benjamini–Hochberg при $FDR < 0,05$; 95 % ДИ метрик — бутстрэп 1000 итераций [6, 10].

Результаты и обсуждение

3.1. Результаты испытаний по ГОСТ 30244-94

Прирост температуры: НГ 28 °C [IQR: 18-42] vs Г 78 °C [IQR: 65-95] ($p < 0,001$, $d = 2,31$); потеря массы: НГ 15 % [IQR: 8-28] vs Г 68 % [IQR: 55-82] ($p < 0,001$, $d = 2,87$); продолжительность горения: НГ 2 с [IQR: 0-5] vs Г 47 с [IQR: 28-65] ($p < 0,001$, $d = 3,12$).

3.2. Метрологическая валидация РФА

Повторяемость оценивалась как среднее по 10 измерениям одного образца в один день ($RSD < 8\%$), междневная точность — по измерениям в 5 разных дней. Все элементы показали удовлетворительные метрологические характеристики, что подтверждает пригодность РФА для анализа ЛКМ.

3.3. Сравнение элементного состава ЛКМ групп НГ и Г

Таблица 1. Сравнение концентраций элементов между группами НГ и Г

Элемент	НГ Медиана [IQR]	Г Медиана [IQR]	p-value (MW)	Cohen's d
Ca	8,42 [5,21; 12,84]	3,18 [1,95; 5,47]	<0,001	1,42
Fe	3,76 [2,14; 6,28]	1,05 [0,68; 2,12]	<0,001	1,28
MgO	2,84 [1,67; 4,92]	1,29 [0,81; 2,35]	0,002	0,89
Ti	2,15 [1,34; 3,87]	6,02 [3,95; 9,18]	<0,001	-1,55

Высокое содержание кальция в негорючих материалах может быть связано с использованием карбонатных наполнителей (например, CaCO_3), которые при нагревании разлагаются с выделением CO_2 , ингибирующего горение. Железо, вероятно, присутствует в составе пигментов, применяемых в огнезащитных покрытиях, или связано с антикоррозионными добавками, повышающими термостойкость.

3.4. Производительность модели машинного обучения

*Таблица 2. Результаты nested cross-validation
с 95 % доверительными интервалами*

Метрика	Среднее $\pm$ SD	95 % CI	Интерпретация
Balanced Accuracy	0,88 $\pm$ 0,02	0,84-0,92	Высокая
ROC-AUC	0,93 $\pm$ 0,03	0,88-0,97	Отличная
F1(НГ)	0,92 $\pm$ 0,02	0,88-0,95	Высокая
F1(Г)	0,81 $\pm$ 0,04	0,75-0,87	Хорошая
Brier Score	0,138 $\pm$ 0,018	0,115-0,161	Низкая (лучше)

Обсуждение

Модель показала высокие метрики (balanced accuracy 0,88; AUC 0,93) в задаче бинарной классификации ЛКМ; однако ограниченная мощность ($1-\beta=0,62$ для $d=0,5$) требует внешней валидации и расширения выборки [8, 10]. Выявленные ассоциации Ca, Fe и MgO с классом НГ статистически устойчивы после FDR-коррекции, но не являются каузальными и могут отражать технологические связи или совокупные эффекты [11].

Ограничения

1. Недостаточная статистическая мощность для средних эффектов ($1-\beta=0,62$) повышает риск ошибки II рода [3].

2. Отсутствие внешней и темпоральной валидации, возможный риск переобучения [4].

3. Географическая ограниченность выборки (только Москва) может снижать обобщающую способность модели для регионов с иной сырьевой базой или технологиями производства.

4. Корреляционный характер анализа (ассоциации $\neq$ причинность) [10].

Заключение

Предложенная методика экспресс-скрининга на основе валидированного РФА и ML демонстрирует перспективные результаты, но требует расширения $n \geq 150$, темпоральной/географической валидации и сохранения роли огневых испытаний по ГОСТ 30244-94 как единственного основания для окончательной классификации [2-4]. ВАЖНО: Предлагаемая методика предназначена исключительно для предварительного скрининга и не заменяет обязательных огневых испытаний по ГОСТ 30244-94.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНСТ 835-2023. Искусственный интеллект. Оценка эффективности моделей машинного обучения в задачах классификации. М.: Стандартинформ, 2023.

2. ГОСТ Р 71686-2024. Системы искусственного интеллекта. Общие требования к программному обеспечению систем искусственного интеллекта. М.: Стандартинформ, 2024.

3. Kaufman S., Rosset S., Perlich C., Stitelman O. Leakage in data mining: formulation, detection, and avoidance // ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data. 2012. Vol. 6. Art. 15.

4. Cawley G.C., Talbot N.L.C. On over-fitting in model selection and subsequent selection bias in performance evaluation // Journal of Machine Learning Research. 2010. Vol. 11. P. 2079-2107.

5. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences: monograph. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988. 567 p.

6. Faul F., Erdfelder E., Lang A.G., Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences // Behavior Research Methods. 2007. Vol. 39. P. 175-191.

7. Shrivastava A., Gupta V.B. Methods for the determination of limit of detection and limit of quantitation of the analytical methods // Chronicles of Young Scientists. 2011. Vol. 2. P. 21-25.

8. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Journal of Machine Learning Research. 2011. Vol. 12. P. 2825-2830.

9. Реброва О.Ю., Гусев А.В. Расчёт объёма выборки для клинических испытаний систем поддержки принятия врачебных решений с бинарным откликом // Современные технологии в медицине. 2022. Т. 14. № 3. DOI: <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.3.01>.

10. Benjamini Y., Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing // Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological). 1995. Vol. 57. P. 289-300.

11. Гусев А.В., Владзимирский А.В., Гавриленко Г.Г. Методический подход и рекомендации по научному описанию создания и валидации модели машинного обучения // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2022. Т. 44. № 3. С. 12-30.

УДК 614.841.42:004.942

О. В. Агеев, Н. В. Самойлова, К. В. Егорова

Калининградский государственный технический университет

ПОДХОД К МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПОДВИЖНЫХ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Предлагается подход к моделированию процессов распространения пожаров на объектах инфраструктуры с применением метода подвижных клеточных автоматов. Показаны преимущества данного метода по сравнению с методом вычислительной газодинамики и методом конечных элементов. Метод позволяет более эффективно выполнять мультифизическое моделирование пожаров на территориально распределенных объектах с высокой точностью и производительностью, а также более полно использовать вычислительные ресурсы за счет возможности распараллеливания вычислений на графических процессорах видеокарт. Указанный метод создает теоретическую базу для построения цифровых двойников пожаров на технических объектах.

Ключевые слова: пожар, математическая модель, подвижный клеточный автомат, мультифизическое моделирование, цифровой двойник пожара, распространение пламени, разрушение конструкций, параллельные вычисления.

О. V. Ageev, N. V. Samojlova, K. V. Egorova

AN APPROACH TO MULTIPHYSICS SIMULATION OF FIRE SPREAD ON INDUSTRIAL FACILITIES BASED ON THE MOVING CELLULAR AUTOMATA METHOD

The paper proposes an approach to modeling fire spread processes at infrastructure facilities using the Moving Cellular Automata method. The advantages of this method over Computational Fluid Dynamics and the Finite Element Method are demonstrated. The MCA method enables more efficient multiphysics modeling of fires across large-scale, distributed facilities with high accuracy and computational speed. Furthermore, it allows for more

efficient utilization of computational resources by leveraging the parallel processing capabilities of Graphics Processing Units. The described method establishes a theoretical foundation for creating digital twins of fires on technical objects.

Key words: fire, mathematical model, movable cellular automata, multiphysics modeling, digital twin of fire; flame propagation, structural failure, parallel computing.

В настоящее время одной из актуальных проблем в области разработки систем противопожарной защиты является создание расчетных моделей процессов распространения пожаров на технических объектах [1, 2]. Проблема приобретает особую актуальность в связи с увеличением количества высокотехнологичных производств, где широко применяются горючие полимерные материалы и легковоспламеняющиеся химические компоненты [3]. Для создания эффективных систем пожарной безопасности требуется проведение достоверного имитационного моделирования указанных процессов с учетом конфигурации инфраструктурных объектов на основе современного математического инструментария [4].

На современном этапе при проведении математического моделирования распространения пожаров применяются следующие подходы: а) расчеты на основе методов вычислительной газодинамики [5]; б) расчеты на основе метода конечных элементов [6]; в) расчеты на основе инженерных методов с использованием эмпирических зависимостей [7]. Общими недостатками перечисленных подходов являются: вычислительная сложность и связанные с этим высокие требования к производительности компьютерных систем; сложность масштабирования при моделировании больших территорий с объектами различной физической природы; сложность интеграции моделей распространения пламени с моделями поведения материалов и конструкций. Следует отметить, что отсутствует единый подход к моделированию, который бы эффективно совмещал химию горения, газодинамику, теплопередачу, механику деформирования и разрушения материалов.

Существенным вкладом в решение данной проблемы является предлагаемый подход к моделированию процессов распространения пожаров на технических объектах с применением метода подвижных клеточных автоматов (МПКА) [8, 9]. Перспективность применения указанного метода заключается в его потенциальной способности преодолеть решающие ограничения вышеперечисленных традиционных подходов, объединив в единой вычислительной среде газодинамику горения, деформацию конструкций и их взаимное влияние. Как показывает анализ, это имеет существенное значение для сложных и протяженных инфраструктурных комплексов. Современные традиционные методы зачастую требуют сложной настройки связанных расчетов для интеграции разнородных физических моделей, что может приводить к значительным вычислительным затратам. Подход на основе МПКА предлагает иную парадигму, предполагая изначально единую вычислительную среду для совместного моделирования взаимовлияющих процессов, что потенциально позволяет более эффективно решать сложные задачи, такие как

взаимовлияние пожара и разрушения конструкций. Указанный метод создает теоретическую базу для построения цифровых двойников пожаров на технических объектах инфраструктуры.

При моделировании горения и распространения огня частицы газа и дыма имитируются подвижными клеточными автоматами первого типа, которые перемещаются и взаимодействуют по законам газо- и гидродинамики. При моделировании термонапряженности конструкций и деформаций различные элементы конструкций (балки, обшивки, трубы и т.д.) представляются автоматами второго типа, связанными между собой и подчиняющимися законам механики деформируемого твердого тела. При этом теплообмен между частицами пламени, газа и конструкционным материалом происходит на уровне их прямого взаимодействия по соответствующим правилам изменения состояния автоматов. Это позволяет при итерационном моделировании организовать обратную связь в следующей замкнутой последовательности: нагрев пламенем конструкционного материала → деформация конструкции → изменение геометрии технического сооружения → изменение интенсивности газодинамического потока и направления распространения пламени → нагрев пламенем конструкционного материала.

Отметим также существенное преимущество метода подвижных клеточных автоматов, которое проявляется в непосредственном моделировании термомеханического разрушения аварийной конструкции и его влияния на дальнейшее распространение пожара. Процессы потери устойчивости, образования трещин, хрупкого разрушения описываются математически как следствие нарушения связей между автоматами-частицами конструкционного материала. Каждый подвижный клеточный автомат может иметь набор индивидуальных параметров, отражающие физико-химические свойства среды и материала. Это позволяет без усложнения геометрической сетки осуществлять моделирование композитных материалов. Например, частицы обшивки сэндвич-панели могут иметь свойства металла, а частицы наполнителя - свойства горючего утеплителя. Это позволяет прогнозировать огнестойкость конструкций, а также проектировать материалы с пониженной горючестью. Возможность задания структурных связей между подвижными клеточными автоматами в трехмерном пространстве позволяет представлять технологические элементы (трубопроводы, кабельные трассы, оборудование и т.д.) в виде пространственной совокупности частиц с заданными свойствами без упрощения до геометрических примитивов.

Наряду с вышеизложенным, МПКА обладает заметными преимуществами при проведении имитационного моделирования распространения пожаров на технических объектах большой протяженности. Это обусловлено более гибким управлением вычислительными ресурсами, которые, как известно, часто накладывают решающие ограничения на расчеты методом вычислительной газодинамики. Несмотря на то, что указанный метод использует адаптивные сетки для управления детализацией вычислений и снижения затрат времени на

расчеты, на основе МПКА реализуется более гибкий подход, основанный на децентрализованных взаимодействиях частиц. Он заключается в том, что детализация вычислений привязана не к единой сетке, а к самим объектам. Каждый технический объект (труба, балка, резервуар) изначально представлен своей совокупностью клеточных автоматов с заданной точностью. Такие совокупности независимы и взаимодействуют только на границах, что более эффективно для моделирования разреженных, но сложных сред, какими являются промышленные территории большой площади.

Концепция МПКА, основанная на локальных взаимодействиях самостоятельных клеточных автоматов, наилучшим образом адаптирована для распараллеливания вычислений на графических процессорах (GPU) видеокарт по методу пространственной декомпозиции. Вычислительная область, в данном случае уже не являющаяся единой сеткой, разбивается на статические или слабо меняющиеся блоки, за каждый из которых отвечает свое программное ядро процессора. Взаимодействие происходит только на границах блоков, что обеспечивает более предсказуемую и эффективную масштабируемость в вычислительных системах с массовым параллелизмом. Весь массив подвижных клеточных автоматов можно обрабатывать одновременно, причем каждое ядро графического процессора для своей группы частиц выполняет идентичный алгоритм, что позволяет весьма эффективно загружать вычислительные ресурсы видеокарты без простоев отдельных ядер графического процессора.

Существенным положительным отличием МПКА от методов вычислительной газодинамики и метода конечных элементов является управление детализацией вычислений через физические, а не геометрические критерии. При моделировании распространения пожаров можно управлять детализацией значительно более гибко, напрямую связывая «размер» клеточного автомата с его физическим смыслом. Например, крупные частицы применять для моделирования атмосферного воздуха на периферии, средние частицы - для моделирования дымовых газов, мелкие частицы - для моделирования структуры пламени и приповерхностных процессов у конструкций. Это позволяет не просто увеличить точность вычислений, а целенаправленно перераспределить вычислительные ресурсы между разными физическими подсистемами.

МПКА является более гибким и универсальным инструментом для моделирования уникальных и нестандартных сценариев пожаров. В частности, более доступным становится описание взрывов с последующим возгоранием. Ограничением традиционных методов вычислительной газодинамики является малая приспособленность для моделирования ударной волны, а алгоритмы для моделирования взрывного процесса не всегда корректно описывают последующее горение материалов. Интеграция таких явлений в единый расчетный алгоритм является крайне сложной и не всегда математически корректной задачей.

В то же время на основе МПКА оба указанных процесса моделируются в единой вычислительной среде. Так, в фазе взрыва резкий скачок давления и температуры моделируется как волна механических и термических воздействий, передающихся от клеточного автомата к автомату. Ударная волна буквально «выталкивает» подвижные частицы-элементы конструкции. В фазе пожара разлетающееся облако топливно-воздушной смеси представляется подвижными клеточными автоматами соответствующего типа - частицами горючего газа. При наличии окислителя и источника зажигания эти частицы «воспламеняются» по заданным клеточно-автоматным правилам, моделируя огненный шар. Механическое воздействие ударной волны на окружающие конструкции (обрушение и повреждение) происходит, соответственно, через движение их собственных клеточных автоматов – частиц конструкционных материалов.

Другим примером более эффективного мультифизического моделирования на основе МПКА по сравнению с традиционным методом конечно-элементного моделирования является ситуация, связанная с падением объекта на промышленное сооружение и последующий пожар. Падающий объект и крыша сооружения представляются как совокупности механически связанных частиц. Моделируется контактное взаимодействие: в момент соударения подвижные клеточные автоматы, описывающие крышу и конструкционный материал падающего объекта, обмениваются параметрами импульса и энергии. Далее выполняется моделирование разрушения в реальном времени, в ходе которого связи между автоматами конструкционного материала крыши, испытывающие критические напряжения или деформации, разрываются. Дискретная модель формирует конкретную картину разрушения: распространение трещин, деформации, провал. Через образовавшийся пролом клеточные автоматы, описывающие пламя и горячие газы, по газодинамическим алгоритмам проникают внутрь сооружения, воспламеняя автоматы, моделирующие горючее содержимое, в результате чего математически описывается новый очаг пожара. Это позволяет научно обоснованно прогнозировать и совершенствовать пожарную безопасность объектов при таких видах воздействия.

Перспективным является применение МПКА для моделирования цепных аварий, в частности, ситуаций, связанных с пожаром и взрывом одного резервуара, который приводит к разрушению соседнего. В ходе развития аварийной ситуации первый резервуар нагревается, что моделируется передачей тепла излучением между клеточно-автоматными частицами пламени и частицами стенки резервуара. Прочность связей между автоматами стенки резервуара падает из-за температурного воздействия. Внутреннее давление разрывает ослабленные структурные связи при достижении предельных напряжений. Происходит моделирование разрыва оболочки с конкретной геометрией, причем разлившееся топливо, представленное соответствующим набором подвижных клеточных автоматов, растекается и воспламеняется. При

этом обломки первого резервуара, описываемые его клеточными автоматами, физически долетают до второго, нанося механические повреждения оболочке, а также мощное тепловое излучение от нового очага горения сразу начинает воздействовать на второй резервуар путем вышеупомянутой теплопередачи излучением.

Такая комплексная модель может учесть значительное количество путей эскалации аварии. МПКА в данном случае позволяет событиям развиваться так, как они развивались бы в реальности - через математическое описание прямого физического взаимодействия элементарных объемов веществ с различными структурными и химическими свойствами, каждое из которых подчиняется относительно простым клеточно-автоматным правилам. Сложное поведение системы (взрыв, разрушение, пожар) формируется как вычислительный результат значительного количества элементарных взаимодействий. Это является непосредственным путем к созданию цифровых двойников пожаров на технических объектах для оценки экстремальных рисков.

В заключение следует отметить, что МПКА является перспективным как инновационная вычислительная технология для решения нового класса сложных и комплексных проблем пожарной безопасности, в которых критически важна обратная связь между термическими, механическими и химическими процессами. Особенностью МПКА являются массовые однотипные вычисления над большим набором независимых объектов с локальными взаимодействиями, что представляет собой задачу, хорошо адаптированную к архитектуре графических процессоров компьютерных ферм. Общим недостатком метода подвижных клеточных автоматов является значительная вычислительная стоимость, обусловленная необходимостью обработки взаимодействий между огромным количеством частиц. Возможным решением обозначенной проблемы могут выступить гибридные алгоритмы, сочетающие физическую точность МПКА с ускоряющими приближениями на основе нейросетевых моделей, с учетом их оптимизации для массово-параллельных вычислений на графических процессорах.

Несомненно, что развитие данного метода в сфере проектирования систем пожарной безопасности приведет к созданию нового поколения прогностических систем для оценки пожарных рисков на критически важных объектах, где цена недооценки последствий чрезвычайно высока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doroshenko, A. V. Modelling of Fire Escalation and Escape Routes as Exemplified by a Higher Educational Institution / A. V. Doroshenko, E. S. Demin // *Industrial and Civil Engineering*. – 2022. – No. 6. – P. 38-45. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.06.38-45.
2. Кузьмин, А. А. Моделирование пожара в функционально-однотипных помещениях / А. А. Кузьмин, Н. Н. Романов, А. А. Пермяков // *Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности*. – 2022. – № 2. – С. 25-32.

3. Жирикова, З. М. Огнестойкость полимерных материалов и способы ее повышения / З. М. Жирикова, В. З. Алоев, М. А. Тарчокова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2019. – № 3(25). – С. 43-48.
4. Применение машинообучаемых цепей Маркова для определения ранга пожара и прогнозирования фаз его развития / Н. Г. Топольский, В. Я. Вилисов, Р. Ш. Хабибулин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – Т. 30, № 6. – С. 39-51. – DOI 10.22227/0869-7493.2021.30.06.39-51.
5. Расчет пожара регулируемого вентилицией / Б. А. Агафанов, Р. Р. Сарчин, Л. Э. Осипова, Е. В. Варсегова // Строительные конструкции, здания и сооружения. – 2022. – № 1(1). – С. 40-49.
6. Коновал, Д. В. Термомеханический анализ композиционного материала, подвергнувшегося воздействию огня / Д. В. Коновал // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. – 2022. – № 71. – С. 53-60. – DOI 10.15593/2224-9982/2022.70.06.
7. Ласута, Г. Ф. Моделирование процессов возникновения и распространения лесного низового пожара с оценкой уровня тепловой нагрузки от фронта пламени / Г. Ф. Ласута, П. Н. Гоман // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 138-154. – DOI 10.33408/2519-237X.2019.3-2.138.
8. Метод подвижных клеточных автоматов как направление дискретной вычислительной механики / С. Г. Псахье, А. Ю. Смолин, А. И. Дмитриев [и др.] // Чебышевский сборник. – 2017. – Т. 18, № 3(63). – С. 444-465. – DOI 10.22405/2226-8383-2017-18-3-444-465.
9. Трехмерное моделирование методом подвижных клеточных автоматов упругопластического деформирования и разрушения покрытий при контактном взаимодействии с жестким индентором / А. Ю. Смолин, Г. М. Еремина, В. В. Сергеев [и др.] // Физическая мезомеханика. – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 64-76.

УДК 614.8

С. И. Агиев, Т. А. Богданова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДЫ ИНФОРМИРОВАНИЯ НА СТРАЖЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассматриваются основные направления комплексного формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения. Рассмотрены наиболее популярные методы и средства противопожарной пропаганды направленные на повышение культуры пожарной безопасности.

Ключевые слова: Безопасность, пожарная безопасность, противопожарная пропаганда и агитация, профилактика пожаров.

S. I. Agiev, T. A. Bogdanova

METHODS OF INFORMING ON FIRE SAFETY GUARD

The article discusses the main directions of complex formation of the culture of life safety of the population, methods and means of formation of fire-hazardous behavior of the population, also studied the methods of informing, aimed at improving the culture of fire safety among schoolchildren.

Keywords: Safety, fire safety, fire-prevention propaganda and agitation, fire prevention.

Одной из наиболее распространенных причин пожаров является человеческий фактор. Самое эффективное и результативное средство против пожароопасных ситуаций — это предотвращение пожара, а именно предотвращение с помощью профилактической работы, которая является одной из основополагающих направлений деятельности МЧС России. Эффективность профилактики напрямую зависит от методов и инструментов, применяемых в рамках контрольно-надзорной деятельности. Например, таких как проверки и инспекции, обучение и пропаганда, контроль за выполнением требований, проведение профилактических мероприятий, анализ и оценка рисков и т.д.

Работа, направленная на обеспечение пожарной безопасности многогранна. Она заключается не только в обеспечение безопасности объектов защиты посредством качественного проектирования зданий и сооружений, соблюдения проектной документации при возведении объектов в соответствии с ФЗ-123 (федеральным законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»), проведении качественных надзорных мероприятий, но и профилактических мероприятий и противопожарной пропаганды.

При этом, для качественного развития профилактической работы, следует оценивать эффективность проводимых профилактических мероприятий, для того чтобы разрабатывать новые методы или модернизировать уже имеющиеся.

Целью работы является совершенствование методов информирования, направленных на повышение культуры пожарной безопасности школьников.

Актуальность данного исследования обусловлена низким уровнем культуры безопасности. Недостаток знаний в области пожарной безопасности делает людей более уязвимыми и беззащитными перед возможной угрозой. Многие не знают, как правильно действовать в случае возникновения пожара, о причинах его возникновения, методах предотвращения и тушения. Чтобы повысить психологическую готовность к чрезвычайным ситуациям, необходимо проводить обучение пожарной безопасности, которое должно охватывать не только технические, но и психологические аспекты. Собственно этот пробел и должна компенсировать противопожарная пропаганда.

Пропаганда представляет собой распространение и углубленное разъяснение каких-либо знаний, правил среди широких масс населения или круга специалистов. Методы противопожарной пропаганды — это способы или приёмы доведения информации о путях обеспечения пожарной безопасности до адресата. Они могут быть устными, печатными, наглядными, в том числе с использованием интернета. Методы противопожарной пропаганды требуют постоянного совершенствования и обновления, адаптации к новым условиям и тенденциям в обществе чтобы оставаться актуальными и формировать необходимые формы поведения.

Для чтобы школьники были готовы помочь себе самостоятельно, адекватно оценивали риски и сформировали алгоритм действий в чрезвычайной ситуации, им необходимо проводить практику по гражданской обороне и защите в чрезвычайных ситуациях. В российских школах проводятся учебные эвакуации. Так как эвакуация производится по инструкции, школьники знакомятся с требованиями, предъявляемые к обеспечению безопасности образовательного учреждения.

Среди наиболее популярных методов, активно привлекающих внимание и формирующих познавательный интерес можно выделить: творческие конкурсы, экскурсии в пожарную часть, спортивные мероприятия на пожарную тематику, создание экспозиций на пожарную тематику, создание дружин юных пожарных для привлечения школьников к массово-разъяснительной работе по предупреждению пожаров от детской шалости с огнём. просмотр видеофильмов и пр. Рассмотрим особенности некоторых из них подробнее.

Творческие конкурсы, помогают пробудить в учениках интерес к пожарной безопасности. Например, можно организовывать конкурс рисунков, сочинений, эссе или научно-исследовательские работы по пожарной тематике. Организация экспозиций пожарно-технических музеев и выставок помогает привлечь внимание демонстрацией наглядных средств. При таком подходе показ действия макета или экспонируемой установки может сопровождаться световыми и звуковыми эффектами.

При выборе методов противопожарной пропаганды важно учитывать особенности объекта пропагандистского воздействия, такие как неоднородность (различия пола, возраста, образования, профессии) и изменчивость (непрерывные возрастные изменения, социальные перемещения).

Одним из популярных методов у школьников, является использование видеоматериалов при работе с обучающимися. Особенности использования видеофрагментов (отрывков из телепередач, программ новостей, видео лекций, художественных, документальных, рекламы и видеоклипов) с целью формирование конкретных знаний, умений, навыков. Применение видеоматериалов позволяет внести разнообразие в процесс информирования, сделать приобретение знаний интересным, наглядным процессом.

Так одним из методов популярным среди всех возрастов, но в особенности у подрастающего поколения являются игры и занятия в игровой форме. Такие занятия могут проводить как с младшими школьниками, так и со старшеклассниками. Занятия в игровой форме увлекают и моделируют модели поведения в той или иной ситуации, помогает формировать стратегии поведения в экстремальных ситуациях. С её помощью создаётся повышенный интерес к осознанной деятельности во время пожара или в иных сложных условиях. Среди занятий в игровой форме на сегодняшний день наибольшую популярность у молодежи приобретают компьютерные игры и квесты. Компьютерные игры позволяют погрузиться в виртуальную реальность и побывать в роли любого персонажа, квест — это сюжетная игра, в которой участники решают цепочку задач, чтобы достичь цели: спастись из комнаты, разгадать тайну или найти сокровища. В отличие от компьютерных игр, в квестах игроки взаимодействуют с реальными предметами, людьми и элементами декораций. Действия участников напрямую влияют на сюжет. И игроки в зависимости от своих действий могут поменять ход событий.

Существуют разные виды квестов, например: эскейп-рум, квест-перформанс, квест в виртуальной реальности (VR).

Так, например классический квест - эскейп-рум, можно использовать в качестве тренировки по эвакуации из горящего здания, игроки должны найти наиболее короткий путь в безопасную зону. Востребованной так же может быть форма квест-перформанса - интерактивной игры, сочетающей элементы классического квеста и театрализованного перформанса. Наличие в игре одного или нескольких ведущих (актеров), которые будут направлять игровой процесс. Ну и наконец динамично развивающиеся VR- технологии или технологии виртуальной реальности позволят погрузить участников в игровое приключение, в котором вместо физических предметов и механических загадок используются цифровые объекты, которые можно видеть и манипулировать с помощью VR-оборудования. Такие технологии позволяют взаимодействовать с элементами, которые в реальности были бы невозможны.

Таким образом, разнообразие методов и инструментов, и внедрение современных технологий, позволяют эффективно проводить противопожарную пропаганду и повышать культуру пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.
2. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 № 69-ФЗ.
3. Профилактика пожаров в школе: учебно-методическое пособие/ М.А. Ермакова, Т.И. Меерзон; Ми-во образования и науки РФ, Оренбург. гос. пед. ун-т. – Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2010. – 120 с.

4. Жоглина, Г. Г. Развитие умений коммуникативной компетенции на основе использования аутентичных видеодокументов (французский язык, языковой вуз) [Текст]: дис. ... канд.пед.наук: 13.00.02 / Г. Г.Жоглина. – Пятигорск, 1998. – 309 с.

5. Ильченко, Е. Использование видеозаписи на уроках английского языка [Текст] / Е. Ильченко // Первое сентября, Английский язык. – 2003. – № 9. – С. 7–9.

6. Комаров, Ю. А. Использование видео в процессе обучения иностранному языку в средней школе / Отв. ред. М. К. Колкова // Методики обучения иностранным языкам в школе. СПб.: КАРО, 2006. – С. 188–203.

7. Уракбаева Е.О., Лира Ю.С. Ульева С.Н. Профилактика гибели несовершеннолетних на пожарах, формирование культуры безопасности у подрастающего поколения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре //Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности» 2020 год, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С.521-524.

8. Кубаев М.Ю., Насакин С.Ю., Рыбаков Д.В., Ульева С.Н. О результатах исследования по выявлению наиболее эффективной формы профилактического мероприятия, направленного на повышение культуры пожарной безопасности учащихся общеобразовательных учреждений Карачаево-Черкесской республики// Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2023 год. Иваново, 2024. С. 38-43.

УДК 614.8

А. Г. Азовцев, С. Н. Наконечный

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ПРОВЕРОК ФГПН НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТЕ НАДЗОРА

В работе рассматривается возможное влияние плановых контрольных (надзорных) мероприятий и обязательных профилактических визитов федерального государственного пожарного надзора на вероятность возникновения пожара на объекте надзора. Говорится о возможном применении последующих работ в данной области на обоснование сроков проведения контрольных (надзорных) мероприятий и обязательных профилактических визитов на объектах надзора, относящихся к разным категориям риска.

Ключевые слова: проверка, контрольное (надзорное) мероприятие, пожарная безопасность, объект надзора, надзор

A. G. Azovtsev, S. N. Nakonechnyy

ON THE POSSIBLE IMPACT OF STATE FIRE SUPERVISION INSPECTIONS ON THE PROBABILITY OF A FIRE OCCURRING AT A PROTECTED FACILITY

This paper examines the potential impact of scheduled monitoring (supervisory) activities and mandatory preventive visits by the federal state fire supervision service on the likelihood of a fire occurring at a protected facility. It discusses the potential application of subsequent research in this area to justify the timing of monitoring (supervisory) activities and mandatory preventive visits at protected facilities belonging to different risk categories.

Keywords: inspection, control (supervisory) event, fire safety, protected object, supervision

В настоящее время применяется, а также активно развивается и обсуждается риск-ориентированный подход при планировании и проведении контрольных мероприятий по надзору [1–3]. Периодичность плановых контрольных (надзорных) мероприятий и обязательных профилактических визитов осуществляется в зависимости от присвоенной категории риска, что логично, однако имеющиеся сроки проведения контрольных (надзорных) мероприятий могут оказаться не совсем обоснованными и должны иметь под собой основу, опирающуюся на математический аппарат.

В данной работе предлагается попытаться определить возможное влияние контрольных (надзорных) мероприятий федерального государственного пожарного надзора (ФГПН) на вероятность возникновения пожара на объекте надзора, а именно сформулировать причины, необходимость и определить критерии их влияния.

Работами по риск-ориентированному подходу занимается не мало исследователей, часть работ представлены в [4, 5, 7]. Они направлены актуализацию требований пожарной безопасности за счет их дифференцированного применения через оценку степени риска причинения вреда [4], рассмотрение проблематики осуществления профилактических мероприятий на объектах надзора и выбора вида планового контрольного (надзорного) мероприятия [5], на анализ риск-ориентированных подходов к планированию мероприятий органами пожарного надзора в России и за рубежом [7], и др.

Все рассматриваемые выше вопросы непосредственно связаны с результатами внедрения риск-ориентированного подхода, показывают возможности развития системы осуществления государственного надзора за исполнением требований пожарной безопасности на основе риск-ориентированного подхода и даже имеют дальнейшие пути совершенствования [6]. В данной же работе речь будет вестись о том, что проведение проверки влияет на возможность возникновения пожара.

Возникновение пожара на объекте надзора – явление вероятностное и такие показатели в настоящее время актуализируются для объектов, относящихся к определенной группе. Однако стоит понимать, что факт наличия записи в ежегодном плане проведения плановых проверок влечет за собой знание грядущего мероприятия руководителем объекта надзора и, скорее всего, подготовка к нему.

Подготовка объекта надзора может включать в себя мероприятия, которые снижают вероятность возникновения пожара: устранение самостоятельно выявленных нарушений требований пожарной безопасности, приведение систем противопожарной защиты в рабочее состояние, инструктирование персонала, подготовка документации по пожарной безопасности, а также состояние «повышенной бдительности» администрации объекта надзора.

Состояние объекта надзора после проведения проверки, скорее всего, влечет за собой «режим релаксации», снижение бдительности персонала, откладывание обслуживания систем пожарной автоматики, накопление нарушений требований пожарной безопасности.

В данных условиях необходимо найти такую периодичность проведения контрольных (надзорных) мероприятий, при которых накопление новых (неучтенных) рисков не будет превышать допустимого значения. Данную постановку задачи необходимо выполнить с учетом следующих действий:

- ограничение выборки объектов надзора;
- определение статистических данных по пожарам и контрольным (надзорным) мероприятиям в рассматриваемой группе объектов надзора;
- определение методов вероятностной оценки возникновения пожара на объектах надзора рассматриваемой группы;
- определение повторяемости возникновения пожаров на объектах надзора рассматриваемой группы;
- определение возможных состояний объектов надзора рассматриваемой группы;
- оценка влияния проведения контрольных (надзорных) мероприятий на возникновения пожара на объектах надзора рассматриваемой группы.

Проведенный анализ позволяет сделать предположение о том, что проведение контрольных (надзорных) мероприятий ФГПН оказывают затухающее во времени влияние на вероятность возникновения пожара. Текущий риск-ориентированный подход является прогрессивным шагом, но его дальнейшее развитие видится в совершенствовании математическим содержанием.

Определение оптимальной периодичности контрольных мероприятий должно базироваться не только на качественной оценке потенциального ущерба, но и на количественной модели, учитывающей динамику «затухания» профилактического эффекта от проверки. Для реализации этого подхода необходима разработка и накопление статистических данных о зависимости

между временем, прошедшим с момента проверки, и состоянием противопожарной защиты объекта. Это позволит перейти от формального соблюдения периодичности к активному и научно обоснованному управлению пожарными рисками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре».
2. Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
3. Приказ МЧС России от 30.11.2016 № 644 «Об утверждении административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности».
4. Коробко В. Б., Глуховенко Ю. М., Овчинский А. С., Гурлев И. В. Актуализация требований пожарной безопасности на основе риск-ориентированного подхода // Пожаровзрывобезопасность. 2018. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualizatsiya-trebovaniy-pozharnoy-bezopasnosti-na-osnove-risk-orientirovannogo-podhoda> (дата обращения: 10.10.2025).
5. Лазарев А.А., Абакумов И.С., Емелин В.Ю. Совершенствование модели внедрения риск-ориентированного подхода к надзорной деятельности в области пожарной безопасности в Костроме // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 1 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-modeli-vnedreniya-risk-orientirovannogo-podhoda-k-nadzornoj-deyatelnosti-v-oblasti-pozharnoy-bezopasnosti-v> (дата обращения: 10.10.2025).
6. Михалин, В. Н. Пример теории игр при осуществлении государственного надзора в области обеспечения пожарной безопасности / В.Н. Михалин, А.Г. Азовцев, С.Н. Наконечный // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 15 октября 2020 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 381-383. – EDN AMGRPT.
7. Фомин А. В., Шахманов Ф. Ф., Савельев Д. В., Кутузов В. В. Проблемы применения риск-ориентированного подхода к планированию мероприятий по контролю в области пожарной безопасности на автомобильных газозаправочных станциях // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». 2016. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-primeneniya-risk-orientirovannogo-podhoda-k-planirovaniyu-meropriyatiy-po-kontrolyu-v-oblasti-pozharnoy-bezopasnosti-na> (дата обращения: 10.10.2025).

УДК 629.735.33.

С. Г. Аксенов, Н. У. Габбасов

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРА

В данной статье ознакомимся с роботизированными технологиями, используемыми для тушения пожаров, их преимуществами, сложностями, возникающих при их использовании, и перспективами на будущее.

Ключевые слова: системы, реагирование, роботы, эвакуация, безопасность, технологии.

S. G. Aksenov, N. U. Gabbasov

ROBOTIC SYSTEMS FOR FIRE EMERGENCY

In this article, we will explore the robotic technologies used for firefighting, their advantages, challenges, and future prospects.

Keywords: systems, response, robots, evacuation, security, and technology.

Пожары представляют большую угрозу для жизни людей, экологии, имущества. В настоящее время часто наблюдается тенденция к широкому использованию роботизированных систем в пожаротушении, что значительно повышает безопасность и эффективность мероприятий по ликвидации пожаров.

Современные роботизированные системы обладают рядом преимуществ в сфере пожаротушения:

1. Безопасность, защита персонала. Применение роботизированных систем минимизирует риски для здоровья пожарных, и для жизни в целом. Роботы, в отличие от человека, способны эффективно работать даже в самой агрессивной среде. В условиях повышенных температур, токсичных газов и веществ, в местах, где жизнь человека тесно связана с опасностью.

2. Мобильность. Роботы могут проходить даже в самые труднодоступные места, туда, где проход для человека затруднен. Например, пожары в высотных зданиях, в лесах, в подземных сооружениях. Именно это расширяет возможности спасения.

3. Мгновенная реакция. Автоматизированные системы могут работать круглосуточно. Благодаря очень быстрой, почти мгновенной обработке данных, роботы находят источник возгорания и сразу же начинают тушение и его локализацию. В основном, этим занимаются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), или же их называют иначе – дроны. Именно они в режиме

реального времени передают всю информацию о развитии пожара, что позволяет оперативно планировать маршруты движения пожарных бригад и разрабатывать наиболее быстрые и эффективные стратегии тушения пожара.

В современном мире наиболее часто используются следующие роботизированные системы:

- Беспилотные летательные аппараты для разведки и оценки обстановки в режиме реального времени. Беспилотники, оснащенные тепловизорами, способны определить место возгорания. Система связи позволяет передавать все собранные данные на командный пункт, что открывает возможности для оперативного определения масштабов пожара и планирования наиболее эффективных мер по его тушению (рис. 1).



Рис. 1. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА), или же – дрон

- Наземные роботы. Роботизированные системы непосредственно участвуют в тушении пожаров внутри объекта. Насосные и трубные средства подачи позволяют роботу доставлять воду или огнетушащее вещество непосредственно к очагу пожара. Возможность работы в условиях повышенной опасности и при повышенных температурах делает их применимыми только в экстремальных ситуациях. (рис. 2)

- Эвакуационные роботы. Некоторые роботизированные системы используются для эвакуации людей из опасных зон. Пострадавшего можно транспортировать с помощью этих систем или только с помощью средств индивидуальной защиты, таких как маски и кислородные баллоны.



Рис. 2. Роботы-тушители

Несмотря на все достоинства роботизированных систем, их внедрение в современную жизнь экстренных служб связано с рядом проблем и сложностей:

- Технологические барьеры. У автоматизированных систем также есть недостатки. К примеру, их работа может быть не совсем стабильной в каких-либо нестандартных условиях.
- Финансовые затраты. Создание и внедрение автоматизированных систем требует больших финансовых затрат. Данная ситуация является большим препятствием для экстренных служб.
- Кадровая подготовка. Результативное использование роботизированных систем влечет за собой ряд специальных обучений для персонала. Это требует как временных, так и финансовых ресурсов. Тем самым увеличивая финансовые затраты на еще большую сумму.

Перспективы развития роботизированных систем имеют большое будущее и выглядят достаточно многообещающе. Благодаря стремительному развитию технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, предполагается, что роботы станут еще более эффективными и автономными в своей работе. Получение данных от различных источников, например, от метеостанций или же наземных датчиков, позволит создавать более точные модели развития пожаров, тем самым оптимизировать стратегии ликвидации пожаров.

Развитие технологии в области связи сможет обеспечить более надежное взаимодействие между автоматическими системами и их станциями, что безусловно очень важно при ликвидации ЧС.

«Пожаротушение будущего» стремительно развивается. Роботизированные автоматические системы тушения пожаров не только спасают жизни пожарных, но и улучшают, ускоряют процессы тушения пожаров. Несмотря на существенные недостатки этих систем, потенциал развития в этой сфере достаточно высокий. Продолжается совершенствование уже существующих моделей, а также создаются новые, более современные модели.

Самое большое преимущество роботизированных систем – способность выполнения задач без опасности и вреда для человеческих жизней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ применения робототехнических комплексов для ликвидации пожаров и их последствий // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-robototekhnicheskikh-kompleksov-dlya-likvidatsii-pozharov-i-ih-posledstviy> (Дата обращения: 11.10.2025)
2. Пожарный робот // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82 (Дата обращения: 11.10.2025)
3. Роботизированные установки пожаротушения: современные технологии автоматического пожаротушения защиты // URL: https://firerobots.ru/library/115/robotizirovannyye-ustanovki-pozharotusheniya-santekhnika_2024-06 (Дата обращения: 11.10.2025)

УДК 699.81

С. Г. Аксенов, Н. У. Габбасов

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

Современные системы противопожарной защиты (ППЗ) охватывают всесторонний комплекс мер и технологических решений, призванных минимизировать риск возникновения пожаров, обеспечить их своевременное выявление и эффективно локализовать очаги возгорания.

Ключевые слова: система, защита, средства, установки, эвакуация.

S. G. Aksenov, N. U. Gabbasov

MODERN FIRE PROTECTION

Modern fire protection systems (FPS) encompass a comprehensive set of measures and technological solutions designed to minimize the risk of fires, ensure their timely detection, and effectively localize fire sources.

Keywords: system, protection, means, installations, evacuation..

Современные системы противопожарной защиты (ППЗ) классифицируются по нескольким ключевым критериям, определяющим их функции и принципы работы:

1. По функциональному назначению:

- Системы обнаружения пожара. Обеспечивают своевременное выявление признаков возгорания посредством автоматических или же ручных средств.
- Системы оповещения. Информирование о возгорании и организация эвакуации: они сигнализируют о возникновении пожара и координируют безопасное удаление людей из зоны риска.
- Системы тушения. Тушение пожара: применяют автоматические или ручные методы для подавления огня.
- Системы управления эвакуацией. Обеспечение упорядоченной эвакуации: способствуют организованному и безопасному выходу людей из зданий при пожаре.

2. По типу используемых технологий:

- Оптические системы, основанные на датчиках, обнаруживают дым или тепловое излучение, сигнализируя о возгорании.
- Газовые системы применяют инертные газы для подавления процесса горения.
- Водяные системы, включая спринклерные установки, используют воду для тушения огня.
- Химические системы задействуют специальные химические вещества, способные подавлять пламя.

3. Также, системы противопожарной защиты можно классифицировать по уровню автоматизации:

- Автоматические системы. Эти системы функционируют автономно, без прямого участия человека, и адаптируются к изменяющимся условиям окружающей среды.
- Полуавтоматические системы. Данный тип систем требует частичного вмешательства операторов для инициирования или корректировки процессов.
- Ручные системы. Работа таких систем полностью зависит от действий человека.

Рассмотрим, из чего состоят современные системы противопожарной защиты. Современные системы ППЗ состоят из нескольких основных компонентов:

1. Оповещатели. Оповещение о возникновении пожара осуществляется с помощью звуковых и визуальных сигналов. К ним относятся сирены, световые индикаторы и голосовые сообщения.

2. Сенсоры и датчики. В основе систем обнаружения пожара лежат датчики дыма, тепла и газа. Принцип их работы может варьироваться: фотоэлектрический, ионный или термальный.

3. Системы тушения. Для борьбы с огнём применяются водяные спринклеры, газовые установки и порошковые системы. Выбор конкретной системы зависит от типа пожара и её характеристик.

4. Системы эвакуации. Для обеспечения безопасной эвакуации людей из зданий используются системы, включающие указатели выхода, аварийное освещение и системы управления движением.

5. Управляющие устройства. Центральные панели управления собирают данные с датчиков и координируют работу оповещателей и систем тушения.

Приведем примеры современных систем противопожарной защиты:

1. Системы пожарной сигнализации. Например, адресная пожарная сигнализация позволяет с высокой точностью локализовать очаг возгорания и оперативно передать информацию о нем.

2. Автоматические спринклерные установки. Эти системы активируются автоматически при достижении критических температурных значений, что способствует быстрому локализации и ликвидации пожара.

3. Газовые установки. Обычно применяются в помещениях, где присутствует дорогостоящее оборудование, чувствительное к воздействию воды.

4. Системы управления эвакуацией. К данной категории относится, например, система управления движением людей в здании с использованием электронных дисплеев для отображения маршрутов эвакуации.

Современные системы противопожарной защиты (ППЗ) внесли существенный вклад в повышение уровня безопасности и качества жизни населения. Статистические данные свидетельствуют о том, что внедрение инновационных технологий и методик в сфере ППЗ привело к сокращению количества пожаров, минимизации ущерба от них и росту показателей безопасности.

Согласно статистическим данным, в большинстве государств наблюдается тенденция к сокращению количества зарегистрированных пожаров. Так, например, в Соединенных Штатах Америки с 2000 по 2023 год количество пожаров уменьшилось на 30 % благодаря внедрению современных систем обнаружения и ликвидации возгораний. Эффективность автоматических систем пожарной безопасности подтверждается данными Национальной ассоциации противопожарных служб (NFPA). Наличие таких систем снижает

вероятность гибели людей в результате пожара на 50 % и уменьшает материальный ущерб от него на 30 %.

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), уровень смертности от пожаров существенно варьируется в зависимости от развитости систем противопожарной безопасности. В странах с высокоразвитыми системами пожарной безопасности этот показатель значительно ниже, чем в государствах с менее совершенными системами. К примеру, в европейских странах число летальных исходов от пожаров составляет менее одного случая на сто тысяч жителей, в то время как в странах с недостаточно развитыми системами пожарной безопасности этот показатель может достигать десяти случаев. Исследования демонстрируют, что автоматические системы оповещения о пожаре способны сократить время реакции людей на 2-3 минуты. Данный фактор играет критическую роль в спасении жизней.

Несмотря на все достижения в области противопожарной защиты, есть и проблемы, такие как:

1. Ограниченность финансовых ресурсов. Многие организации сталкиваются с затруднениями в реализации современных технологий противопожарной защиты в связи с недостаточным финансированием.

2. Обучение персонала. Необходимость регулярного обучения сотрудников по использованию систем ППЗ и действиям в случае пожара.

3. Технические неполадки. Возможны сбои в работе систем противопожарной защиты, приводящие к ложным срабатываниям или неадекватной реакции на реальную угрозу пожара.

4. Устаревшие технологии. Многие здания все еще используют устаревшие системы ППЗ, что снижает их эффективность.

Для достижения более высокой эффективности систем противопожарной защиты необходимо:

- Увеличить доступность финансирования для внедрения современных технологий.
- Разработать программы обучения персонала по использованию и обслуживанию систем противопожарной защиты.
- Обеспечить регулярное техническое обслуживание и модернизацию систем для повышения их надежности.
- Поощрять разработку и внедрение инновационных решений в области противопожарной защиты.

Современные системы противопожарной защиты занимают центральное место в обеспечении безопасности жизней и сохранности материальных ценностей. Инновационные технологии и методологии позволяют существенно повысить эффективность этих систем. Тем не менее, необходимо продолжать усилия по решению актуальных проблем и вызовов в данной области.

Следует подчеркнуть, что безопасность — это не только технологическое оснащение, но и подготовленность людей к действиям в чрезвычайных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные технологии и методы повышения пожарной безопасности производственных объектов // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tehnologii-i-metody-povysheniya-pozharnoy-bezopasnosti-proizvodstvennyh-obektov-1> (Дата обращения: 05.10.2025)
2. Современные автоматические системы противопожарной защиты // URL: <https://moluch.ru/archive/338/75840> (Дата обращения: 05.10.2025)
3. Современные технологии и системы противопожарной защиты // URL: <https://msc01.ru/blog/novosti/sovremennye-tekhnologii-i-sistemy-protivopozharnoy-zashchity/> (Дата обращения: 05.10.2025)

УДК 614.841.45

С. Г. Аксенов, К. С. Дублистова

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Выделены основные моменты огнезащитной обработки металлических конструкций. Детально рассмотрена подготовка металлических строений и конструкций к нанесению огнезащитной краски. Изучены функции грунтовки металлических сооружений.

Ключевые слова: Металлическая конструкция, огнезащита, грунтовка, краска, предел огнестойкости.

S. G. Aksenov, K. S. Dublistova

GENERAL INFORMATION ABOUT FIRE-RESISTANT TREATMENT OF METAL STRUCTURES

The main points of flame-retardant treatment of metal structures are highlighted. The preparation of metal structures and structures for the application of flame retardant paint is considered in detail. The functions of priming metal structures have been studied.

Key words: Metal construction, fire protection, primer, paint, fire resistance limit

Одним из самых опасных бедствий для человека всегда был пожар. Из-за огня в одно мгновение можно остаться без дома, вещей, а то и погибнуть. Именно поэтому пожарной безопасности придается такое важное значение. Но пожарные не могут появиться в месте возгорания моментально: от того момента, когда огонь заметили, до тушения пожара всегда проходит какое-то время. И если риск возникновения пожара избежать невозможно, то попытаться снизить его разрушающие последствия вполне реально. Для этого существуют профилактические мероприятия, которые называют огнезащитой. Так, многочисленные пожары в торговых центрах, произошедшие в последние годы во многих крупных городах России, привели к ужесточению требований противопожарной защиты со стороны государственного архитектурно-строительного надзора. В настоящее время декларируется необходимость применения конструктивной огнезащиты для несущих элементов зданий, отвечающих за его общую устойчивость при пожаре. Огнезащитой должны покрываться все несущие конструкции с примененной толщиной металла менее 5,8 миллиметра. Также конструктивная огнезащита необходима для устройства противопожарных стен с пределом огнестойкости более 150 минут.

Выпускают огнезащитные краски, предназначенные для защиты металлических конструкций, древесины, воздуховодов, кабелей и железобетона. Все эти краски так называемого вспучивающегося типа. В первую очередь, огнезащита необходима для несущих конструкций, то есть тех частей здания, которые обеспечивают его прочность. Конечно, современные конструкционные материалы, такие как бетон, железобетон, кирпич, сталь, не горят, но они подвержены другому, разрушительному делу огня: при нагреве до определенной температуры они теряют прочность и уже не могут поддерживать целостность здания. Например, сталь теряет прочность при нагреве выше 500 градусов Цельсия. При сильном огне толстая железная балка может нагреться до 500 градусов всего за несколько минут. Далее последует обрушение крыши, которую держала эта балка, либо упадет часть стены.

Сегодня существует много способов огнезащиты стальных конструкций, один из самых распространенных – нанесение на них огнезащитных красок. Такие краски выпускаются в двух вариантах: летний и зимний. В летних красках в качестве растворителя используется вода, в зимних – сольвент каменноугольный или ацетон. Обе краски однокомпонентные, вспучивающегося типа, со сроком службы не менее 25 лет.

Водорастворимые краски очень просты в использовании, для разбавления ее достаточно воды из-под крана, после работы инструменты и оборудования промываются также обычной водой.

И летние и зимние краски могут применяться для огнезащиты конструкций в закрытых помещениях или в условиях открытой атмосферы под навесом на объектах гражданского и промышленного назначения.

Рассмотрим действие огнезащитной краски, нанесенной на металл при прямом воздействии пламени.

Так, в первые моменты нагревания в краске начинают происходить химические процессы, характеризующиеся одновременным поглощением тепла и выделением инертных газов и паров, не поддерживающих горение. При этом краска вспучивается и обугливается. Объем и толщина покрытия в процессе вспучивания слоя краски увеличивается в 50 раз, то есть если изначально конструкция была покрыта слоем краски в 1 миллиметр, то при пожаре конструкцию будет защищать от нагрева слой в 5 сантиметров. У этого слоя очень хорошие теплоизолирующие способности, поэтому время от начала пожара до момента потери прочности конструкции увеличивается в несколько раз. За это время люди успеют спокойно эвакуироваться из здания, а прибывшие на место происшествия пожарные сумеют потушить возгорание без риска преждевременного обрушения конструкций.

В результате образуется вспененный слой или пористая структура, представляющая собой закоксовавшийся склад негорючих веществ. Эта «шуба» и защищает металл от перегрева. Таким образом, образовавшийся на поверхности материала коксовый слой блокирует конъюнктивный перенос тепла в защищаемой поверхности. Это приводит к тому, что металлическая конструкция нагревается во много раз медленнее и сохраняет прочность. Под слоем вспучившейся краски остается неповрежденный металл.

Огнезащитной краской обрабатывают металлические балки и профили. Цель обработки – избежать перегрева и снижения механической прочности металлоконструкций во время пожара.

Одним из важнейших этапов нанесения огнезащитных покрытий являются подготовка поверхности и ее антикоррозионная защита. От качества проведения этих работ зависит прочная связь огнезащитного покрытия и защищаемой конструкции, а также долговечность огнезащиты.

Защищаемые поверхности должны быть сухими, обеспыленными и обезжиренными. Металлические строения не должны иметь слоев окалины, шлака или коррозии. Толстый слой грязи, окалину и ржавчину удаляют механическим способом. Чаще всего это делают с помощью зачистных молотков с электро или пневмоприводом. Тонкие слои удаляют абразивными методами, например, металлическими щетками. Участки недоступные для механизированного инструмента очищаются вручную, зачистку ведут до «голового» металла. Обезжиривание поверхностей проводят с помощью органических растворителей, чаще всего применяют ацетон, растворитель 646, уайт-спирит. Большие поверхности обезжиривают при помощи распыляющих аппаратов. Местное обезжиривание проводят протиркой ветошью, не оставляющей на поверхности ниток и волокон. [1]

Поверхность защищаемых конструкций перед нанесением огнезащитной краски обязательно должна быть грунтована. Грунт выполняет две функции: защищает поверхность от коррозии и улучшает адгезию краски с поверхностью. Необходимо выбирать грунты с качественным составом, например, такие грунты, которые изготавливаются на основе алкидных пленкообразователей и

имеют температуру размягчения сопоставимую с началом работы огнезащитного покрытия, то есть 200 или 250 градусов по Цельсию. Дешевые же грунты изготавливают на основе нефтеполимерных олиг, имеющих температуру размягчения всего 90 или 100 градусов по Цельсию. В результате такой грунтовочный слой может деформироваться или разрушиться задолго до того, как его начнет защищать огнезащитное покрытие.

Готовую краску можно наносить как ручным способом, так и методом безвоздушного распыления. При транспортировке краски возможно ее расслаивание. Для того чтобы привести состав в рабочее состояние необходимо тщательно его перемешать в течение 10-15 минут до однородной консистенции. Расслаивание краски не является признаком ее непригодности.

Во время нанесения краски температура воздуха должна быть не ниже +5 градусов по Цельсию летом и не ниже -25 градусов по Цельсию зимой. Относительная влажность воздуха не должна быть более 80-ти процентов. Краску наносят с помощью кисти, валика или аппарата безвоздушного распыления. Оптимальная толщина первого слоя 0,3 миллиметра, все последующие слои не должны быть толще 0,8 миллиметра. Также требуется межслойная сушка в течение 3-х часов. Нанесение краски кистью или валиком увеличивает время высыхания на 20-30 процентов.

Водорастворимыми красками удобно работать в помещении. При нанесении они не создают взвеси в воздухе и поэтому из средств индивидуальной защиты достаточно будет обыкновенных перчаток и респираторов. Водорастворимые краски экологически чистые.

Качество нанесенной огнезащитной краски после высыхания контролируют визуально. На поверхности не должно быть трещин, вздутий, отслоений, осыпаний, а также не должно быть незащищенных участков.

В случае обнаружения повреждений огнезащитное покрытие необходимо восстановить. Поврежденный участок зачищают с помощью наждачной шкурки или железной щетки и наносят новый слой краски требуемой толщины.

Стоит учитывать, что у некоторых красок могут быть проблемы с адгезией, это относится к глянцевым поверхностям, например, оцинкованная сталь.

Помимо огнезащитных красок используют и огнезащитную мастику. Она несколько дороже, но более технологична при нанесении. Такое покрытие может переносить тяжелые условия эксплуатации. Может применяться как внутри помещения, так и снаружи, но при условии исключения прямого попадания атмосферных осадков. Мастика образует прочное и долговечное покрытие без швов и разрывов. На мастику возможно нанесение любых декоративных, финишных покрытий, что позволяет без лишних затрат обеспечить сохранения стиля и цветовых решений. Это особенно актуально для таких объектов как торговые центры и спортивных сооружений, где к конструкциям предъявляют высокие требования к внешнему виду. Подготовка металлической конструкции, а также условия нанесения на строение мастики не отличается от условий

нанесения огнеупорной краски. [1]

Необходимо защитить нанесённое огнезащитное покрытие от внешних воздействий. При эксплуатации огнезащитного покрытия в условиях повышенной влажности, перепада температур, в местах с прямым воздействием атмосферных осадков, а также при наличии воздействия агрессивных сред, нужно нанести на мастику дополнительное защитное покрытие. Для этого могут использоваться стойкие к атмосферному воздействию лаки и краски. Например, это могут быть органо-силикатные краски, кремне-органические лаки, краски на основе хлорсодержащих полимеров или эпоксидные краски.

Огнезащитная мастика способна обеспечить предел огнестойкости металлических конструкций до 150 минут. При этом толщина покрытия не превышает 8-ми миллиметров, что позволяет сохранить архитектурный вид конструкции.

Срок службы огнезащитной мастики не менее 25-ти лет. [1]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила нанесения FlameGuard Мастика для конструктивной огнезащиты металлоконструкций/ [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://zavod-obereg.ru/video/pravila-naneseniya-flameguard-mastika-dlya-konstruktivnoy-ognezashchity-metallokonstruktsiy/> (дата обращения: 18.09.2025)

УДК 351.821

С. Р. Антипенко¹, А. С. Михалёва¹, Е. А. Жирнова¹, А. А. Снежко²

¹ Сибирский государственный университет науки и технологий имени М. Ф. Решетнева

² ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

В данной работе исследуются вопросы обеспечения пожарной безопасности климатической камеры на основе анализа рисков и риск-менеджмента, предусматривается комплекс мероприятий для защиты здоровья сотрудников и сохранности оборудования

Ключевые слова: пожарная безопасность, климатическая камера, риск-менеджмент, опасные факторы, оценка риска

S. R. Antipenko, A. S. Mikhaleva, E. A. Zhirnova, A. A. Snezhko

FIRE SAFETY OF THE CLIMATIC CHAMBER

This paper explores the issues of fire safety in a climate chamber based on risk analysis and risk management, and provides a set of measures to protect the health of employees and the safety of equipment.

Key words: fire safety, climate chamber, risk management, hazardous factors, risk assessment

Вопросы обеспечения пожарной безопасности являются актуальной проблемой ракетно-космического производства, которая требует решения на всех этапах создания сложных технических комплексов и конструкции.

Примером такой конструкции является климатическая камера, применяемая при испытании изделий ракетно-космической техники. Особенности, которой являются не стандартно большие габаритные размеры и широкий диапазон температур.

Для обеспечения пожарной безопасности климатической камеры разработан комплекс мероприятий, включающих в себя: обеспечения высокой надежности компонентов камеры и создание запасов их работоспособности, обеспечение качества комплектующих на основе сертификатов соответствия, запрет на применение стеклотканей, поливинилхлоридов, серосодержащей резины и других материалов, выделяющих вредные вещества, анализ внештатных и аварийных ситуаций [1].

Рассмотрим вопросы обеспечения пожарной безопасности климатической камеры на основе риск-менеджмента.

Климатическая камера, согласно техническому заданию, должна обеспечивать защиту обслуживающего персонала и окружающей природной среды, в том числе и в случае возникновения внештатных ситуаций, при выполнении заданных функций с учётом требований ГОСТ 12.0.003 «Система стандартов безопасности труда.

Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», а именно требования: пожароопасности, взрывоопасности, электрической опасности, механической опасности, тепловой опасности, статического электричества, ошибочных действий обслуживающего персонала.

Оборудование, в том числе и его составные части, должны удовлетворять требованиям безопасности, установленными федеральными законами, приведенными на рисунке [2-5].

Обеспечение пожарной безопасности основывается на анализе-риска. Оценка риска согласно ГОСТ 33855-2016 «Обоснование безопасности оборудования. Рекомендации по подготовке» включает в себя: идентификацию опасностей (опасных событий) при эксплуатации; расчет степени риска для каждой опасности или опасного события. Для идентификации опасности

проводится качественная оценка риска, и риски систематизируются по приоритетности [6].

В виду высокого риска пожарной опасности в процессе монтажа, профилактического и регламентного обслуживания, аттестации разрабатываемого оборудования, проведения тепловых испытаний объекта испытаний предусмотрен комплекс защитных мер.

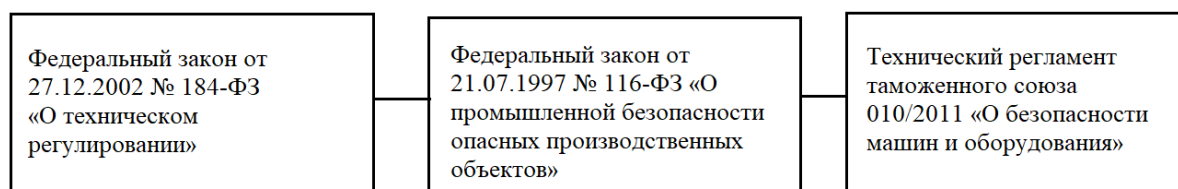


Рисунок. Нормативные документы

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности при пожаре, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды.

Предотвращение образования горючей среды должно обеспечиваться одним из следующих способов или их комбинаций: максимально возможным применением негорючих и трудно горючих веществ и материалов; поддержанием безопасной концентрации среды в соответствии с нормами и правилами и другими нормативно-техническими, нормативными документами и правилами безопасности; установкой пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания должно достигаться применением одного из следующих способов или их комбинаций: применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания; применением электрооборудования в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» [7].

Комплекс защитных мер включает: автоматическое выключение при возгорании, выпускной клапан образующихся газов с подключением к вентиляции, контроль и выпуск нежелательных газов в ходе испытаний; применение устройства пожаротушения баллон с CO₂ с автоматической подачей при возгорании.

Предотвращение образования взрывоопасной среды достигается применением герметичного производственного оборудования; применением рабочей и аварийной вентиляции; отводом азота из камеры, контролем состава воздушной среды.

Предотвращение возникновения источника инициирования взрыва обеспечивается применением материалов, не создающих при соударении искр, способных инициировать взрыв взрывоопасной среды; применением средств защиты от атмосферного и статического электричества, блуждающих токов, токов замыкания на землю и т.д.; применением быстродействующих средств защитного отключения возможных электрических источников инициирования взрыва; ограничением мощности электромагнитных и других излучений.

Таким образом климатическая камера тепла холода с мониторингом влажности не должна эксплуатироваться на потенциально взрывоопасных местах, нельзя вносить в камеру легковоспламеняющиеся и взрывоопасные вещества, нельзя применять материалы, которые могут привести к выбросу токсичных газов.

В содержание программы обеспечения безопасности разрабатывается комплекс защитных мер для всех рисков с высоким рангом. Предусматриваются требования к персоналу для безопасного выполнения работ. Обязательно устанавливается порядок контроль и корректировки программы обеспечения безопасности.

На оценку риска могут влиять любые расхождения во мнениях, предвзятость, восприятие риска и субъективные суждения. Дополнительное влияние оказывают качество исходных данных, сделанные допущения и исключения, а также ограничения применяемых технологий и методов. Эти факторы следует учитывать, документировать и доводить до лиц, принимающих решения.

События с высокой степенью неопределенности часто сложно количественно оценить, что может создать трудности при анализе ситуаций с серьезными последствиями. В таких случаях применение различных технологий в комбинации может привести к более полному пониманию.

Таким образом, для обеспечения пожарной безопасности климатической камеры, разработана программа безопасности, которая содержит комплекс мероприятий, направленный на защиту здоровья и жизни сотрудников, сохранность оборудования и снижение экологического ущерба как в нормальных условиях работы, так и в экстренных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева: в 2-х частях Часть 1- Красноярск, 2023г 737-739 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59430229&pff=1> (дата обращения: 30.09.2025)

2. ГОСТ 12.0.003 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». [Электронный ресурс]. URL: https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2021/05/gost-12.0.003-2015-sistema-standartov-bezopasnosti-truda-ssbt.-opasnye-i-vrednye-proizvodstvennye..._tekst.pdf (дата обращения: 30.09.2025)

3. Федеральный закон от 27.12.2002 №184 «О техническом регулировании» – Москва, 2002.

4. Федеральный закон от 21.07.1997 №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» – Москва, 1997.

5. Технический регламент таможенного союза 010/2011 от 18.10.2011 «О безопасности машин и оборудования» – Москва, 2011.

6. ГОСТ 33855-2016 «Обоснование безопасности оборудования. Рекомендации по подготовке». [Электронный ресурс]. URL: <https://rustestm.ru/wp-content/uploads/2021/10/gost-33855-2016-obosnovanie-bezopasnosti-oborudovaniya-rekomendacii-po-podgotovke.pdf> (дата обращения: 30.09.2025)

7. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

УДК 004.942

Э. Р. Ахмеджанова, А. С. Саляева

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ

Проведен анализ использования беспилотных летательных аппаратов при обнаружении пожаров в лесной местности, приведено сравнение с камерами видеонаблюдения.

Ключевые слова: лес, пожар, БПЛА, видеонаблюдение, возгорание, контроль, отслеживание.

E. R. Akhmedzhanova, A. S. Salyaeva

ANALYSIS OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR MONITORING FIRE SAFETY DURING FOREST FIRES

This article analyzes the use of unmanned aerial vehicles for detecting forest fires and compares them with CCTV cameras.

Keywords: forest, fire, UAV, video surveillance, combustion, monitoring, tracking.

Лесным массивам необходим непрерывный контроль над состоянием лесных территорий. В рамках мониторинга специалисты занимаются проверкой леса на наличие вредителей и борьбу с ними, проведение аэросева, а также отслеживание распространения возгорания. [1] Для проведения контроля используют воздушные суда, однако в современном мире появилась альтернатива – беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Благодаря своим техническим характеристикам БПЛА показывают высокую эффективность и применяются в труднодоступных местах, в которые затруднено использование авиационной техники или вовсе невозможно. (рис. 1)



Рис. 1. Обнаружение возгорания с помощью БПЛА

Использование БПЛА выполняет сразу несколько задач при мониторинге лесных массивов:

- обнаружение пожаров на ранней стадии с помощью тепловизора;
- доставка огнетушащие вещества, тем самым организовывая оперативное тушение возгорания;
- выполнение спасательных операций: поиск пострадавших, обследование заваленных территорий;
- контроль лесной территории в реальном времени, что позволяет вовремя отреагировать на возгорание, минимизируя последствия;
- экономическая эффективность, так как снижаются затраты на тушение и уменьшается ущерб от огня. [2]

Несмотря на все достоинства использования инновационного решения для тушения пожаров также существует и ряд недостатков:

- невозможность подъема больших объемов огнетушащих веществ;
- погодные условия затрудняют движение БПЛА, например, сильное задымление и порывы ветра может сбить работу аппарата с пути;
- ограниченное время работы, емкость аккумулятора не позволяет летать на большие расстояния.

В сравнении с обнаружением пожара с помощью видеокамер БПЛА занимает выигрышное положение.

Для обнаружения пожаров в лесных массивах используется система «Лесной дозор». Данная система внедрена в России в 2010 году и находит применение в настоящее время, работает в 49 регионах страны. [3] Камеры видеонаблюдения устанавливаются на высоте более 30 метров, радиус слежения достигает 20-35 км. Такой способ позволяет не только наблюдать за лесной территорией, но и избегать действий со стороны вандалов.

Алгоритмы такой разработки распознают признаки возгорания – дым и пламя, после чего автоматически определяют координаты и передают операторы для дальнейших действий. (рис. 2)

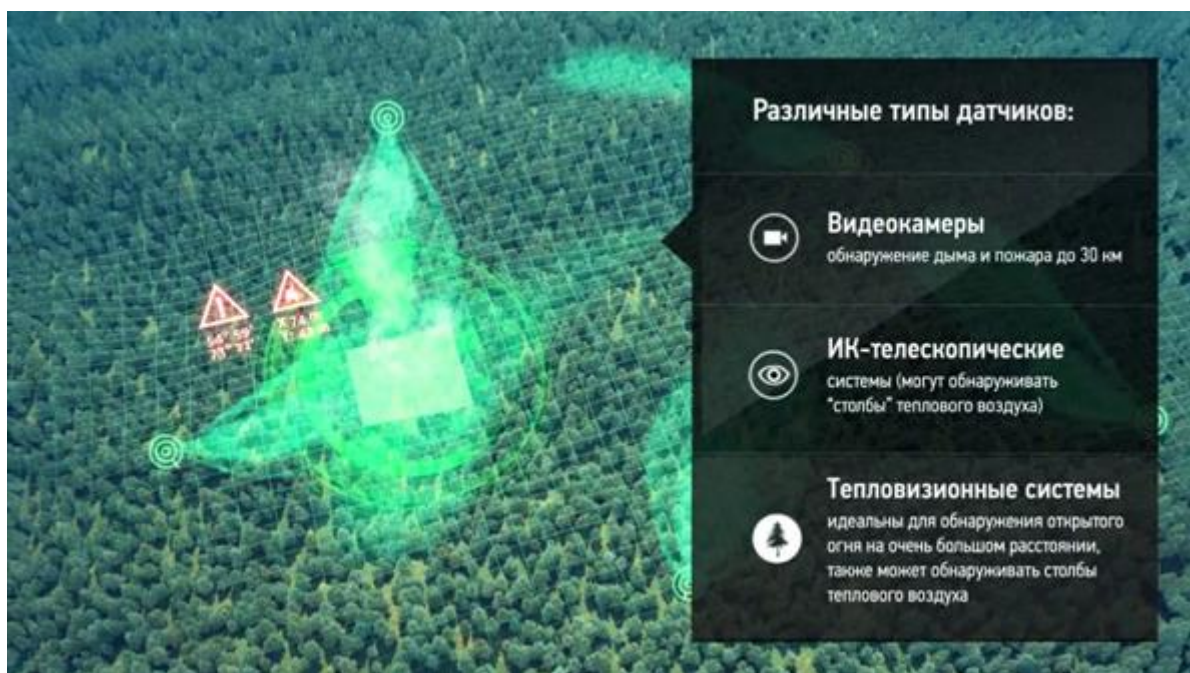


Рис. 2. Обнаружение возгорания с помощью видеонаблюдения

Однако использование БПЛА в какой-то степени является проблемой, так как инновация внедрена только в центральной России на малых площадях. Например, Дальний Восток имеет большие расстояния и отсутствие сотовой связи.

Япония, ОАЭ, Китай, Латвия и другие страны уже демонстрируют опытные образцы беспилотных авиационных систем (БАС) для тушения пожаров. В Китае стали внедрять БПЛА не только для тушения лесных пожаров, но также и для ликвидации возгораний высокоэтажных зданий. Это привело к существенному улучшению эффективности и безопасности пожаротушения.

Во время крупных пожаров в Калифорнии пожарным США не хватает вспомогательных средств. В связи с этим инженеры разработали специальные дроны, оснащенные огненными шарами. Такие дроны называются огнеметчиками. Принцип действия заключается в том, что создается контролируемое возгорание, направленное навстречу лесному пожару. Для создания возгорания используются так называемые «Яйца дракона» размером с шарик для пинг-понга и содержат перманганат калия. При помощи падения шаров происходит взрыв от сильного удара и создает контролируемое горение. [4]

Данная система круглосуточно отслеживает территорию, что обеспечивает непрерывный мониторинг и оперативное реагирование на чрезвычайную ситуацию, в то время как БПЛА отличается высокой мобильностью и способностью обследования труднодоступных мест. В тоже время БПЛА могут проводить детальную съемку, выстраивая при этом 3D модель местности, а камеры видеонаблюдения позволяют увидеть лишь общую площадь возгорания, однако использование камеры гораздо ниже в эксплуатации. Тем самым совместным использованием видеонаблюдения и дрона можно добиться высоких результатов для полного мониторинга лесной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг лесных пожаров с БПЛА // URL: <https://www.alb.aero/about/articles/monitoring-lesnykh-pozharov-s-bpla/?ysclid=mgdqm2r9ec77011037> (Дата обращения: 04.10.2025)
2. Мониторинг лесных пожаров при помощи БПЛА// Сельскохозяйственные науки. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-lesnyh-pozharov-pri-pomoschi-bpla/viewer> (Дата обращения: 04.10.2025)
3. В России уже 15 лет в борьбе с пожарами помогает система «Лесной дозор» // URL: <https://itrussia.media/ru/article/v-rossii-uzhe-15-let-v-borbe-s-pozharami-pomogaet-sistema-l> (Дата обращения: 04.10.2025)
4. Пожарные США сражаются с огнем при помощи дронов-огнеметчиков. URL: <https://building-tech.org/Технологии/pozharnie-ssha-srazhayutsya-s-ognem-pry-pomoshchy-dronov-ognemetchikov?ysclid=mgm4azwuvq300299> (Дата обращения: 04.10.2025)

УДК 614.841

Д. А. Бабушкина, О. Г. Циркина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНОЙ УПАКОВКИ И ЛЕНТЫ

Технологический процесс производства упаковки из различных синтетических полимерных материалов является взрывопожароопасным. Пожарная опасность обуславливается обращением большого количества легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ) и газов (ГГ), наличием пожароопасной среды в аппаратах, взрывоопасностью некоторых веществ, усиливающаяся агрессивностью среды, а также технологическими параметрами – температурой и давлением. В работе рассматривается продукция ООО «ПолиЭР», которая является очень востребованной в пищевой, напиточной, фармацевтической и других отраслях, обеспечивая сохранность продукции и удобство для потребителя.

Ключевые слова: пожарная опасность, полимерная пленка, технологический процесс, упаковочный материал

D. A. Babushkina, O. G. Tsirkina

ANALYSIS OF FIRE HAZARD OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF POLYMER PACKAGING AND TAPE PRODUCTION

The technological process of packaging production from various synthetic polymer materials is explosive and fire-hazardous. Fire hazard is caused by the handling of large quantities of flammable liquids (FL), combustible liquids (CL) and gases, the presence of a fire-hazardous environment in the machines, the explosive nature of some substances, the increasing aggressiveness of the environment, as well as technological parameters – temperature and pressure. The paper discusses the products of company «PolyER», which are very popular in the food, beverage, pharmaceutical, and other industries, ensuring product safety and convenience for consumers.

Keywords: fire hazard, polymer film, technological process, packaging material

В современном мире производство полиэтилентерефталатовой (ПЭТ), полипропиленовой (ПП) и полистироловой (ПС) упаковки занимает важное место в сфере упаковочной индустрии благодаря её уникальным свойствам, таким как легкость, прозрачность, химическая стойкость и возможность многократного использования. Такой вид упаковки широко применяется в пищевой, напиточной, фармацевтической и других отраслях, обеспечивая сохранность продукции и удобство потребителя.

Технологический процесс производства упаковки из ПЭТ, ПС и ПП является взрывопожароопасным. Пожарная опасность обуславливается обращением больших количествах легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ) и газов, наличием пожароопасной среды в аппаратах, взрывоопасность некоторых веществ, усиливающаяся агрессивностью среды, технологическими параметрами (температура, давление).

В работе рассматривается продукция ООО «ПолиЭР», которая в огромных количествах поставляется для дальнейшей реализации крупным дистрибьюторам, таким как ООО «Комус», «PackWell», «Артпласт» и др. В ходе выполнения исследования проведен анализ пожаровзрывоопасности технологических процессов получения ПП, ПЭТ и ПС упаковки, противопожарной техники и оборудования с целью проверки соответствия требованиям пожарной безопасности и оценки эффективности существующих систем противопожарной защиты, а также разработка дополнительных мероприятий, направленных на снижение взрывопожарной опасности указанных процессов.

Актуальность темы состоит в том, что процесс производства пищевой полимерной упаковки и ленты из полипропилена, полиэтилентерефталата, полистирола имеет высокий уровень пожаровзрывоопасности. В ходе технологического процесса производства продукции ООО «ПолиЭР» есть опасность возникновения взрыва и (или) пожара в результате образования в цехе и в технологическом оборудовании горючих паровоздушных концентраций, в которых могут появиться различные источники зажигания.

Целью данного исследования является поиск и разработка новых решений, мероприятий и их комбинаций, основанных на результатах научно-технических разработок, которые позволят обеспечить пожарную безопасность процессов производства ПП, ПС и ПЭТ-упаковки.

Для реализации поставленной цели, в работе решаются следующие задачи:

- выполнен статистический анализ пожаров и аварий на производственных объектах;
- проведен анализ научных трудов по исследованию пожарной опасности технологического оборудования для полимеризации и в целом химических производств;
- проведён анализ пожарной опасности опасных производственных объектов и проблем обеспечения пожарной безопасности опасных производственных объектов;
- проведён обзор нормативных правовых актов, регламентирующих требования пожарной безопасности для опасных производственных объектов;
- выполнен анализ существующей системы пожарной безопасности технологического процесса;

– разработаны научно обоснованные предложения по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса.

Научная новизна обусловлена тем, что представленной работе впервые на основе научного обоснования пожарной опасности технологических процессов полимеризации этилена предложены варианты противопожарной защиты производства упаковки из ПП, ПС, ПЭТ, связанного с использованием различных видов пожароопасных веществ.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования её результатов при эксплуатации автоматических упаковочных, термоформовочных линий для производства ПП, ПЭТ и ПС упаковки; применения разработанного комплекса превентивных мероприятий в практической деятельности компании ООО «ПолиЭР»; внедрение результатов исследования в работу организаций, осуществляющих проектирование систем пожарной безопасности для подобных производств.

Производство полипропиленовой упаковки и одноразовой посуды ООО «ПолиЭР» находится на территории технопарка «Славич» в корпусах №31 и 2Н, расположено по адресу: Ярославская область, г. Переславль-Залесский, пл. Менделеева, д.2р. Здание предназначено для производства полипропиленовой упаковки и одноразовой посуды, а также для кратковременного хранения готовой продукции с целью распределения её в торговые сети товаров повседневного спроса. Объект состоит из двух сблокированных зданий различной степени огнестойкости и одного функционального назначения, соединённых между собой переходом. В строении корпуса №31 расположены административно-бытовые, производственные и складские помещения. В строении корпуса №2-Н также расположены административно-бытовые, производственные и складские помещения. Максимальные размеры зданий в плане корпуса №31 – 144×72×12 м., и корпуса №2-Н – 108×33×10,65 м.

Здание производственно-складского корпуса №31 производства полипропиленовой упаковки и одноразовой посуды ООО «ПолиЭР» состоит из пятиэтажной пристройки к производственной части коридорного типа в которой находятся административно-бытовые, складские и производственные помещения II степени огнестойкости, производственной части II степени огнестойкости и складского помещения IV степени огнестойкости. В помещении подвала находятся складские помещения, вход в него обеспечивается по внутренним лестницам из первого этажа и грузовым лифтам. Максимальные размеры зданий в плане 144×72×12 м. Несущие колонны и стены железобетонные, перекрытие и покрытие из сборных железобетонных ребристых, монолитных и пустотных плит по железобетонным и стальным балкам. Наружные стены и стены лестничных клеток, внутренние перегородки кирпичные. Лестничные марши и площадки железобетонные. Естественное освещение помещений обеспечивается через оконные проемы в наружной стене. Кровля рулонный рубероидный ковёр по бетонной стяжке. Вертикальное

сообщение этажей обеспечивается внутренними лестницами, размещенными в лестничных клетках типа Л1 и грузовым лифтам.

Производственная часть представляет собой одноэтажное однопролетное здание II степени огнестойкости, каркасного конструктивного типа, прямоугольной. Элементы каркаса: сборные железобетонные двухветвевые колонны, стальные вертикальные связи жесткости из стандартного стального проката без дополнительной огнезащиты. Наружные ограждающие стены из керамзитобетонных панелей и трехслойных сэндвич-панелей с негорючим утеплителем, покрытие из железобетонных плит по железобетонным балкам, кровля рулонный рубероидный ковёр по бетонной стяжке.

По всей ширине производственной части корпуса пристроена одноэтажная складская часть. Каркас складской части – колонны и балки из стандартного стального проката, наружные ограждающие стены и покрытие из сборных панелей, состоящих из двух слоёв стального профилированного листа и слоя негорючего утеплителя (минеральная вата). Строение складского корпуса IV степени огнестойкости. Помещения согласно классификации зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков по функциональной пожарной опасности относятся к классу пожарной опасности Ф5.1. Класс конструктивной пожарной опасности – С1.

Пожарная опасность процесса производства ПП, ПС и ПЭТ упаковки обусловлена присутствием в технологических схемах аппаратов, в которых обращается гранулированное сырьё и вспомогательные материалы, температура в которых достигает 400-450 °С, при этом возможно изменение уровня жидкости или газа, наличием аппаратов, которые полностью заполнены жидкостью (трубопроводы) или внутри которых находятся одновременно горючая жидкость и газ, а также применением горючих жидкостей (масел) для охлаждения технологических установок.

Кроме того, влияние на пожароопасность оказывают технологические параметры (температура, давление, объемная скорость, концентрация реагентов и т. д.), а также конструктивное устройство и режим работы технологических аппаратов, агрессивность среды и другие факторы.

Сырьё и вспомогательные материалы поступают на предприятие автотранспортом поставщика, далее – электропогрузчиками. Загрузка сырья в дозирующие устройства производится пневмотранспортом. Хранение сырья и готовой продукции производится на паллетах размером 1200x800x180мм. Транспортировка паллет внутри производства и склада готовой продукции осуществляется с использованием ручных гидравлических тележек.

Необходимые компоненты полимерного сырья с помощью систем подачи и гравиметрического дозирования взвешиваются перемешиваются и поступают в горловины технологических аппаратов – основного экструдера и соэкструдера.

Таким образом, пожарная опасность процесса производства ПП, ПС и ПЭТ упаковки обусловлена присутствием в технологических схемах аппаратов, в которых обращается гранулированное сырье и вспомогательные материалы. Рабочая температура процессов синтеза достигает 400-450 °С, при этом возможно изменение уровня жидкости или газа. В производственной части корпуса также размещено технологическое оборудование, которое полностью заполнено жидкостью (трубопроводы) или внутри которого находятся одновременно горючая жидкость и газ. Производственный процесс связан и с применением горючих жидкостей (масел) для охлаждения технологических установок. Помимо этого, влияние на пожароопасность оказывают технологические параметры процессов синтеза полимеров (температура, давление, объемная скорость, концентрация реагентов), а также конструктивные особенности, режимы работы технологических аппаратов и агрессивность среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены Постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
3. СП 1.13130.2020 «Система противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».
4. Федотов Д.А., Циркина О.Г. Воздействие продуктов горения полимерных материалов на организм человека // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб.мат. VI Междунар. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 19 октября 2023. С. 459 – 462.
5. Маврин В.В., Циркина О.Г. Проблемные вопросы обеспечения пожарной безопасности складских зданий и помещений производственного объекта // Сб. мат. научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2024 год – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. С.74-80.
6. Гибкие пленки [электронный ресурс] <https://www.polyer.ru/catalog/gibkie-plenki/> Дата обращения 28.08.2025.

УДК 614.84

С. А. Бараковских

Уральский институт ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС

Представлен анализ некоторых робототехнических средств, научных исследований по совершенствованию их конструкций и методик, которые могут использоваться при тушении пожаров.

Ключевые слова: пожарный робот, тушение пожара, технические средства, статистика пожаров.

S. A. Barakovskikh

APPLICATION OF ROBOTIC TECHNOLOGY IN FIRE EXTINGUISHING AND EMERGENCY RESPONSE

The article presents an analysis of some robotic devices, scientific research on improving their designs, and methods that can be used in firefighting.

Key words: fire robot, fire extinguishing, technical equipment, fire statistics.

Современная промышленность страны является значимым аспектом для общества и в свою очередь занимает обширную роль в финансово-экономической структуре государства. Современная промышленность имеет огромный накопленный опыт передовых технологий и поэтому представляет перспективную и технологичную систему разнообразных отраслей.

Разнообразная Российская промышленность включает в себя следующие основные отрасли: металлургическая; топливно-энергетическая; машиностроительная; химическая; лесная и деревообрабатывающая.

Разные виды вышеперечисленных отраслей экономики при осуществлении деятельности требуют организационно-технических мероприятий по обеспечению противопожарной защиты производств.

Однако, как показывает статистика пожаров [1] за последние пять лет (рисунок) на производственных предприятиях пожары происходят и материальный ущерб колоссальный.

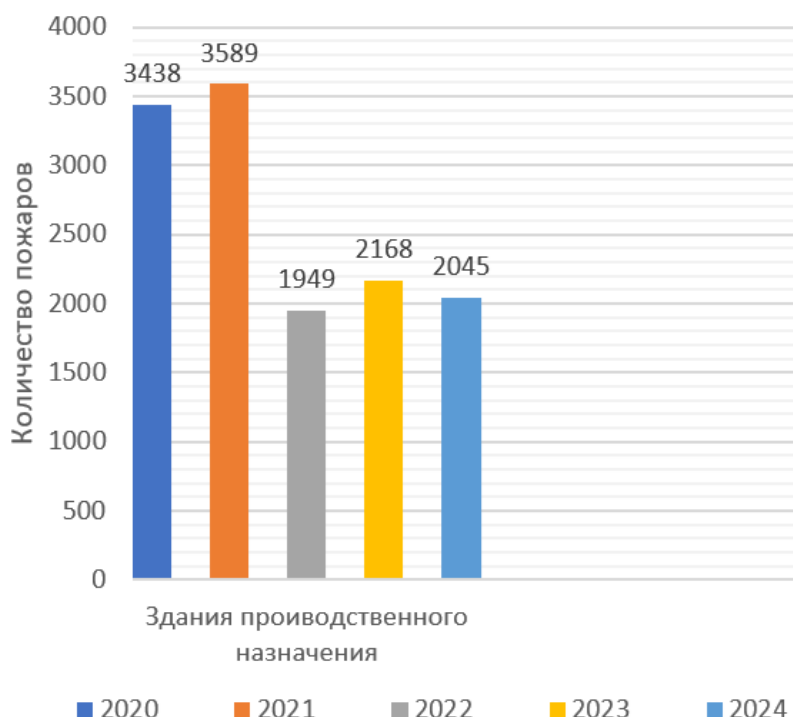


Рисунок. Количество пожаров в зданиях производственного назначения за 2020-2024 годы

Для борьбы с пожарами на сегодняшний день используют множество технических средств, при помощи которых происходит ликвидация горения, а также проведение аварийно-спасательных работ связанных с ликвидацией пожаров и ЧС.

Для безопасности личного состава при проведении действий по тушению пожаров на опасных объектах каким относятся нефтехимия, объекты с обращением взрывчатых веществ и другие, используются пожарные роботы. Основной принцип работы пожарных роботов заключается в том, что управление роботом происходит дистанционно тем самым исключает необходимость нахождения личного состава, участвующего в тушении пожаров в непосредственной близости к очагу пожара.

Процесс управления пожарными роботами, а также их тактико-технические возможности модернизируются и совершенствуются в зависимости от необходимости выполнения поставленных задач.

В работе [2] коллектив авторов предложил на пожарного робота в верхней части платформы установить съемный кожух, выполненный из огнезащитных материалов. Данный кожух имеет возможность демонтироваться для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту. Сверху на огнезащитном кожухе установлен лафетный ствол для подачи огнетушащих веществ в очаг горения и складывающиеся антенны основного назначения. В задней конструкции огнезащитного кожуха расположены резервные огнестойкие антенны. В передней части пожарного робота имеется резервное место для оператора, оснащенное дублирующими механизмами для управления вручную.

Методика прогнозирования в режиме реального времени траектории струи огнетушащего вещества из ствола пожарного робота предложена в работе [3]. На основе машинного обучения модели, прогнозирование водяной струи происходит с учетом воздействий на нее направления и скорости ветра, положительных и отрицательных температур воздуха.

Ю. И. Горбань, М. Ю. Горбань, Е. А. Синельникова в работе [4] описывают инновационные принципы в пожаротушении, которые основаны на применении пожарных роботов и могут быть интегрированы в систему противопожарной защиты, а также расширить технические возможности автоматических установок тушения пожаров. Данный тип пожарных роботов устанавливается стационарно в помещениях, при возгорании реагирует на очаг и при помощи гидромонитора направляет струю огнетушащего вещества в зону горения.

В работе [5] автором были проведены исследования по оценке эффективности использования пожарных роботов при тушении пожаров, а также защиты строительных конструкций методом охлаждения на объектах теплоэнергетического комплекса. В работе описана методика при помощи которой моделируется струя огнетушащего вещества, подающаяся от пожарного робота. Струя при моделировании представляет последовательное включение и отключение в моменты времени стационарных источников огнетушащего вещества. На основе разработанной методики представлен алгоритм оценки эффективности защиты строительных конструкций при пожаре.

Анализ робототехнических средств, которые могут использоваться при тушении пожаров показал, что основным условием их применения является безопасность личного состава пожарной охраны и участников тушения пожара.

По принципу применения пожарные роботы делятся на стационарные которые интегрируются в систему противопожарной защиты в качестве автоматических установок тушения пожара и мобильные роботы, которые доставляются к месту проведения работ по тушению пожара при помощи иной автомобильной техники.

Современные Российские разработки робототехнических комплексов, предназначенных для тушения пожара, позволяют выполнять задачи в зоне пожара и ЧС без непосредственного контакта участников тушения пожара, что безусловно является положительным аспектом в тактике тушения и управления боевыми действиями на пожаре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2024 г. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ П 46 ВНИИПО МЧС России, 2025 112 с.

2. Патент на полезную модель № 194356 U1 Российская Федерация, МПК A62C 3/02. Робот пожарный: № 2019120730: заявл. 01.07.2019: опубл. 06.12.2019 / Н. В. Андрианов, Р. Б. Белов, И. А. Забалуев [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Тензосенсор".

3. Методика прогнозирования траектории струи огнетушащего вещества из ствола пожарного робота в режиме реального времени / И. Н. Пожаркова, С. В. Ченцов, С. Г. Цариченко [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2025. – № 3. – С. 14-20. – DOI 10.24000/0409-2961-2025-3-14-20.

4. Горбань, Ю. И. Пожарные роботы - новый глобальный продукт в системе пожарной безопасности / Ю. И. Горбань, М. Ю. Горбань, Е. А. Синельникова // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVIII международной научно-практической конференции: в 2 ч., Ногинск, 19–20 мая 2016 года. Том Часть 2. – Ногинск: Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2016. – С. 26-39.

5. Пожаркова, И. Н. Оценка эффективности использования пожарных роботов для защиты объектов теплоэнергетического комплекса / И. Н. Пожаркова // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Красноярск, 21 октября 2022 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирская пожарно-спасательная академия" Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий", 2022. – С. 122-126.

УДК 699.812:666.972.16+691.6

В. А. Бедских, Е. В. Романюк*

Федеральное государственное казенное учреждение «Специальное управление ФПС № 6 МЧС России»

*Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Изучены проблемы возникновения пожаров при производстве мебели на фабриках и заводах, уделено внимание материалам, используемых при изготовлении предметов интерьера, а также повышенным рискам, которые они несут. Разработан метод предотвращения образования древесной пыли.

Ключевые слова: пожарная безопасность, мебельное производство, древесная пыль.

V. A. Bedskikh, E. V. Romanyuk

METHODS OF ENSURING FIRE SAFETY OF FURNITURE PRODUCTION

The problems of fires in the manufacture of furniture in factories and plants have been studied, attention has been paid to the materials used in the manufacture of interior items, as well as the increased risks they pose. A method has been developed to prevent the formation of wood dust.

Key words: fire safety, furniture production, wood dust.

Изготовление мебели в России занимает значительную долю рыночной ниши, является существенной составляющей экономики. Изготовлением мебели занимаются как крупные заводы и фабрики, так и частные лица в индивидуальном порядке. Производство мебели в больших объемах несет в себе риски, связанные с пожарной безопасностью.

В нашей стране на сегодняшний день существует более 1 600 мебельных фабрик и заводов. Это крупные, средние и небольшие предприятия производящей промышленности. Каждое из них занимается изготовлением мебели для жилых, служебных, общественных помещений. Значительную долю составляет продукция для дома.

Сейчас при производстве мебели широко применяются разные виды материалов, в том числе металл, древесно-стружечная плита (ДСП), стекло, пластик, искусственный и натуральный камень, поливинилхлорид и другие пластики. Однако основным сырьем в этой промышленной сфере остается массив дерева. Мебель из деревянных и композитных (многокомпонентных) материалов составляют около 55 % всего рынка. Появляются и новые комбинированные материалы на основе дерева.

В связи с этим, можно отметить, что на производствах и площадях товарных складов как сами лесоматериалы, готовая мебельная продукция, так остатки сырья – древесные щепы, стружка, опилки, пыль – формируют высочайшую пожарную нагрузку. Они могут гореть, тлеть от сторонних очагов возгорания, нагрева, например, в виде табачного изделия, отдающего остаточное тепло.

В производственных и складских зданиях в целом пожары происходят регулярно. Только за 2021-2022 годы случилось более 5,5 тысячи пожаров и ежегодно эта цифра растет.

На мебельных фабриках также происходят десятки пожаров, из-за которых страдает производство и люди, а бизнес теряет деньги и репутацию. Вот только несколько случаев за последние пару лет. В Московской области сгорел ангар, где изготавливали мебель. Выгорело 2 000 кв. м. Во Всеволожском районе Ленинградской области сгорела мебельная фабрика. Площадь пожара составила 900 кв. м. Мебельное предприятие, которое располагалось на территории электромеханического завода в Санкт-Петербурге из-за пожара на 1200 кв. м. потеряло 30 млн рублей. В Екатеринбурге

14 октября 2022 года произошло возгорание на мебельном складе, пожар охватил более 4 000 кв. м, рухнула крыша. В том же городе полугодом ранее сгорели материалы для производства кухонной мебели и бытовая техника. Одно из самых трагичных происшествий произошло на мебельной фабрике в Ижевске, в огне погибли три человека.

Пожары при производстве мебели происходят по разным причинам, однако в подавляющем большинстве – это нарушение правил пожарной безопасности при производстве. В этот список входит и нарушение правил эксплуатации мебельного оборудования, например, использование электроинструмента в поврежденной изоляцией кабеля или перегрузка электродвигателя станка; применение кустарного оборудования; нарушение хранения и использования горючих жидкостей, лаков, красок; курение в цехе или на складе; использование открытого огня вблизи быстро воспламеняющихся материалов. Например, пожар в Ижевске произошел из-за того, что работники проводили сварочные работы рядом со стопками поролона.

Для изготовления всех видов мебели, за исключением стульев и кресел, используется ламинированные древесно-стружечные плиты (ЛДСП). Эти плиты по выходу при раскрое на детали составляют до 95 %.

Ламинированные древесно-стружечные плиты состоят из нескольких слоев: декоративный слой, мелкофракционные прессованные древесные частицы и крупно фракционные прессованные древесные частицы. Древесные частицы содержат около 70 % углеводов (целлюлоза и гемицеллюлоза) и 27 % лигнина. Баланс химических веществ: 50 % углерод, 6 % водород, 44 % кислород и около 0,1 % азот. При температуре 250 °С происходит пиролиз древесины с выделением таких газов, как окись углерода, метана, водорода, углекислого газа. Образующаяся газовая смесь способна к самовоспламенению от источника зажигания. Также при работе с ламинированной древесно-стружечной плитой выделяется древесная пыль, которая способна образовывать в смеси с воздухом взрывоопасные смеси. Древесная пыль имеет температуру вспышки 430 °С и температуру самовоспламенения 775 °С. Источником пожара и взрыва может быть случайная искра, а также заряд статического электричества, образующийся при трении движущихся частиц. Минимальная энергия воспламенения древесной пыли равна 11,5 мДж.

Анализ статистических данных и проведенный обзор позволяют утверждать, что обеспечение мер противопожарной защиты представляет собой критически важный аспект производственной деятельности. Исследовав основные факторы возникновения возгораний на предприятиях, занимающихся изготовлением и сборкой корпусной мебели, представляется возможным заключить, что наиболее целесообразное направление дальнейших действий заключается в совершенствовании методик и технологий пожарной безопасности применительно к объектам мебельной промышленности.

Современные подходы к повышению огнестойкости деревянной продукции основаны на применении специальных химических веществ и композитов, способных минимизировать способность материала поддерживать процесс горения. Наиболее распространенными способами являются следующие:

Огнезащитные покрытия. Огнезащитные покрытия представляют собой лакокрасочные материалы, содержащие антипирены — вещества, замедляющие скорость распространения пламени и снижающие температуру поверхности. К таким веществам относятся фосфаты аммония, бораты натрия, карбонаты кальция и магния. Они действуют следующим образом:

- снижают выделение горючих газов;
- образуют слой изолирующего углерода на поверхности древесины;
- препятствуют образованию искр и открытого пламени.

Эффективность таких покрытий определяется толщиной слоя, равномерностью распределения и химическими свойствами используемых компонентов. Применение огнезащитных красок позволяет существенно увеличить предел огнестойкости изделий, однако важно учитывать возможные изменения эстетического вида и ухудшение физико-механических свойств обработанной древесины.

Кроме того, выбор оптимального состава защитного покрытия зависит от типа обрабатываемого материала и особенностей производственного процесса. Например, фанера требует иного подхода к обработке, нежели массив древесины твердых пород.

Более эффективным методом защиты считается глубокое проникновение антипиренов внутрь структуры древесины. Для этого используются специальные составы, способные глубоко проникнуть в поры материала и создать защитный барьер против воздействия высоких температур. Среди популярных растворов выделяются водорастворимые соли борной кислоты, сульфата аммония и солей кремния.

При нанесении пропиточных растворов важным фактором является влажность древесины. Чем ниже уровень влажности, тем глубже проникают защитные компоненты, обеспечивая большую степень защиты. Такой метод подходит для крупных деталей и элементов конструкций, нуждающихся в повышенной устойчивости к огню.

Одним из инновационных решений, предлагаемых для применения на фабрике мебели «Миларум», это капельно-струйное смазывание лезвия пилы специальным огнезащитным составом. Этот способ сочетает преимущества обоих предыдущих подходов: защищает поверхность детали, одновременно уменьшая образование древесной пыли и предотвращая перегрев режущих инструментов.

Применение подобной технологии позволяет обеспечить следующие положительные эффекты:

- снижение риска самовозгорания пылевых отложений;
- уменьшение износа режущего инструмента;

- повышение производительности обработки за счет уменьшения количества остановок на очистку оборудования от опилок и пыли.

Процесс реализации метода осуществляется следующим образом:

1. Подготовка специального раствора огнезащитного состава, подходящего для смазки и безопасного контакта с инструментом.

2. Установка системы подачи жидкости вблизи места резки.

3. Регулировка скорости подачи раствора для достижения оптимальной толщины покрытия.

4. Контроль качества нанесения путем визуального осмотра обработанных деталей и анализа состояния оборудования.

Использование подобного метода эффективно снижает вероятность появления очагов пожара и улучшает санитарно-гигиенические условия на производстве.

Еще одной мерой, направленной на повышение уровня безопасности рабочих мест и улучшение экологичности производства, является вынос части цехов, связанных с механической обработкой древесины, на улицу. Данная мера имеет ряд преимуществ:

- уменьшение концентрации пыли внутри закрытых помещений;
- улучшение естественного освещения рабочего пространства;
- создание комфортных условий для работников за счет постоянного притока свежего воздуха;
- упрощение уборки территории и поддержание чистоты на рабочем месте.

Организация такого переноса предполагает тщательную подготовку и учет ряда факторов:

- обеспечение достаточной площади для размещения необходимого оборудования;
- защита техники от атмосферных осадков и неблагоприятных погодных условий;
- соблюдение норм санитарии и гигиены на открытом пространстве;
- контроль над уровнем шума и вибраций, создаваемых оборудованием.

Опыт зарубежных производителей показывает успешность внедрения подобных мероприятий. Например, некоторые европейские производители применяют мобильные производственные линии, размещенные вне зданий, что позволяет сократить затраты на вентиляционные системы и отопление.

Однако решение о таком переносе должно приниматься взвешенно, учитывая климатические особенности региона расположения завода, наличие свободных площадей и необходимость адаптации существующего оборудования к новым условиям эксплуатации.

Таким образом, реализация комплексного подхода к обеспечению пожарной безопасности на предприятии включает применение инновационных технологий обработки древесины, использование эффективных огнезащитных составов и оптимизацию производственной инфраструктуры.

Проведенный анализ существующих способов повышения уровня пожарной безопасности показал высокую значимость использования инновационных технологий и передовых решений для минимизации рисков возгорания и улучшения санитарно-гигиенических условий труда на предприятии.

Предложенная технология капельного нанесения огнезащитных составов на режущие инструменты позволит существенно уменьшить концентрацию древесной пыли в рабочей зоне, снизить износ оборудования и повысить производительность труда.

Дополнительное преимущество — это возможность организации открытых цехов, обеспечивающих лучшие условия труда и минимальное воздействие вредных факторов на здоровье персонала.

Реализация предложенных мероприятий позволит предприятию «Миларум» соответствовать современным требованиям промышленной безопасности и экологии, повысить конкурентоспособность продукции и привлечь дополнительные инвестиции в развитие фабрики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев М.В., Волков О.М., Шатров Н.Ф. Пожарная профилактика технологических процессов производств. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1986;
2. Шварцман Г.М. Производство древесно-стружечных плит. – М.: Лесная промышленность, 1977;
3. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. – М.: Химия, 1986.
4. Современные огнезащитные покрытия древесины: свойства и область применения / Ю.В. Горшков, Е.Н. Ивановская // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8, № 2. – С. 154–162.
5. Новые тенденции в области защиты древесины от огня / В.П. Кузнецов, Н.Г. Сидорова // Строительство и архитектура. – 2019. – № 3. – С. 123–130.
6. Экологические аспекты выбора огнезащитных средств для древесины / О.С. Петров, С.М. Сергеев // Деревообработка: наука и производство. – 2020. – № 1. – С. 45–53.
7. Эффективность глубоких пропиток древесины антипиренами / А.Е. Ильин, Р.Р. Хакимов // Строительные материалы. – 2021. – № 2. – С. 78–85.
8. Проблемы и перспективы развития современной деревообработки / В.Л. Морозов, А.Ю. Киселев // Инновационное развитие промышленности России. – 2022. – № 1. – С. 115–122.

УДК 614.841

Е. Н. Бойкова, А. Г. Азовцев, С. Н. Наконечный

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ ЗА 2014-2024 ГГ.

В работе представлен анализ статистики пожаров в зданиях повышенной этажности (этажностью от 10 до 25 этажей) за 10 лет (с 2014 по 2024 гг.). Приведены данные о количестве пожаров и погибших при пожарах в зданиях повышенной этажности по годам.

Ключевые слова: пожарная опасность, анализ пожаров, здания повышенной этажности

E. N. Boykova, A. G. Azovtsev, S. N. Nakonechnyy

ANALYSIS OF FIRE STATISTICS IN BUILDINGS WITH A HEIGHT OF 10-25 FLOORS FOR 2014-2024

The paper presents an analysis of the statistics of fires in high-rise buildings (with a number of floors from 10 to 25 floors) for 10 years (from 2014 to 2024). Data on the number of fires and deaths in fires in high-rise buildings by year are presented.

Keywords: fire danger, fire analysis, high-rise buildings

Обеспечение пожарной безопасности в зданиях повышенной этажности (далее – ЗПЭ) является важной задачей, т.к. в таких зданиях сосредоточено большое количество людей, сами здания имеют протяженные вертикальные пути эвакуации, блокирование которых опасными факторами пожара могут привести к плачевным последствиям.

В феврале 2023 года в Москве произошел пожар в 17-ти этажном здании гостиницы и бывшего общежития, переведенного в жилой фонд. Пожар начался на 5 этаже, сгорело 6 квартир, погибло 7 человек, включая двух детей. Анализ статистики пожаров в ЗПЭ является важным шагом к началу обеспечения пожарной безопасности на данных объектах и используется в ряде работ для выяснения причин и моментов, на которые стоит обратить внимание [1, 5].

Для анализа пожаров в ЗПЭ (этажностью от 10 до 25 этажей) и их последствий использовалась статистика ВНИИПО МЧС России [2-4]. Общее количество пожаров в ЗПЭ в период с 2014 по 2024 гг. составило 46262 пожара. Распределение количества пожаров в ЗПЭ по годам представлено на рис. 1.

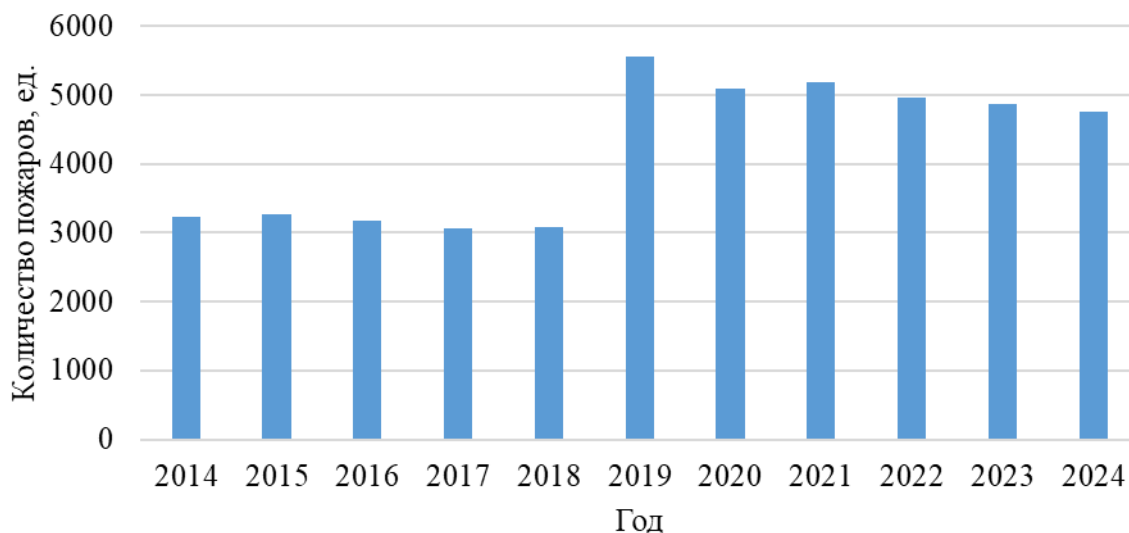


Рис. 1. Распределение количества пожаров в ЗПЭ по годам

Среднее число пожаров за 10 лет составило 4205,6 пожара в год, однако здесь необходимо учитывать и Порядок учета пожаров, где после 2018 года в статистику пожаров также были включены и загорания. Учитывая данное обстоятельство, в данном случае необходимо среднее значение считать в период с 2019 по 2024 гг., где среднее число пожаров составило 5072,5 пожара. На пожары в ЗПЭ приходится 1,28 % от общего количества пожаров.

Рассмотрим количество погибших на пожарах в ЗПЭ. Распределение количества погибших на пожарах в ЗПЭ по годам представлено на рис. 2.

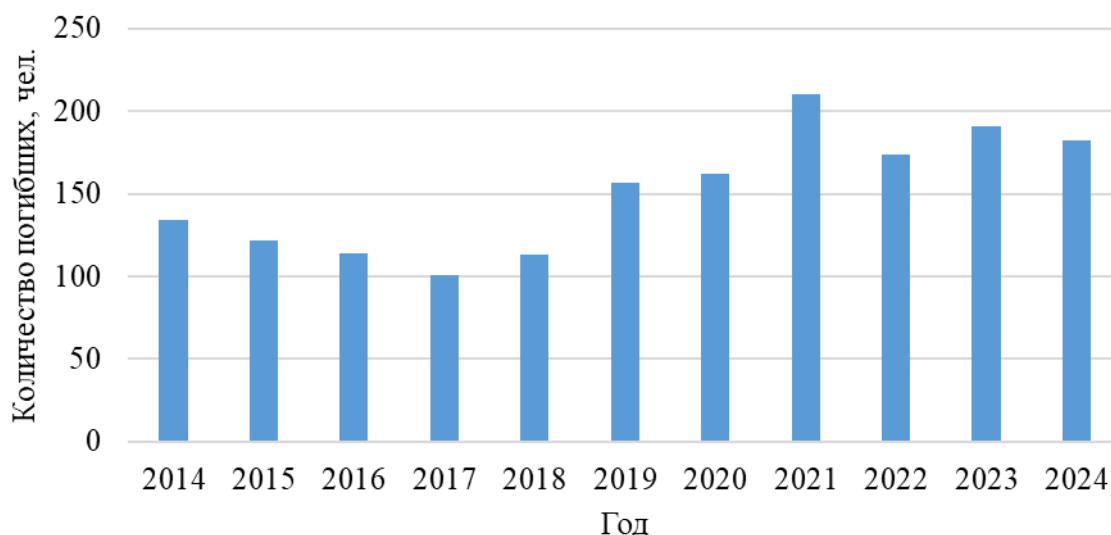


Рис. 2. Распределение количества погибших на пожарах в ЗПЭ по годам

Общее число погибших на пожаре за 10 лет составило 1660 человек. Среднее число погибших на пожаре составляет 150,9 человек в год. По процентному соотношению на пожары в ЗПЭ приходится 1,86 % погибших от общего числа погибших.

В статистике также имеются отдельные данные по пожарам в ЗПЭ, относящихся к жилому сектору. При сравнении частоты гибели людей при всех пожарах в ЗПЭ и при пожарах в ЗПЭ в жилом секторе представляется следующий график (рис. 3).

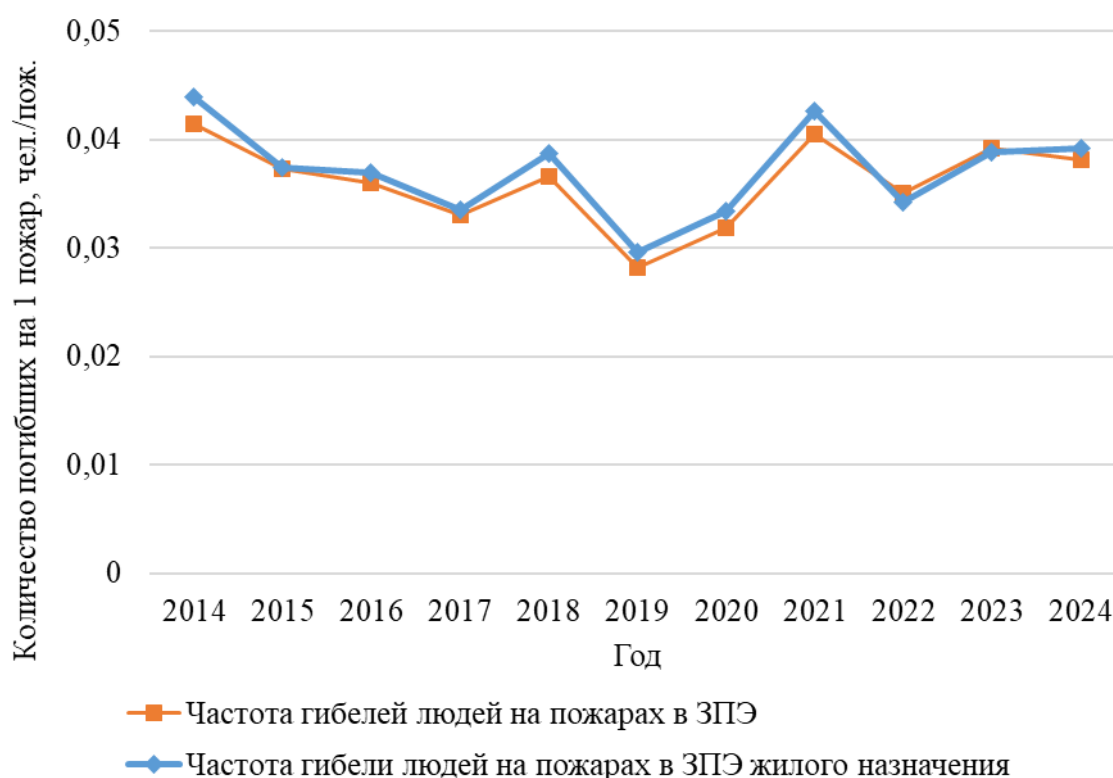


Рис. 3. Распределение частоты гибели людей при всех пожарах в ЗПЭ и при пожарах в ЗПЭ в жилом секторе по годам

Среднее значение частоты гибели людей при всех пожарах в ЗПЭ за 10 лет – 0,037 человек на 1 пожар, при пожарах в ЗПЭ в жилом секторе – 0,036 человек на 1 пожар. 97 % погибших в ЗПЭ относится к пожарам в жилом секторе, что говорит о том, что в основное внимание по обеспечению пожарной безопасности необходимо уделять в ЗПЭ жилого сектора.

Приведенная статистика показывает общую картину с пожарами и последствиями от них в ЗПЭ. Необходимо обратить внимание на ЗПЭ, относящиеся к жилому сектору, ведь на пожары в них приходится большая часть погибших (97 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаева, Е. А. Обучение основам пожарной безопасности жителей жилых домов повышенной этажности / Е. А. Исаева, В. И. Попов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2018. – Т. 1. – С. 239-242. – EDN VUNITG.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2024 г. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025. 112 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2020, - 80 с.: ил. 30.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. - М.: ВНИИПО, 2016, - 124 с.: ил. 40.
5. Рустамов, Ш. Д. Анализ статистики пожаров в общеобразовательных учреждениях / Ш. Д. Рустамов, А. Г. Азовцев // 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. 362-365. – EDN OQFZJX.

УДК 004.772

В. Е. Бондаренко, И. В. Колупанов, А. А. Махова, М. С. Росоха, К. И. Андреева

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Исследуется возможность разработки и реализации системы раннего оповещения о лесных пожарах на базе специализированной ad-hoc-сети. В результате анализа существующих систем информирования была предложена архитектура программного комплекса, состоящего из трех взаимосвязанных компонентов: шлюза для обработки данных, модулей рассылки уведомлений по электронной почте и через мессенджер Telegram. Ожидаемый результат внедрения комплекса — быстрая доставка уведомлений о возникновении пожара, удобное подключение к сервису оповещения и повышение прозрачности процесса мониторинга за счет дублирования каналов связи. Проведенные интеграционные испытания на выделенном сервере подтвердили работоспособность предложенного решения и его стабильность.

Ключевые слова: оперативное оповещение о пожарах, WebSocket, SMTP, Telegram-бот, рассылка уведомлений о пожарах.

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

ON THE RESULTS OF A STUDY ON THE FEASIBILITY OF DEVELOPING SOFTWARE FOR REAL-TIME DATA TRANSMISSION

This study examines the challenge of developing and implementing efficient forest fire early warning systems, which are often associated with high costs and configuration complexities. An analysis of existing notification systems led to the proposal of a software suite architecture. The proposed complex consists of three integrated components: a data processing gateway and notification modules for dispatching alerts via email and the Telegram messenger. The implementation of this system is expected to result in the rapid delivery of fire alerts, streamlined user subscription to the service, and increased monitoring transparency through communication channel redundancy. Integration testing on a dedicated server confirmed the solution's operational functionality and stability.

Keywords: early warning system, WebSocket, SMTP, Telegram bot, notification.

Эффективное обнаружение пожара, обеспечиваемое современными энергоэффективными сетями [1], теряет практическую ценность без гарантированной доставки сигнала лицам, принимающим решения. Таким образом, критически важным элементом всей системы становится отказоустойчивый комплекс оперативного оповещения, который замыкает цепочку от датчика до оператора, обеспечивая быстрое получение уведомлений по нескольким каналам.

На практике многие существующие решения сложно адаптировать к условиям конкретной площадки, кроме того, они часто зависят от внешних сервисов и требуют сложного сопровождения. В результате время между событием и уведомлением увеличивается, что снижает вероятность своевременного реагирования. В данной работе предлагается микросервисная архитектура для приема данных на VDS-сервер и их дальнейшей передачи службам оповещения. В ее основе лежит библиотека *asynсio* для асинхронного программирования, которая позволяет создать распределенную очередь задач и обеспечивает высокую производительность сетевых взаимодействий [2]. Разработанные сервисы осуществляют отправку предупреждений о пожаре с минимальной задержкой через Telegram и электронную почту.

Требования к подсистеме оповещения:

- принимать события от камеры или приёмного узла по сети;
- формировать понятное сообщение в формате «дата/время, ID устройства, краткое описание, изображение при наличии»;
- отправлять уведомления через два канала: Email и Telegram;
- поддерживать список получателей и их каналов;
- сохранять устойчивость: при недоступности одного канала доставлять через второй.

Разрабатываемый комплекс, нацеленный на удовлетворение обозначенных выше требований, состоит из трёх модулей. Модуль Gateway.py отслеживает присланные на сервер подписанные ID фотографии с возгораниями, подготавливает текст и вложения и одновременно направляет их в два сервиса рассылки. Модуль smtp.py отправляет письма по SMTP [3]: сообщение в формате HTML и вложение изображения возгорания при наличии, необходимые параметры берутся из файла .env, содержащий пары ключ-значение всех переменных окружения. Модуль bot.py отправляет уведомления в Telegram [4, 5] — это подписанные фотографии, ведёт список пользователей и их предпочтений и обрабатывает простые команды подписки и отписки.

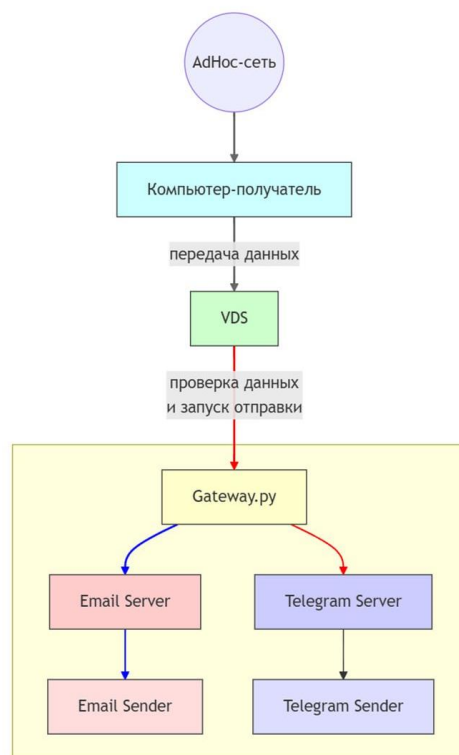


Рисунок. Схема передачи данных

Сценарий взаимодействия оператора состоит из следующих друг за другом этапов. Вначале система получает событие «пожар». Далее оператор получает уведомление в Telegram, на Email или в оба канала связи. Затем по снимку и краткому описанию принимается решение: подтвердить тревогу или пометить её ложным срабатыванием. При необходимости выполняется подписка или отписка от одного из каналов без вмешательства в работу сервера.

Сообщения оформляются по следующим шаблонам:

- в Email: тема — «Пожар», тело — краткий текст, содержащий ID устройства, описание, прикрепленное изображение;
- в Telegram: фото и подпись с основными полями, включающими в себя ID устройства и время получения уведомления.

Для обеспечения надежности и конфиденциальности передачи данных применяется фильтрация входящих подключений по списку доверенных IP-адресов, настроены таймауты сетевых операций и обработка ошибок. Уведомления направляются в два канала параллельно, при временных сбоях выполняются повторные попытки.

В табл. 1-2 приведены сопоставления различных каналов доставки уведомлений и технологий для взаимодействия сервисов

Таблица 1. Каналы доставки уведомлений (ключевые свойства)

Канал	Средняя задержка	Мультимедиа	Надёжность/доступность
E-mail (SMTP)	низкая–средняя	HTML + фото	высокая, обязательная регистрация, бесплатно
Telegram	низкая	фото + подпись	высокая, регистрация необязательна, бесплатно
SMS (альтернатива)	низкая	текст	высокая, обязательная регистрация отправителя, денежные затраты

Таблица 2. Технология для взаимодействия сервисов

Технология	Накладные расходы	Направление связи	Сложность внедрения
WebSocket	низкие	двунаправленное	низкая–средняя
HTTP/REST	средние	запрос-ответ	низкая

В ходе тестирования были проведены сквозные проверки «от камеры до адресата». На выделенном сервере были развернуты шлюз, для распределения информации о пожаре по микросервисам через протокол WebSocket [6, 7], а также Telegram и Email сервера, на которые приходят эти данные. Во всех сценариях уведомления были доставлены как минимум по одному каналу.

Таким образом, представленный программный комплекс минимизирует задержку оповещения и обеспечивает доставку по двум каналам. Дальнейшее развитие включает в себя разработку админ-панели для управления получателями, отчёты по доставке, создание БД учета компьютеров отправителей и их геолокации. Данная работа была выполнена в интересах государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2024-0073).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Penkin A. D., Kochetkov D. I., Nashchekin N. D., Posevin D. P., Ivanov I. P. On the Possibility of Creating Energy-Efficient Mesh Network to Prevent Forest Fires and Provide Video Surveillance of Hard-to-Reach Areas //2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE). – IEEE, 2025. – С. 1-6 DOI: 10.1109/REEPE63962.2025.10970996
2. Python Docs: asyncio — Asynchronous I/O. URL: <https://docs.python.org/3/library/asyncio.html>.
3. RFC 5321: Simple Mail Transfer Protocol. IETF, 2008. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc5321/>.
4. Python Docs: python-telegram-bot — Asynchronous interface for the Telegram Bot API. URL: <https://docs.python-telegram-bot.org/en/stable/>.

5. Семенов, Т. А. Создание бота для Telegram на Python / Т. А. Семенов // Промышленная революция 4.0: взгляд молодежи : Тезисы докладов Юбилейной 5-ой межрегиональной научной сессии молодых исследователей, Тула, 20–22 ноября 2023 года. – Тула: Тульский государственный университет, 2023. – С. 214-215.

6. RFC 6455: The WebSocket Protocol. IETF, 2011. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc6455/>.

7. Копылова, Я. А. Описание и преимущества протокола WebSocket / Я. А. Копылова, В. Е. Матвеев // Научный аспект. – 2024. – Т. 37, № 1. – С. 4771-4777.

УДК 614.841.332:624.014.2

А. В. Булгаков, В. И. Голованов, В. В. Булгаков, М. С. Лебедев
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА С ОГНЕЗАЩИТОЙ

В настоящей статье представлены результаты исследования огнестойкости профилированного настила с огнезащитой. Получены новые экспериментальные данные - первичная зависимость температура-время ($T-t$), экспериментально обоснованные значения коэффициента теплопроводности (λ) огнезащитного покрытия. Полученные данные служат основой для постановки и решения важных научных и прикладных задач, в частности, планируется дальнейшее исследование огнестойкости легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) с огнезащитой, создание и верификация конечно-элементной модели с глубокой численной параметризацией. Специалистами института продолжают исследования по обозначенным направлениям.

Ключевые слова: предел огнестойкости, огнезащитное покрытие, огнезащита профилированного листа, теплофизические исследования, стандартный температурный режим.

A. V. Bulgakov, V. I. Golovanov, V. V. Bulgakov, M. S. Lebedev

THERMOPHYSICAL STUDIES OF THE FIRE RESISTANCE OF PROFILED FLOORING WITH FIRE PROTECTION

This article presents the results of a study of the fire resistance of profiled flooring with fire protection. New experimental data have been obtained - the primary temperature-time relationship ($T-t$), experimentally substantiated values of the thermal conductivity coefficient (λ) of the flame retardant coating. The data obtained serve as the basis for setting and solving important scientific and applied problems, in particular, it is planned to further study the fire resistance of light steel thin-walled structures (LSTCS) with fire protection,

create and verify a finite element model with deep numerical parameterization. The Institute's specialists are continuing research in these areas.

Key words: fire resistance limit, flame retardant coating, fire protection of profiled sheet, thermophysical studies, standard temperature range.

В строительной практике на объектах общественного, промышленного и агропромышленного назначения широкое распространение получили неэксплуатируемые кровельные системы, смонтированные на основе профилированного стального настила.

Вместе с тем при проектировании, нередко возникает вопрос обеспечения требуемого предела огнестойкости таких систем для зданий и сооружений I степени огнестойкости.

В целях исследования огнестойкости и возможной разработки технических решений по огнезащите указанных выше систем, на испытательной базе ФГБУ ВНИИПО было проведено огневое испытание образца настила покрытия (кровельная система “МАКСИ ALL”, разработанная ООО “ПЕНОПЛЭКС СПб”) с нанесенным (по нижней, обогреваемой стороне) вспучивающимся огнезащитным покрытием ООО “РЕПРОЗА”.

Опытный образец представлял собой фрагмент многослойной конструкции с габаритными размерами 1520×900×174,2 мм, состоящий из оцинкованного, металлического профилированного листа марки СТ144-860-1,0 с толщиной металла 1 мм (марка проката по ГОСТ 14918-2020/ГОСТ Р 52246-2016 с пределом текучести 320 МПа), подложки из армированного цементно-перлитового листа “РУФБЭЙС (ROOFBASE)” ТУ 23.69.19-029-54349294-2022 толщиной 9 мм, теплоизоляционного слоя с использованием плит полистирольных вспененных экструзионных “ПЕНОПЛЭКС®”, изготавливаемых по ТУ 5767-006-54349294-2014 и ТУ 5767-006-56925804-2007, материала рулонного кровельного и гидроизоляционного полимерного толщиной от 1,2 мм до 2,0 мм марок: ПЛАСТФОИЛ (PLASTFOIL)® (CLASSIC/POLAR/ECO/LAY (ТУ 23.99.12.110-012-54349294-2016), Light (ТУ 23.99.12.110-013-54349294-2016), FL (ТУ 5774-005-54349294-2014), F Industry (ТУ 5774-007-54349294-2015). По нижней – обогреваемой стороне, наносилось вспучивающееся огнезащитное покрытие, толщиной в среднем 2 мм.

Схема конструктивного исполнения образца фрагмента конструкции настила покрытия представлена на рис. 1, а подготовленный к испытанию образец на рис. 2.

Испытание проводилось под воздействием постоянной равномерно-распределенной нагрузки на весь образец, равной 1955 кгс/м² без учета собственного веса образца. Нагружение опытного образца осуществлялось чугунными блоками в количестве 8 шт. весом 330 ± 0,5 кгс каждый, которые размещали равномерно по предварительно уложенному деревянному брусу.

Опытный образец устанавливался на огневую камеру установки для теплофизических исследований и испытаний на огнестойкость малогабаритных фрагментов плоских конструкций и отдельных узлов их стыковых сопряжений и креплений и имел двухстороннее опирание через стальные прогоны на раму испытательной установки, а рабочий пролет опытного образца составлял 1000 мм.

Температура в огневой камере печи измерялась печными термопарами, а на образце, термопарами типа ТПК, расположенными по нижнему поясу профилированного листа (низ волны), среднему поясу (середина стенки волны), верхнему поясу (верх волны), где одна термопара располагалась в центре, а остальные две – в середине прямой, соединяющих центр и углы проема печи.

Испытание проводилось в течении 30 мин огневого воздействия, создаваемого в огневой камере печи, по стандартному температурному режиму согласно [1]. Кривые изменения температур опытного образца настила покрытия представлены на рис. 3.

На полученной первичной зависимости температура-время $T-t$ (рис. 3) и по наблюдениям за испытанием на 30-й минуте в среднем поясе (наиболее уязвимом по огнестойкости) достигнута критическая температура 350 °С по упрощенной методике [2], однако потери несущей способности не зафиксировано, что подтверждает необходимость полного аналитического расчета критической температуры с учетом положений Приложения Е [2].



Рис. 1. Конструктивная схема опытного образца фрагмента конструкции настила покрытия системы “МАКСИ ALL” с вспучивающимся огнезащитным покрытием



Рис. 2. Опытный образец фрагмента конструкции настила покрытия системы “МАКСИ ALL” с нанесенным огнезащитным покрытием ООО “РЕПРОЗА” с обогреваемой стороны, подготовленный к огневому испытанию

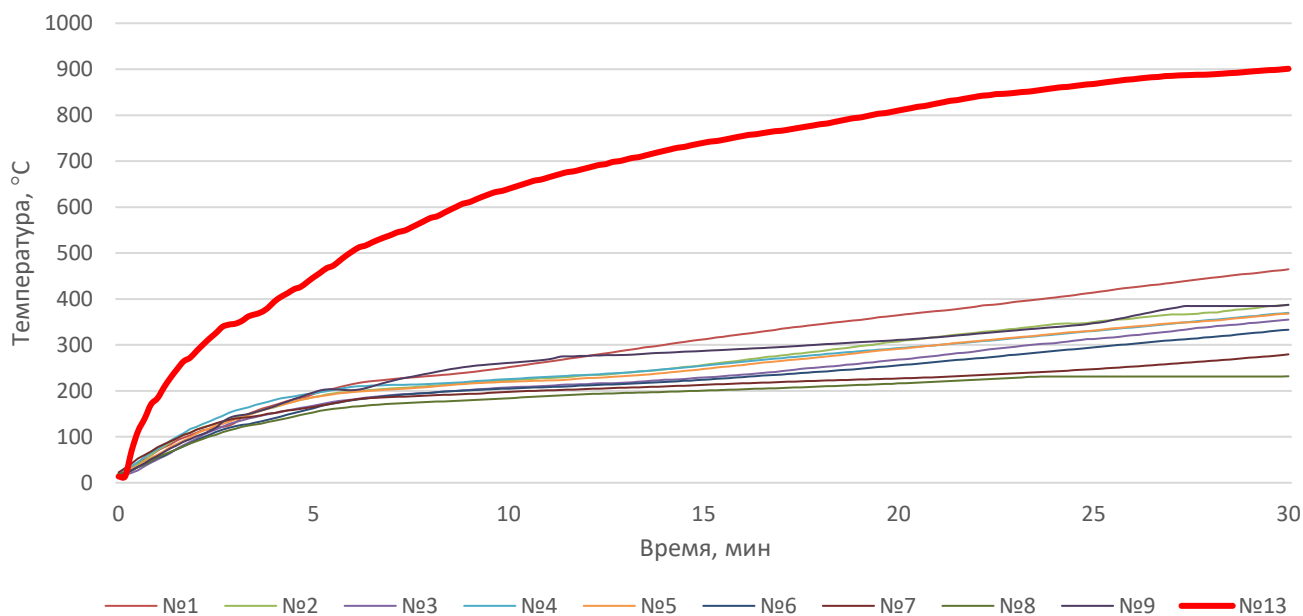


Рис. 3. График прогрева опытного образца настила покрытия (№ 1-3 – термопары, установленные по нижнему поясу волн профилированного листа, № 4-6 – по среднему поясу (на стенках), № 7-9 – по верхнему поясу, № 13 – средняя температура среды в огневой камере печи).

Скорость нагрева стальной конструкции оценивается, при пренебрежении теплоёмкостью огнезащитного покрытия, зависимостью теплофизических свойств покрытия от координаты и в приближении усредненного по толщине покрытия градиента температур следующим уравнением [3, 4]:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\lambda \cdot (T - T_s)}{d \cdot \rho_s \cdot c_s \cdot \delta_{пр}} \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности покрытия, Вт/(м·К); d – толщина покрытия в исходном состоянии, м; ρ_s – плотность стали, кг/м³; c_s – средняя удельная теплоёмкость стали, Дж/(кг·К); T – температура в печи, К; T_s – температура конструкции, К; t – время, с; $\delta_{пр}$ – приведенная толщина металла, м.

Используя экспериментальный график первичной зависимости T - t (рис. 3), и формулу скорости нагрева (1), получены экспериментально обоснованные значения коэффициента теплопроводности (λ) огнезащитного покрытия.

Полученные экспериментальные данные прогрева образца настила покрытия с вспучивающимся огнезащитным покрытием позволяют решить несколько важных научных и прикладных задач:

1. Количественная оценка эффективности огнезащитного покрытия при сравнении полученных данных с результатами ранее испытанного незащищенного профилированного листа (валидация). Для определения фактического предела огнестойкости конструкции профилированного настила с огнезащитой, необходимы дополнительные исследования по [5];

2. Исследование огнестойкости ЛСТК (легких стальных тонкостенных конструкций) с огнезащитой и их поведение под нагрузкой;

3. Совершенствование методик расчета огнестойкости ЛСТК конструкций с огнезащитой;

4. Создание и верификация конечно-элементной модели с глубокой численной параметризацией. Полученная модель позволит в будущем экономить ресурсы, прогнозировать предел огнестойкости аналогичных конструкции с огнезащитным покрытием без проведения новых огневых испытаний.

Научные исследования по указанным выше направлениям ведутся специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Полученные результаты представляют значительный интерес для профессионального сообщества и могут быть использованы в качестве основы для дальнейших исследований и разработок в области обеспечения огнестойкости строительных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования»;
2. EN 1993-1-2:2005+AC 2005 (E) Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-2: General rules. Structural fire design;
3. Голиков, А. Д. Оценка пределов огнестойкости металлических строительных конструкций со вспучивающимися огнезащитными покрытиями / А. Д. Голиков, Е. Ю. Черкасов // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. – 2017. – № 2. – С. 14-21. – EDN XNAVКХ.
4. Тепломассообмен в тепло- и огнезащите с учётом процессов термического разложения, испарения-конденсации, уноса массы и вспучивания-усадки / В.Л. Страхов [и др.] // Математическое моделирование. 2000. Т. 12. № 5.
5. ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

УДК 614.841

А. А. Варламкин, Г. В. Боков, Г. И. Смелков, И. А. Сорокина

Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России

ВОПРОС ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

Значительное количество пожаров происходит из-за электрических причин в элементах системы электроснабжения жилых и общественных зданий.

Предлагается в качестве условия пожарной безопасности системы электроснабжения зданий принять вероятность возникновения пожара не более $1 \cdot 10^{-6}$, допуская, что одновременное загорание двух элементов электрооборудования маловероятно.

Ключевые слова: пожарная безопасность, электрооборудование, электрические изделия, устройства защитного отключения.

A. A. Varlamkin, G. V. Bokov, G. I. Smelkov, I. A. Sorokina

FIRE SAFETY OF BUILDING ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS

A significant number of fires occur due to electrical causes in the power supply system of residential and public buildings.

It is proposed that the probability of a fire occurring in the power supply system of buildings should not exceed $1 \cdot 10^{-6}$, assuming that it is unlikely for two electrical components to catch fire simultaneously.

Key words: fire safety, electrical equipment, electrical products, and protective switching devices.

Значительное количество пожаров возникает от электрооборудования систем электроснабжения зданий, особенно жилых и общественных. В 2024 году на электрические изделия приходилось около 40% пожаров.

Методы, направленные на обеспечение пожарной безопасности элементов электрооборудования, в основном реализуются на стадии производства электрических изделий, предназначенных для монтажа систем электроснабжения зданий. К ним следует отнести ГОСТы на продукцию. При этом также ряд вопросов по пожарной безопасности решается путем реализации требований отдельных сводов правил [1] при проектировании электрической части проектов зданий. Но стремительное развитие электротехники, возрастающий процесс электрификации, автоматизации и информатизации приводит к росту количества пожароопасных проявлений в системах электроснабжения зданий.

В систему электроснабжения зданий входят: источник электроэнергии (силовой трансформатор напряжения), питающие линии (кабели и провода, прокладываемые одиночно и группами), соответствующие устройства защитного отключения (УЗО) и нагрузка (электрические приборы и оборудование).

В настоящее время вопросы пожарной безопасности электроустановок регулируются стандартами, Правилами противопожарного режима, сводами правил.

Нагрузка в системе электроснабжения зданий представляет собой, как правило, совокупность электрических изделий, пожарная безопасность которых обеспечивается в процессе производства путем выполнения требований соответствующих стандартов на конкретную продукцию. То же относится к трансформаторам, кабелям и проводам на стадии их производства.

Но только конструктивных мер недостаточно для обеспечения пожарной безопасности отдельных элементов электрооборудования. Поэтому в процессе проектирования и монтажа электроустановок должны применяться пожарно-профилактические меры, цель которых направлена на обеспечение требуемой по ГОСТ 12.1.004-91 [2] вероятности возникновения пожара. Положения данного стандарта относятся к единичному электроизделию, что является неопределенностью для совокупности изделий, объединенных электрической схемой и питающейся электроэнергией разного уровня напряжений. При этом существенное влияние на пожарную безопасность будет оказывать наличие и правильный выбор вида УЗО и его характеристик с учетом селективности их срабатывания при возникновении в сети характерных пожароопасных режимов и других конструктивных мер в рамках объекта защиты.

Распространяя свое действие на отдельные электроизделия, стандарт [2] допускает, что пожар может возникнуть только от одного изделия, для которого осуществляется оценка. Но в реальных условиях в схеме будет не менее двух и более электрических изделий, которые могут загореться по отдельности или одновременно. Тогда для системы электроснабжения должно быть установлено следующее условие пожарной безопасности:

$$Q_{\text{нэс}} = 1 - \prod_i^k (1 - Q_{\text{ни}}) \leq 1 \cdot 10^{-6},$$

где $Q_{\text{нэс}}$ – вероятность возникновения пожара от системы электроснабжения объекта;

k – количество элементов электрооборудования в системе электроснабжения;

$Q_{\text{ни}}$ – вероятность возникновения пожара от i -ого элемента системы.

Из формулы следует, что воздействуя на отдельное электрооборудование (с целью снижения $Q_{\text{ни}}$) может быть обеспечена пожарная безопасность всей системы электроснабжения здания.

В зависимости от схемно-конструктивных особенностей i -ого элемента и его положения в системе оценивается необходимость противопожарных мер, обеспечивающих исключение появления загорания, выброса зажигающих частиц и распространения горения. Этому способствует высокая надежность электрических изделий, УЗО и огнезащитных материалов, используемых в электротехнике.

При этом следует отметить, что одновременное появление загорания двух элементов электрооборудования в системе электроснабжения здания маловероятно. Тогда условием пожарной безопасности системы электроснабжения здания можно считать выполнение требования п. 1.7 стандарта [2]. То есть вероятность загорания в системе электроснабжения не должна превышать значения, установленного для единичного электроизделия и для их совокупности, образующей электрическую часть проекта здания. Следовательно, за условие пожарной безопасности всей системы электроснабжения здания может быть принято следующее: $Q_{\text{нб}} \leq 1 \cdot 10^{-6}$ в год, т.е. аналогично установленному для отдельного электрического изделия при его производстве в соответствии с [2].

Вывод. В целом для системы электроснабжения здания необходимо обеспечить вероятность возникновения пожара от электрооборудования не более $1 \cdot 10^{-6}$. Так как пожар может возникнуть от одиночного электроизделия системы, то это событие (в совокупности, способствующей возникновению пожара и от других электрических изделий) будет не выше регламентируемого стандартом. Можно допустить, что события, способствующие возникновению пожара независимы и их совместное появление маловероятно.

Схемно-конструктивные решения при проектировании системы электроснабжения зданий с учетом противопожарных мер по отдельным ее элементам позволит обеспечить условие пожарной безопасности и допустимый уровень в части вероятности возникновения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 6.13130.2021. Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> – (дата обращения: 06.10.2025);
2. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> – (дата обращения: 06.10.2025).

УДК 614.841.3

А. А. Варламкин, И. Р. Хасанов
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЗАЩИТЫ

Проведена оценка пожарной опасности кабельных изделий и рассмотрены мероприятия по ограничению распространения горения путем применения огнезащитных кабельных покрытий. Предложено совершенствование методов определения огнезащитной эффективности средств огнезащиты кабелей с дальнейшим внедрением в нормативные документы.

Ключевые слова: кабели, огнезащитные покрытия, пожарная опасность, методы оценки огнезащиты.

A. A. Varlamkin, I. R. Khasanov

THE USE OF FLAME-RETARDANT COATINGS FOR CABLE PRODUCTS AT PROTECTION FACILITIES

An assessment of the fire hazard of cable products has been carried out and measures to limit the spread of fire through the use of flame-retardant cable coatings have been considered. It is proposed to improve methods for determining the fire-retardant effectiveness of cable fire protection products with further implementation in regulatory documents.

Key words: cables, fire-resistant coatings, fire hazard, fire protection assessment methods.

Развитие современной промышленности невозможно без высокого уровня потребления электрической энергии, ее распределения и управления между функционирующими электроустановками. Основным способом передачи электрической энергии на промышленных предприятиях являются кабельные линии на напряжение свыше 1 кВ и электропроводки на напряжение 1 кВ. Необходимо отметить, что наряду с кабелями в настоящее время активно используются шинопроводные линии на напряжения до 1 кВ, включительно, различных исполнений и тоководы на напряжения свыше 1 кВ [1].

Пожарная опасность кабелей и проводов обусловлена, главным образом, применением в качестве их изоляций различных горючих материалов. Источниками воспламенения таких материалов могут быть электрические искры, дуги, короткое замыкание проводов и кабелей [2].

Основным способом прокладки для кабелей являются кабельные сооружения - кабельные этажи, туннели, галереи, эстакады и шахты. Согласно требованиям [3] кабельные сооружения должны быть отделены от других помещений и соседних кабельных сооружений несгораемыми перегородками и перекрытиями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Такими же перегородками протяженные туннели должны разделяться на отсеки длиной не более 150 м при наличии силовых и контрольных кабелей и не более 100 м при наличии маслонаполненных кабелей.

В 2025 году планируется вступление в действие новой редакции свода правил СП 6.13130 «Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности» [4]. Так, при применении двухуровневой прокладки кабелей в соответствии с требованиями [5] в кабельных тоннелях должны выполняться мероприятия по ограничению распространения горения путем применения огнезащитных кабельных покрытий [6] и противопожарных перегородок с пределом огнестойкости не менее EI 45 с выполненными в них кабельными проходками, состоящих из материалов группы горючести не ниже Г2 через каждые 150 м.

В новой редакции свода правил [4] предусматривается также Приложение Г «Области применения кабельных изделий с учетом их типа исполнения», в котором указывается на применение огнезащитных кабельных покрытий в случае превышения объема горючей массы кабелей соответствующей категории.

Особенностью огнезащитных кабельных покрытий является их способность к многократному вспучиванию при различных температурах в зависимости от рецептуры конкретной торговой марки, а также ограничение распространения горения по кабелям путем создания негорючего слоя на поверхности полимерных материалов оболочек кабелей [7].

Огнезащитные кабельные покрытия требуют глубокой проработки как со стороны разработчиков конкретных рецептур, так и организаций, занятых разработкой нормативно-технической документации. Следует отметить, что

при применении огнезащитного кабельного покрытия происходит фактическое изменение конструкции кабеля, которую необходимо рассматривать как единое целое. Кроме того, происходит снижение пропускной способности кабеля вследствие создания дополнительного теплового барьера, что обуславливается фактическим изменением конструкции кабеля.

В связи с этим, необходима работа по совершенствованию методов определения огнезащитной эффективности средств огнезащиты кабелей с дальнейшим внедрением в нормативные документы.

В первую очередь, требуется разработка следующих методов:

контроль адгезивных свойств при проведении оценки соответствия продукции требованиям пожарной безопасности;

контроль состояния и эффективности огнезащитных кабельных покрытий при длительной эксплуатации, но в пределах их срока службы;

оценка соответствия огнезащитного кабельного покрытия в условиях предварительного нагрева конструкции кабелей протекающим током нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смелков Г.И., Пехотиков В.А., Рябиков А.И. Проблемы обеспечения пожарной безопасности кабельных потоков // Кабели и провода, 2005. № 2. С. 8-14.
2. Григорьева М.М., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Оценка пожарной опасности режимов электрической перегрузки кабельных линий // Пожаровзрывобезопасность, 2010. № 9. С. 9-13.
3. ПУЭ. Правила устройства электроустановок, издание 7. – М.: Минэнерго России, 2024. - 330 с.
4. СП 6.13130.2021 «Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности». - М.: Стандартинформ, 2021. - 29 с.
5. ГОСТ Р 70345-2022 «Двухуровневая прокладка кабельных линий в кабельных сооружениях и производственных помещениях. Общие требования». М.: Российский институт стандартизации, 2022. - 36 с.
6. ГОСТ Р 53311-2009 «Покрытия кабельные огнезащитные. Методы определения огнезащитной эффективности» - М.: Стандартинформ, 2009. - 9 с.
7. Хасанов И.Р., Варламкин А.А. Эффективность огнезащитного кабельного покрытия в начальной стадии развития пожара // Проблемы экологии и экологической безопасности. Создание новых полимерных материалов: сб. материалов XI международной заочной научно-практической конференции – Минск: УГЗ, 2024. С. 71-72.

УДК 614.849

Н. С. Василевич, В. Б. Бубнов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ (3D-ПЕЧАТЬ): НОРМАТИВНЫЕ ПРОБЕЛЫ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В статье рассматриваются актуальные вопросы обеспечения пожарной безопасности при применении аддитивных технологий в строительстве, в частности методов 3D-печати зданий и сооружений. Анализируются особенности строительных материалов, используемых в аддитивном производстве, их структура и потенциальная пожарная опасность, обусловленная наличием полимерных добавок, внутренних пустот и слоистой конфигурации конструкций. Выявляются существенные пробелы в действующей нормативно-правовой базе Российской Федерации, которая пока не учитывает специфику 3D-печатных объектов при установлении требований к огнестойкости, горючести и методам испытаний. Предлагаются конкретные пути устранения нормативных пробелов, включая разработку специализированных стандартов, обязательную сертификацию составов строительных смесей, адаптацию методик огневых испытаний и внедрение конструктивных решений, повышающих пожарную безопасность на этапе проектирования. Работа подчёркивает необходимость системного подхода к регулированию данной сферы для обеспечения безопасного и устойчивого внедрения аддитивных технологий в отечественное строительство.

Ключевые слова: пожарная безопасность, аддитивные технологии, 3D-печать в строительстве, нормативные пробелы, огнестойкость, строительные материалы, слоистые конструкции, сертификация, техническое регулирование, пожарная опасность.

N. S. Vasilevich, V. B. Bubnov

FIRE SAFETY IN CONDITIONS OF APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION (3D PRINTING): REGULATORY GAPS AND WAYS TO ELIMINATE THEM

The article discusses current issues of fire safety in the application of additive technologies in construction, in particular 3D printing methods of buildings and structures. The features of building materials used in additive manufacturing, their structure and potential fire hazard due to the presence of polymer additives, internal voids and layered configuration of structures are analyzed. Significant gaps are being identified in the current regulatory framework of the Russian Federation, which so far does not take into account the specifics of 3D-printed objects when setting requirements for fire resistance, flammability,

and test methods. Specific ways of eliminating regulatory gaps are proposed, including the development of specialized standards, mandatory certification of building mixes, adaptation of fire testing methods and the introduction of constructive solutions that enhance fire safety at the design stage. The work highlights the need for a systematic approach to regulating this area to ensure the safe and sustainable implementation of additive technologies in domestic construction.

Keywords: fire safety, additive technologies, 3D printing in construction, regulatory gaps, fire resistance, building materials, layered structures, certification, technical regulation, fire hazard.

Современное строительство переживает период технологической трансформации, в центре которой оказались аддитивные технологии, или, как их чаще называют в профессиональной среде, 3D-печать. Эти технологии позволяют возводить здания и сооружения методом послойного нанесения строительных материалов по цифровой модели, что открывает новые горизонты в плане скорости, экономичности и архитектурной свободы. Однако вместе с внедрением инноваций возникают и новые риски, среди которых особое место занимает проблема обеспечения пожарной безопасности. Действующие нормативные документы, регулирующие требования к огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций, были разработаны для традиционных материалов и технологий, таких как кирпич, железобетон или сборные панели. Применение же 3D-печати, особенно с использованием нестандартных составов строительных смесей, полимерных добавок и слоистой структуры, ставит под сомнение адекватность существующих требований и обнажает существенные пробелы в нормативной базе [1, 2].

Аддитивное производство в строительстве предполагает использование специальных «строительных чернил», чаще всего на основе цементных или геополимерных вяжущих, в которые могут вводиться различные модификаторы — пластификаторы, фибра, полимерные добавки, а также наполнители для улучшения реологических свойств [3]. Эти добавки позволяют материалу сохранять форму при послойном нанесении, но одновременно могут снижать его огнестойкость. Например, полипропиленовая или базальтовая фибра, часто используемая для повышения прочности, при нагреве может выделять токсичные газы или способствовать распространению пламени по внутренним каналам конструкции. Кроме того, сама технология печати предполагает наличие внутренних пустот, которые формируются для снижения веса конструкции или улучшения теплоизоляции. Эти пустоты, однако, могут стать путями для конвективного распространения огня и дыма, что не учитывается в традиционных методиках испытаний на огнестойкость.

Особую озабоченность вызывает тот факт, что составы строительных смесей для 3D-печати зачастую являются коммерческой тайной компаний-разработчиков. Это затрудняет их сертификацию и делает невозможным объективную оценку пожарной опасности на стадии проектирования. В то

время как для традиционного бетона или кирпича существуют чёткие классификации по горючести, воспламеняемости и дымообразующей способности, для 3D-печатных материалов таких классификаций просто нет. Более того, слоистая структура, характерная для аддитивных конструкций, создаёт эффект «многослойного пирога», в котором каждый слой может иметь разные физико-химические свойства, а межслойные зазоры — выступать в роли каналов для проникновения огня [4]. Это требует разработки новых методик испытаний, учитывающих именно такую специфику, однако на сегодняшний день такие методики в российских стандартах отсутствуют [5, 6].

Анализ действующей нормативной базы, включая Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также своды правил СП 2.13130.2020 и СП 1.13130.2020, показывает, что ни один из этих документов не содержит прямых указаний на применение аддитивных технологий [3]. В них не определены допустимые пределы содержания полимерных добавок, не оговорены требования к плотности заполнения внутренних полостей, не прописаны особенности проектирования эвакуационных путей с учётом возможного поведения 3D-конструкций при пожаре [7]. Между тем, опыт зарубежных стран, таких как США, страны Европейского союза и Китай, свидетельствует о начале активной работы в этом направлении [9]. В Европе, например, разрабатывается стандарт EN 17452, который призван установить единые требования к пожарной безопасности 3D-печатных элементов зданий. В США Национальная ассоциация противопожарной защиты уже начала включать рекомендации по аддитивному строительству в NFPA 5000 [10]. В России же подобные инициативы находятся на начальной стадии, что создаёт правовой вакуум и увеличивает риски при массовом внедрении технологии.

Для устранения выявленных нормативных пробелов необходимо предпринять комплекс мер, направленных как на совершенствование законодательной базы, так и на практическое внедрение новых подходов к обеспечению пожарной безопасности. Прежде всего, следует разработать и утвердить специализированный свод правил или национальный стандарт, посвящённый исключительно вопросам пожарной безопасности объектов, возведённых с использованием аддитивных технологий. В таком документе должны быть чётко прописаны требования к составу строительных смесей, включая максимально допустимое содержание горючих компонентов, а также методики испытаний, адаптированные под слоистую структуру и наличие внутренних полостей [8]. Важно ввести обязательную декларацию состава всех применяемых материалов, чтобы проектировщики и надзорные органы имели возможность оценить потенциальную пожарную опасность ещё на стадии согласования проекта.

Не менее важным представляется внедрение конструктивных решений, направленных на повышение огнестойкости 3D-печатных конструкций уже на этапе их проектирования. Например, можно предусмотреть обязательное

заполнение внутренних пустот негорючими материалами, такими как перлит или вермикулит, или нанесение защитных штукатурных слоёв сразу после завершения печати. Также перспективным направлением является разработка строительных смесей с встроенными огнезащитными добавками, которые активируются при нагреве и препятствуют распространению огня. Параллельно с этим необходимо обеспечить подготовку специалистов — проектировщиков, строителей, экспертов по пожарной безопасности — которые будут понимать специфику аддитивных технологий и уметь оценивать связанные с ними риски. Создание открытого реестра сертифицированных 3D-материалов с указанием их пожарно-технических характеристик станет важным шагом к прозрачности и контролю в этой сфере.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение аддитивных технологий в строительстве несёт в себе не только огромный потенциал для развития отрасли, но и серьёзные вызовы в области обеспечения пожарной безопасности. Существующая нормативная база не успевает за темпами технологического прогресса и не учитывает специфику 3D-печатных конструкций, что создаёт условия для возникновения аварийных ситуаций. Для устранения этих пробелов требуется системный подход: разработка новых стандартов, обязательная сертификация материалов, адаптация методик испытаний, внедрение конструктивных решений и обучение специалистов. Только при условии комплексного решения этих задач можно будет говорить о безопасном и устойчивом развитии аддитивного строительства в России. Без своевременного нормативного регулирования существует риск, что первые крупные пожары в 3D-печатных зданиях станут не предупреждением, а трагическим итогом игнорирования очевидных угроз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 07.09.2025).
2. Постановление Правительства РФ от 23.12.2021 № 2418 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации „Цифровая экономика“» [Электронный ресурс]. – URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/d164211718.pdf> (дата обращения: 07.09.2025).
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 07.09.2025).
4. Свод правил СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» [Электронный ресурс]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=470366> (дата обращения: 07.09.2025).

5. Свод правил СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [Электронный ресурс]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=490905> (дата обращения: 07.09.2025).

6. ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» [Электронный ресурс]. – URL: <https://mikizol.ru/upload/products/documents/normativnaya-dokumentatsiya/gost-30244-94-materialy-stroitelnye-metody-ispytaniy-na-goryuchest.pdf> (дата обращения: 07.09.2025).

7. Panda B., Panda R., Paul S.C. Fire performance of 3D printed concrete walls with different infill patterns // Purdue University Fire Research Lab. – 2021. – [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/372448475_CONCEPTUALISING_THE_BEHAVIOUR_OF_3D_PRINTED_CONCRETE_STRUCTURES_IN_FIRE (дата обращения: 07.09.2025).

8. Самандасюк Глеб Витальевич, Слесарев Илья Александрович, Кожен Максим Сергеевич АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ // Глобус. 2020. №5 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnye-tehnologii-v-stroitelstve-1> (дата обращения: 21.09.2025).

9. NFPA 5000: Building Construction and Safety Code (2023 Edition). National Fire Protection Association. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.amazon.com/Building-Construction-Safety-Code-Handbook/dp/0877654832> (дата обращения: 07.09.2025).

10. Проект стандарта EN 17452 «Additive manufacturing — Fire safety requirements for construction elements» (CEN/TC 438). European Committee for Standardization. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/tc/cen/cd315955-c452-4de8-8970-7dda768fcad6/cen-tc-438> (дата обращения: 07.09.2025).

УДК 343.226.1

С. А. Воронин¹, А. С. Митрофанов²

¹ ГУ МЧС России по Нижегородской области

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УГОЛОВНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ПОВЛЕКШЕЕ УНИЧТОЖЕНИЕ ИЛИ ПОВРЕЖДЕНИЕ ИМУЩЕСТВА

В статье анализируются проблемные аспекты уголовной ответственности за преступления, связанные с нарушением требований пожарной безопасности. Рассматриваются вопросы систематизации составов преступлений в Уголовном кодексе РФ, дифференциации ответственности и актуальности порогов материального ущерба. На основе анализа правоприменительной практики и сравнительно-правового исследования предлагаются меры по совершенствованию уголовного законодательства.

Ключевые слова: пожарная безопасность, уголовная ответственность, Уголовный кодекс РФ, уничтожение имущества, поджог, общественная безопасность, материальный ущерб.

S. A. Voronin, A. S. Mitrofanov

PROBLEMS OF CRIMINAL LIABILITY FOR VIOLATION OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS RESULTING IN THE DESTRUCTION OR DAMAGE OF PROPERTY

The article analyzes problematic aspects of criminal liability for crimes related to violation of fire safety requirements. The issues of systematization of crimes in the Criminal Code of the Russian Federation, differentiation of responsibility and relevance of material damage thresholds are considered. Based on the analysis of law enforcement practice and comparative legal research, measures to improve criminal legislation are proposed.

Key words: fire safety, criminal liability, Criminal Code of the Russian Federation, destruction of property, arson, public safety, material damage.

Проблема обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации продолжает оставаться одной из наиболее острых в системе общественной безопасности. Согласно официальной статистике МЧС России, ежегодно в стране регистрируется порядка 350 тысяч пожаров, которые приводят к трагической гибели 8 тысяч человек и наносят материальный ущерб, превышающий 18 миллиардов рублей. За 12 месяцев 2024 года произошло 347 210 пожаров, на которых погибло 7 545 человек, в том числе 378 несовершеннолетних, получили травмы 8 372 человека. Зарегистрированный материальный ущерб составил 18,1 млрд. рублей (таблица) [1]. Причиной возникновения пожаров в 63,9 % случаев стало неосторожное обращение с огнем.

Таблица. Статистика пожаров за 2022–2024 годы

Год	Всего пожаров на территории РФ за год / ед.	Количество людей, погибших в результате пожаров / ед.	Прямой материальный ущерб от пожаров, млрд. руб.
2024	347 210	7 545	18,1
2023	360 940	7 825	19,8
2022	366 882	8 173	21,7

В процессе реализации уголовно-правовых норм, охраняющих общественные отношения в сфере пожарной безопасности, возникает ряд проблем и вопросов, что позволяет сделать вывод о необходимости их совершенствования. В своём исследовании мы затронули вопросы квалификации указанных преступлений, а также актуальность размера градации материального ущерба. В рамках подготовки научной статьи был

проведен комплексный анализ научной литературы и научных публикаций [2, 3, 4, 5].

Вызывает сомнение системное расположение соответствующих положений в структуре Уголовного кодекса РФ (далее – УК РФ) [6], а также имеются недостатки в их технико-юридической конструкции. Наиболее проблемными в этом отношении выделяются часть 2 статьи 167 УК РФ (в части ответственности за поджог, взрыв или иные общеопасные способы уничтожения имущества) и статья 168 УК РФ.

В российской уголовно-правовой доктрине систематизация норм в УК РФ основывается на иерархии объектов преступного посягательства: родовом, видовом и непосредственном. Применительно к анализируемым составам (ч. 2 ст. 167 и ст. 168 УК РФ), по нашему мнению, представляется обоснованным признавать в качестве непосредственного объекта не отношения против собственности, как это следует из текущего расположения норм в главе 21 УК РФ, а общественные отношения, обеспечивающие пожарную безопасность личности и общества, то есть саму общественную безопасность.

Изложенная позиция находит подтверждение в следующем. Общественная опасность деяния определяется не только его последствиями, но и способом совершения, который в данном случае приобретает первостепенное значение. Закрепленный в части 2 статьи 167 УК РФ поджог, как квалифицирующий признак, относится к категории общеопасных способов причинения вреда. Согласно сложившейся судебной практике под общеопасным способом понимается метод совершения преступления, который создает угрозу неопределенному кругу лиц, носит неконтролируемый характер, что характерно для преступлений против общественной безопасности. Ярким примером может служить уголовное дело № 1-15/2023 (2023 г.) Краснодарского краевого суда [7], где поджог дачного дома квалифицирован по части 2 статьи 167 УК РФ, хотя реальный ущерб был нанесен не только собственнику, но и соседним домам, что создало непосредственную угрозу для жизни находящихся в них людей.

Таким образом, повышенная опасность подобных деяний обусловлена именно способом их совершения, что объективно требует их выделения в отдельные составы преступлений против общественной безопасности, а не против собственности. Это подтверждается правовыми позициями Пленума Верховного Суда РФ, выраженными в постановлениях № 19 от 27.06.2019 и № 25 от 25.12.2019 [8, 9], где подчеркивается, что повышенная общественная опасность рассматриваемых деяний обусловлена именно созданием угрозы возникновения пожара.

В свою очередь, неосторожное обращение с огнем по статье 168 УК РФ по своей правовой природе также представляет особую общественную опасность, поскольку возникающий в результате пожар как форма неконтролируемого горения, неизбежно создает угрозу для неопределенного круга лиц. Хотя формально данная норма охватывает все виды неосторожного

обращения с источниками повышенной опасности, анализ правоприменительной практики однозначно свидетельствует, что подавляющее большинство уголовных дел возбуждается именно в связи с пожарами.

Помимо этого, рассматриваемые действия всегда представляют собой нарушение требований пожарной безопасности, что подтверждается системным анализом законодательства и правоприменительной практики. Действующие нормативные правовые акты и нормативные документы в области пожарной безопасности исчерпывающе регламентируют все возможные ситуации использования огня, практически исключая правомерное неосторожное обращение с ним.

Анализ положений части 2 статьи 167 и статьи 168 УК РФ также свидетельствует о нарушении принципа дифференциации ответственности.

В контексте часть 2 статьи 167 УК РФ обращает на себя внимание отсутствие градации санкций в зависимости от тяжести наступивших последствий. Норма устанавливает единое наказание в виде лишения свободы на срок до пяти лет как для случаев простого поджога имущества, так и для ситуаций, когда умышленные действия виновного лица повлекли за собой смерть потерпевшего по неосторожности. Подобный подход противоречит фундаментальному принципу уголовного права – соразмерности наказания тяжести совершенного деяния и его последствий. Более того, статья 168 УК РФ, регламентирующая ответственность за уничтожение или повреждение имущества по неосторожности, демонстрирует еще более существенный правовой пробел. Норма не предусматривает квалифицированного состава для случаев, когда нарушение правил пожарной безопасности приводит к человеческим жертвам. Данное обстоятельство представляется особенно требующим доработки, учитывая статистические данные, согласно которым порядка 70% таких пожаров сопровождаются гибелью людей, либо причинением вреда.

Фактически каждый случай квалификации по статье 168 УК РФ предполагает нарушение конкретных противопожарных норм - будь то непотушенный костер, курение на складе или эксплуатация неисправного электрооборудования. Таким образом, рассматриваемая статья по своей правовой природе является специальной нормой об ответственности за нарушения правил пожарной безопасности.

Сравнительно-правовой анализ показывает, что в большинстве развитых стран, в том числе Германии [10], Франции [11], Швейцария, аналогичные составы включены в разделы о преступлениях против общественной безопасности, что подтверждает необходимость реформирования российского законодательства.

В этой связи предлагается перенести уголовно-правовые нормы, предусматривающие ответственность за преступления, связанные с нарушением правил пожарной безопасности (ч. 2 ст. 167 и ст. 168 УК РФ), в главу 24 УК РФ («Преступления против общественной безопасности»),

разместив их после статьи 219 УК РФ, как специальные составы с соответствующей конкретизацией квалифицирующих признаков.

Такой подход позволит не только привести систему уголовно-правовых норм в соответствие с их фактическим содержанием и общественной опасностью, но и повысит эффективность правоприменения.

Во-первых, перенос указанных норм в главу 24 УК РФ будет отражать их истинную правовую природу, поскольку основной непосредственный объект этих преступлений – не собственность, а безопасность общества и личности от угрозы пожара. Это соответствует логике уголовного права, где систематизация норм строится на приоритете более значимого объекта защиты.

Во-вторых, подобное изменение позволит устранить существующую терминологическую и технико-юридическую путаницу. Например, в действующей редакции статьи 168 УК РФ используется формулировка «уничтожение или повреждение имущества по неосторожности», что не отражает специфику нарушения правил пожарной безопасности как основного содержания деяния. В новой редакции акцент должен быть смещен на нарушение установленных правил, что соответствует конструкции других специальных норм главы 24 УК РФ (например, ст. 219 «Нарушение требований пожарной безопасности»).

В-третьих, предлагаемое изменение упростит квалификацию подобных преступлений на практике. В настоящее время правоприменители сталкиваются с трудностями при разграничении составов ст. 167, 168 и 219 УК РФ, что нередко приводит к ошибкам. Объединение норм о пожарной безопасности в одном разделе создаст единообразный подход к их толкованию и применению. Кроме того, это позволит усилить профилактическую функцию уголовного закона. Размещение соответствующих норм в главе о преступлениях против общественной безопасности подчеркнет повышенную значимость соблюдения правил пожарной безопасности, что может способствовать снижению числа нарушений.

Следует затронуть также актуальность размера градации материального ущерба. В контексте современной экономической реальности установленные УК РФ критерии значительного и крупного ущерба требуют пересмотра, поскольку не отражают действительную стоимость возмещения вреда при пожарах и не учитывают инфляционные процессы. Согласно п. 4 примечания к ст. 158 УК РФ (в ред. Федерального закона от 12.06.2024 № 133-ФЗ), крупным ущербом признается стоимость уничтоженного или поврежденного в результате пожара имущества, превышающая 250 000 рублей. При этом преступление по ст. 168 УК РФ считается оконченным только при достижении этого порога.

Однако в условиях рыночной экономики и инфляции фиксированная сумма в 250 000 рублей теряет свою объективность. Подобный дисбаланс между реальным вредом и его уголовно-правовой оценкой существенно

снижает эффективность правового регулирования. Из-за роста цен один и тот же ущерб, нанесенный в разные периоды, оценивается по-разному.

По данным Региональных информационных бюллетеней «Ценообразование в строительстве» (ГБУ НО «Институт развития агломерации Нижегородской области») [12], индекс удорожания строительно-монтажных работ с 2018 по 2024 год вырос в 1,765 раза. Например, ремонтно-восстановительные работы после пожара, оцененные в 255 000 рублей в 2018 году, к 2024 году уже составляют 451 000 рублей. Официальная инфляция в России с 2014 по 2023 год составила в среднем 7,5% годовых, что привело к удорожанию рубля почти вдвое: 10 000 рублей в 2014 году $\approx$ 20 645 рублей в 2024 году.

Конституционные гарантии защиты прав потерпевших (ст. 46 и 52 Конституции РФ) [13] и гражданско-правовые механизмы возмещения вреда (ст. 12 ГК РФ) требуют адекватного отражения реальной стоимости восстановления нарушенных прав. В связи с этим предлагается провести индексацию порогов ущерба в примечании к ст. 158 УК РФ пропорционально индексу потребительских цен (за период с 2018 года - около 45 %) и росту стоимости строительно-восстановительных работ (77 % за тот же период) и установить механизм регулярной (ежегодной) корректировки указанных сумм на основе официальных статистических данных Росстата.

Повышение порога крупного ущерба, например, до одного миллиона рублей с одновременным введением механизма индексации позволит: адекватно учитывать реальную стоимость восстановления после пожаров; исключить необоснованную уголовную репрессию за незначительные правонарушения; обеспечить пропорциональность наказания фактически причиненному вреду.

Таким образом, на основе проведенного исследования предлагается следующая система изменений:

1. Перенести ч. 2 ст. 167 (в части поджога) и ст. 168 УК РФ в главу 24 УК РФ «Преступления против общественной безопасности».

2. Дополнить ст. 219 УК РФ новыми частями:

Статья 219¹. Умышленные действия, создающие угрозу причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в области пожарной безопасности.

1. Поджог, взрыв или иные умышленные действия, создавшие угрозу причинения вреда (ущерба) охраняемым законом ценностям в области пожарной безопасности... - штраф до 1 млн руб. или лишение свободы до 5 лет.

2. Те же деяния, повлекшие по неосторожности смерть человека... - до 10 лет лишения свободы.

Статья 219. Нарушение требований пожарной безопасности при неосторожном обращении с огнем или иным источником повышенной опасности.

1. Неосторожное обращение с огнем, повлекшее крупный ущерб... - до 3 лет лишения свободы.

2. То же, повлекшее смерть человека... - до 7 лет лишения свободы.

Совершенствование уголовно-правовых норм о пожарной безопасности требует комплексного подхода и пересмотра их места в системе УК РФ, а также уточнения юридико-технических формулировок. Это позволит обеспечить более эффективную защиту общественной безопасности и исключить проблемы правоприменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальная статистика МЧС России о пожарах за 2022, 2023, 2024 год. – URL: <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 15.05.2025).
2. Борзенков Г.Н. Преступления против собственности: уголовно-правовой анализ. – М.: Проспект, 2022.
3. Рарог А. И. Квалификация преступлений против общественной безопасности. – М.: Норма, 2020.
4. Иванов А.В. Проблемы уголовной ответственности за нарушение правил пожарной безопасности // Журнал российского права. – 2023. – № 5.
5. Петров С.К. Совершенствование норм об ответственности за поджог в УК РФ // Уголовное право. – 2022. – № 3.
6. Сидоров В.А. Индексация размера ущерба в уголовном праве: экономические и правовые аспекты // Законность. – 2024. – № 1.
7. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 21.04.2025) // Собрание законодательства РФ. – 1996. – № 25. – Ст. 2954.
- Приговор Краснодарского краевого суда от 15.03.2023 № 1-15/2023 // Архив Краснодарского краевого суда.
8. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 27.06.2019 № 19 «О судебной практике по делам о преступлениях против собственности» // Бюллетень Верховного Суда РФ. – 2019. – № 8.
9. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 25.12.2019 № 25 «О судебной практике по делам о преступлениях против общественной безопасности» // Бюллетень Верховного Суда РФ. – 2020. – № 2.
10. Уголовный кодекс Германии (Strafgesetzbuch – StGB) в ред. от 10.03.2024. – URL: <https://www.gesetze-im-internet.de> (дата обращения: 15.05.2025).
11. Уголовный кодекс Франции (Code pénal) в ред. от 01.01.2024. – URL: <https://www.legifrance.gouv.fr> (дата обращения: 15.05.2025).
12. Региональные информационные бюллетени «Ценообразование в строительстве» / ГБУ НО «Институт развития агломерации Нижегородской области». – 2024. – Вып. 3. – 48 с.
13. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) // Собрание законодательства РФ. – 2020. – № 11. – Ст. 1416.

УДК 666.9-13 : 691.335

С. В. Гергишан, А. А. Овчинников, И. А. Ходова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЖАРОСТОЙКИЙ БЕТОН НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОМ ВЯЖУЩЕМ С ДОБАВКАМИ МОДИФИКАТОРОВ

В статье рассматриваются вопросы повышения огнестойкости железобетонных строительных конструкций путем применения шамотного заполнителя. Приводятся результаты испытаний жаростойкого бетона. Авторы предлагают методы повышения огнестойкости конструкций путем оптимизации структуры и свойств жаростойкого бетона без потери его прочности.

Ключевые слова: жаростойкий бетон, вяжущее вещество, прочность, шамотный заполнитель.

S. V. Gergishan, A. A. Ovchinnikov, I. A. Khodova

HEAT-RESISTANT CONCRETE BASED ON PORTLAND CEMENT BINDER WITH ADDITIVES OF MODIFIERS

The article discusses the issues of increasing the fire resistance of reinforced concrete building structures through the use of fireclay filler. The results of tests of heat-resistant concrete are presented. The authors propose methods to increase the fire resistance of structures by optimizing the structure and properties of heat-resistant concrete without losing its strength.

Key words: heat-resistant concrete, astringent substance, strength, chamotte filler.

Наиболее простой и дешевый способ модификации портландцемента для целей применения его в качестве жаростойкого вяжущего - это использовать тонкомолотые добавки, которые связывали бы свободную известь выделившуюся при твердении портландцемента. Такие исследования проводились [1] и на их основе разработаны соответствующие инструкции [2]. Но, как известно, остаточные прочности таких бетонов не превышают 30-35 %, для температуры применения 800-1000 °С, а начальные прочности редко достигают 40-45 МПа. Исследования, проведенные К. Д. Некрасовым [1], показывают, что при увеличении доли тонкомолотой добавки остаточная прочность вяжущего возрастает, а начальная прочность напротив - падает. Причем пик падения остаточной прочности приходится на температуры интервала 850-1000 °С, которая является приблизительной температурой применения бетона в печах керамической промышленности. Исследованиями [7] было установлено, что максимальной прочностью обладает жаростойкий бетон с шамотным заполнителем, в котором на одну часть портландцемента

приходится одна часть (по весу) тонкомолотой добавки - шамотной или кварцевой. Наибольшую прочность имеют образцы с тонкомолотым шамотом.

При этом надо заметить, что не смотря на кажущийся рост остаточной прочности, при введении повышенной доли тонкомолотого наполнителя для вяжущего, не соответствует бетону, с тем же заполнителем, что и тонкомолотая добавка. Как установлено [1], введение в бетон тонкомолотой добавки более 1 части от массы вяжущего, приводит к разрушению тела бетона парами воды, избыточное количество которой обусловлено повышенной водопотребностью тонкой фракции заполнителя и наполнителем, и как следствие резкое снижение прочности бетона.

Оптимизация структуры и свойств жаростойкого бетона позволяет избежать этих негативных проявлений и получить высокопрочный бетон на портландцементе с микронаполнителем. Разумно предположить, что использование современных высокопрочных материалов оптимального гранулометрического состава повысит эффективность бетона, а использование суперпластификаторов позволит снизить водоцементное отношение и по некоторым данным увеличить прочность. Исследования реологии пластифицированных жаростойких бетонов и оптимизация их составов подтверждают это предположение [3] [4].

Были предприняты попытки модифицировать бетон тонкомолотой добавкой из марочного шамота соответствующие ГОСТ 20956-75 и с использованием доступного суперпластификатора С-3, по некоторым данным дающего наибольший эффект [5] [6]. В качестве заполнителя использовался тот же шамот производства ОАО “Подольскогнеупор” с содержанием Al_2O_3 не менее 45 % и огнеупорностью 1690 °С оптимального гранулометрического состава, а также бой шамотного кирпича, так же оптимального гранулометрического состава.

Так как жаростойкий бетон на портландцементе с шамотным заполнителем имеет среднюю плотность 1,8-2,0 г/см³, то расчет составов бетона велся из предположения что готовый продукт будет иметь приблизительно плотность 2,0 г/см³, количество цемента для каждого замеса оставалось одинаковым, изменялось лишь количество наполнителя и соответственно заполнителя, таким образом, чтобы средняя плотность замеса оставалась принятой.

Составы и результаты замесов представлены в таблице.

Таблица. Состав в соотношении друг к другу и результаты испытаний жаростойкого бетона

№	Цемент	Наполнитель	Заполнитель	В/Ц	С-3 от массы цемента	Плотность после пропарки и сушки	Рсж после пропарки и сушки	Плотность после обжига при 1000°С	Рсж после обжига при 1000°С	Остаточная прочность
	Доля	Доля	Доля		%	г/см ³	МПа	г/см ³	МПа	%

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
МАТЕРИАЛЫ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

№	Цемент	Наполнитель	Заполнитель	В/Ц	С-3 от массы цемента	Плотность после пропарки и сушки	Рсж после пропарки и сушки	Плотность после обжига при 1000°C	Рсж после обжига при 1000°C	Остаточная прочность
1	1	0,3	2,7	0,4	1,5	1,83	23,76	1,81	7,1	30
2	1	0,5	2,5	0,45	1,5	1,93	44,11	1,89	17,2	40
3	1	0,7	2,3	0,5	1,5	1,99	54,0	1,94	27,8	51
4	1	0,9	2,1	0,5	1,5	1,998	58,7	1,96	32,3	55
5	1	1,1	1,9	0,5	1,5	1,96	53,2	1,91	31,9	60
6	1	1,3	1,7	0,5	1,5	1,91	42,88	1,85	25,2	58

Из приведенных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Использование более прочных материалов оптимального гранулометрического состава в качестве наполнителя и заполнителя позволяет увеличить начальные прочности жаростойкого бетона.

2. Использование суперпластификатора позволило увеличить общее количество тонкомолотой добавки более чем одной части от массы цемента без ухудшения начальной прочности и технологических свойств жаростойкого бетона.

3. Увеличение доли тонкомолотой добавки позволило увеличить остаточную прочность бетона более чем на 60% от начальной прочности.

4. Пониженные значения начальной прочности в замесах с низким содержанием тонкомолотой добавки объясняется, по видимому, более высоким содержанием крупного заполнителя, менее прочного нежели цемент и нарушением принципов оптимального соотношения фракций заполнителя к которому можно отнести и тонкомолотую добавку.

5. Получен жаростойкий бетон на модифицированном портландцементе с начальной марочной прочностью М 500, остаточной прочностью более 30 МПа и температурой применения 1000°C, что соответствует целям применения его при производстве грубой керамики.

6. Несмотря на относительное повышение остаточной прочности жаростойкого бетона с повышенным содержанием тонкомолотой добавки, рекомендуется вводить от 0,9 до 1,1 части от массы цемента, так как абсолютные значения прочности такого бетона более высокие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов К.Д. Жароупорный бетон. Промстройиздат, М.: 1957- 285 с.
2. СН 156-79 Инструкция по технологии приготовления жаростойких бетонов. М.: 1979-40 с.
3. Серегин Г.В., Финогеев А.В. Оптимизация структуры и свойств жаростойких бетонов // Проблемы формирования структуры, эксплуатационной надежности и долговечности строительных материалов / сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-технической конференции / Иваново, 1996-с. 193-200.

4. Серегин Г.В. Реалогия жаростойких бетонных смесей с пластифицирующими добавками // Проблемы формирования структуры, эксплуатационной надежности и долговечности строительных материалов / сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-технической конференции / Иваново, 1996-с.180-186.

5. Применение суперпластификаторов в бетоне. Обзорная информация // Строительные материалы и изделия /ВНИИИС Госстроя СССР / М.: 1982-с.30-39.

6. Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами. Сборник научных трудов / под ред. Ф.М. Иванова, В.Г. Батракова / М.: 1982-с.45-55.

7. Салманов Г.Д. Физико-химические процессы, происходящие при нагревании жароупорного бетона на портландцементе и их влияние на прочность бетона. // Исследования по жароупорным бетону и железобетону / Госстройиздат, М.: 1954-с. 35-50.

УДК 66.018.4

Ж. Ф. Гессе, Т. В. Фролова, С. А. Шабунин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ, К ВОЗДЕЙСТВИЮ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

Проведена оценка устойчивости камня ракушечника к воздействию повышенных температур в зависимости от пористости материала. Определено, что значение потери массы образца при нагреве возрастает с увеличением пористости.

Ключевые слова: камень ракушечник, карбонат кальция, термическое разложение.

Zh. F. Gesse, T. V. Frolova, S. A. Shabunin

ASSESSMENT OF THE STABILITY OF NATURAL MATERIALS USED IN THE CONSTRUCTION OF PROTECTIVE STRUCTURES TO THE IMPACT OF HAZARDOUS FIRE FACTORS

The resistance of shell rock to elevated temperatures was assessed depending on the material's porosity. It was determined that the sample's mass loss upon heating increases with increasing porosity.

Key words: shell rock, calcium carbonate, thermal decomposition.

Для строительства малоэтажных домов в некоторых субъектах РФ применяют в качестве природного строительного материала камень ракушечник – разновидность известняковой пористой породы. Его использование востребовано и обоснованно особенно в тех районах, которые находятся рядом с местами его добычи. Ракушечник, как материал, достаточно прост по химическому составу, не содержит вредных примесей, доступен и экономичен, чем привлекает внимание покупателей.

В работе проведено исследование некоторых свойств камня ракушечника и его устойчивости к воздействию повышенных температур. Были выбраны образцы ракушечника различных марок, отличающиеся друг от друга прочностью (табл. 1), плотностью, пористостью (рисунок) и другими характеристиками, определяющими границы их практического использования в строительстве.

Таблица 1. Прочность камня ракушечника

Образец	Камень ракушечник		
	М-35	М-25	М-15
Прочность (предельная нагрузка, которую может выдержать образец до начала разрушения), кг/см ²	35	25	15



Рисунок. Внешний вид фрагмента исследуемых образцов камня ракушечника М-35, М-25, М-15 (слева направо)

Общий объем пор в камне ракушечнике различных марок достаточно широко варьируется, и определение истинной плотности, как отношение массы вещества к единице объема, без учета пор, затруднительно. Поэтому нами был произведен расчет значений «средней» плотности, как отношение массы образца к его объему (вместе с порами) [1]. Обобщенные расчетные данные приведены в табл. 2. Очевидно, что чем меньше плотность образцов, тем выше их пористость.

Таблица 2. Расчетные данные

Образец	Камень ракушечник		
	М-35	М-25	М-15
«Средняя» плотность, г/см ³	1,59	1,54	1,19

Как известно [2], к опасным факторам пожара относятся тепловой поток и повышенная температура окружающей среды. По способности материала проводить тепловой поток, возникающий под влиянием разности температур на поверхностях, ограничивающих материал, судят о его теплопроводности. При передаче теплоты тепловой поток проходит через твердый материал и его поры, наполненные воздухом. Теплопроводность воздуха в неподвижном состоянии ниже, чем теплопроводность твердого вещества. Другими словами, с ростом пористости материала снижается его коэффициент теплопроводности. Однако для однозначного вывода необходимо учитывать равномерность распределения воздушных пор в материале и их характер. Например, закрытые поры затрудняют процесс передачи тепла конвекцией, а открытые – способствуют ему. И теплопроводность, и пористость являются основными функциональными свойствами, учитываемыми при выборе материала.

Согласно сведениям интернет-компаний, осуществляющих продажу камня ракушечника [3], теплопроводность образцов будет уменьшаться в следующей последовательности: М-35 (0.85) > М-25 (0.6) > М-15 (0.28), что соответствует расположению исследуемых образцов в порядке увеличения их пористости: М-35 < М-25 < М-15.

Оценку устойчивости образцов камня ракушечника к воздействию повышенных температур проводили гравиметрическим методом. Для этого фарфоровый тигель прокаливали при 1000°С до постоянной массы ($m_{\text{сух. т.}}$). Прокаленный охлажденный до комнатной температуры тигель с навеской образца ($m^1_{\text{сух. т.+обр.}}$) помещали в муфельную печь и нагревали до 1100 °С. После достижения заданной температуры образец выдерживали в течение 1 ч и выключали нагрев. На следующий день охлажденный образец в тигле взвешивали ($m^2_{\text{сух. т.+обр.}}$).

Расчет потери массы образцов (m, %) производили по следующим формулам:

$$m, \% = (m_{\text{обр.}} - m_{\text{ост.}}) / m_{\text{обр.}} \times 100\%,$$

где $m_{\text{обр.}}$ – масса образца до прокаливания, г; $m_{\text{ост.}}$ – масса остатка после прокаливания образца, г;

$$m_{\text{обр.}} = m^1_{\text{сух. т.+обр.}} - m_{\text{сух. т.}}$$

$$m_{\text{ост.}} = m^2_{\text{сух. т.+обр.}} - m_{\text{сух. т.}}$$

Из экспериментальных данных следует, что значение потери массы образцов в ряду М-35 < М-25 < М-15 возрастает сначала незначительно, затем более заметно. В абсолютных единицах большему изменению плотности камня ракушечника соответствует большее изменение значения потери массы.

Основной компонент ракушечника – карбонат кальция, поэтому поведение исследуемых образцов должно быть сходно с поведением соли при нагревании. В условиях температурного воздействия потеря массы образцов камня ракушечника будет происходить сначала за счет удаления влаги, затем за счет термического разложения карбоната кальция по реакции:



Если до начала реакции разложения карбоната кальция значительных изменений в структуре природного строительного материала не происходит, то образование оксидов приводит к уменьшению объема, необратимому снижению прочности материала и увеличению его пористости [4].

На основании результатов гравиметрического исследования образцов камня ракушечника можно предположить, что в условиях повышенных температур, и, вероятно, в условиях пожара, устойчивость к разрушению будет снижаться в следующем порядке: М-35 > М-25 > М-15. Иными словами, наиболее устойчивым к разрушению является образец камня ракушечника М-35, а наименее устойчивым – образец М-15. Вместе с тем, образец М-15 обладает наименьшей теплопроводностью и медленнее нагревается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геталова А.В., Гессе Ж.Ф., Шабунин С.А. Оценка значения средней плотности ракушечника различных марок // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XVI итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной 90-й годовщине образования гражданской обороны. Иваново, 7 июня 2022 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 216-218.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Строительный камень ракушечник [Электронный ресурс]. – URL: <https://kamen-rakushka.ru/> (дата обращения 19.09.2025).
4. Демехин В.Н., Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф. и др. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре / под общ. ред. В.Н. Демехина. Академия ГПС МЧС России, М.: Инженер, 2003. – 656 с.

УДК 614.842.62

В. Я. Гладченко, И. А. Ольховский, В. А. Максимкин, А. А-Б. Гаплаев

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ВОДЯНОЙ СТРУИ ПОЖАРНОЙ СТВОЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Эффективность тушения пожара во многом зависит от параметров средств тушения. К таким параметрам относится: дальность подачи огнетушащих веществ (далее – ОТВ), интенсивность подачи ОТВ, расход ствольной техники, давление. Данные параметры в той или иной степени взаимосвязаны. В данной статье будут рассмотрены методы расчёта параметров пожарной ствольной техники, влияющие на траекторию подачи ОТВ.

Ключевые слова: траектория водяной струи, параметры пожарных стволов, пожарные стволы, пожарная ствольная техника.

V. Ya. Gladchenko, I. A. Olkhovsky, V. A. Maksymkin, A. A-B. Gasleev

PARAMETERS FOR DETERMINING THE TRAJECTORY OF WATER JETS OF FIRE MONITORS

The effectiveness of fire extinguishing largely depends on the parameters of the extinguishing agents. Such parameters include: the range of supply of fire-extinguishing substances, the intensity of supply of fire-extinguishing substances, the consumption of barrel technology, pressure. These parameters are related to some extent. In this article, methods of calculation of the parameters of fire fencing equipment, which affect the trajectory of supply of fire-extinguishing substances will be considered.

Keywords: trajectory of water jet, parameters of fire engines, fire monitors, fire engine.

Дальность подачи ОТВ пожарной ствольной техники во многом определяет его способность тушения пожара. Согласно [1] дальность полёта водяной струи находится по формуле 1. Данная формула является теоретической и не учитывает влияния на струю сопротивления воздуха и сносящих потоков.

$$L = \frac{v_0 \sin 2\alpha}{g} \quad (1)$$

где v_0 – начальная скорость потока воды, м/с; α – угол наклона ствола к горизонту, град.

Траектория струи, согласно [2], определяется по следующему алгоритму: выделяется элемент струи, далее составляется условие равновесия всех действующих сил на струю (рис. 1), затем полученные уравнения интегрируются.

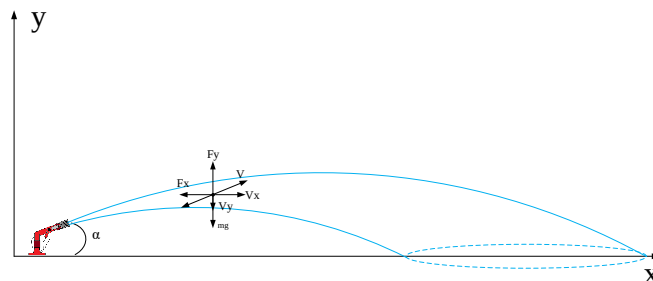


Рис. 1. Схема действующих сил на водяную струю

Данным вопросом занимались такие учёные как Ming Longa, Guoliang Hub, Zhong Li и Меженев В.А. [3, 4, 5] Результатом нахождения данным способом являются координаты оси Oxy (формула 2):

$$Y = h - X \cot \alpha - \frac{1}{2} \frac{gX^2}{(v \sin \alpha)^2} - \frac{1}{3} \frac{K g X^3}{(v \sin \alpha)^3} \quad (2)$$

где $K = \frac{0,072}{Re^{0,2}} + 0,108 Re^{0,1}$ – коэффициент сопротивления воздуха; v – скорость потока жидкости, м/с.

Данный метод нахождения является математическим, что не отражает всю физику процесса формирования траектории водяной струи при подаче ОТВ ствольной техникой. В таком случае предлагается использовать методику расчёта траектории струи, вытекающей из сопла (насадка) под действием сносящего потока.

При подаче ОТВ пожарной ствольной техникой при различных условиях окружающей среды на струю ОТВ будет действовать сносящий поток воздуха (ветер). При воздействии на струи набегающего потока искривляется её ось, а также деформируется её поперечное сечение. Деформация сечения струи обусловлена разностью давления в различных точках сечения. Со стороны сносящего потока давление всегда оказывается больше, чем с противоположной стороны. Возникающая при этом равнодействующая сил давления увеличивает кривизну струи. Одновременно с этим на поверхности струи происходит перераспределение давления. Совместное действие разности давления в указанных точках и динамического давления на лобовую поверхность струи придает поперечному сечению круглой струи сначала подковообразную форму (рис. 2).

Деформация как оси струи, так и ее поперечного сечения значительно усложняет картину течения и приводит к проблемам в выборе методики решения [6].

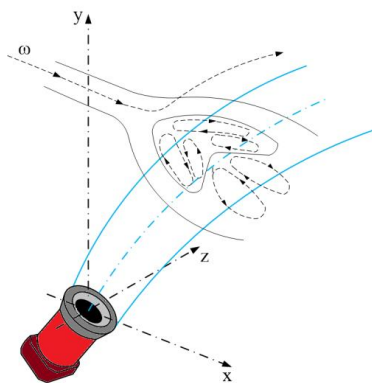


Рис. 2. Схема осесимметричной
водяной струи
в боковом сносящем потоке

Форма оси водяной струи, истекающего в боковой поток из универсального насадка, может быть определена по эмпирической формуле 3, предложенной Г.С. Шандоровым.

$$\frac{x}{d} = \frac{q_{01}}{q_{02}} \left(\frac{y}{d} \right)^{2,55} + \frac{y}{d} \left(1 + \frac{q_{01}}{q_{02}} \right) \cot \alpha \quad (3)$$

где $d = D_{\text{вых}} - d_{\text{деф}}$ – гидравлический диаметр для канала коаксиального сечения, м; $D_{\text{вых}}$ – диаметр выходного канала ствола, м; $d_{\text{деф}}$ – диаметр дефлектора, м [7]; $q_{01} = \frac{\rho_1 \omega^2}{2}$ и $q_{02} = \frac{\rho_2 v_0^2}{2}$ – динамические напоры сносящего потока и струи на выходе из насадка; α – угол наклона струи к горизонту. Координаты x и y в свою очередь характеризуют дальность подачи струи L и высоту струи S соответственно.

Высота подачи водяной струи вычисляется по формуле Люгера (формула 4):

$$S = \frac{1}{\frac{B_a}{Q^2} + \gamma} \quad (4)$$

где Q – расход, л/с; B_a – коэффициент, характеризующий истечение из насадка; $\gamma = \frac{0,00025}{d + (10d)^3}$ – коэффициент, зависящий от диаметра насадка.

Коэффициент, характеризующий истечение из насадка B_a зависит от двух параметров истечения: расход и давление (напор). Для того, чтобы вычислить данный коэффициент, следует уравнения 3 и 4 приравнять друг к другу и выразить B_a . При выполнении математических действий получится следующее уравнение:

$$B_a = \frac{Q^2}{H} \quad (5)$$

На основании уравнения 5 получились следующие значения коэффициента для конусных насадков диаметром 25мм и 28мм (табл. 1).

**Таблица 1. Значения коэффициента, характеризующий истечение
из насадка для конусных насадков диаметром 25 мм и 28 мм**

Напор, м.вод.ст	Диаметр насадка, мм			
	25		28	
	Расход, л/с	B _a	Расход, л/с	B _a
20	9,5	4,5125	12	7,2
25	10,7	4,5796	13,4	7,1824
30	11,7	4,563	14,6	7,10533333
35	12,6	4,536	15,8	7,13257143
40	13,5	4,55625	16,9	7,14025
45	14,3	4,544222	17,9	7,12022222
50	15,1	4,5602	18,9	7,1442
55	15,8	4,538909	19,8	7,128
60	16,5	4,5375	20,7	7,1415
65	17,2	4,551385	21,5	7,11153846
70	17,8	4,526286	22,4	7,168
75	18,5	4,563333	23,1	7,1148
80	19,1	4,560125	23,9	7,140125
85	19,6	4,519529	24,6	7,11952941
90	20,2	4,533778	25,4	7,16844444

Стоит учесть, что в работе на основе эмпирических данных указывается, угол наклона струи к горизонту, при котором сохраняется эффективная высота струи, составляет 60-70°. Угол наклона струи к горизонту, при котором сохраняется эффективная дальность подачи, составляет 32 °.

Для стволов, имеющих насадки с коаксиальным сечением, коэффициент γ будет иметь следующий вид [8]:

$$\gamma = \frac{0,16}{d + (0,1d)^3}$$

Угол наклона струи к горизонту, при котором сохраняется эффективная высота струи, составляет 60-70°. Угол наклона струи к горизонту, при котором сохраняется эффективная дальность подачи, составляет 32 ° [7].

На основе этого формула 3 тогда примет вид:

$$\frac{L}{d} = \frac{q_{01}}{q_{02}} \left(\frac{S}{d} \right)^{2,55} + \frac{S}{d} \left(1 + \frac{q_{01}}{q_{02}} \right) \cot \alpha$$

При увеличении напора дальность подачи ЛС увеличивается до предельного значения. Вместе с этим, качество струи ухудшается, что выражается в уменьшении длины компактной части струи (рис. 3). Наравне с этим при увеличении начального угла наклона струи к горизонту увеличивается изгиб струи и уменьшается её начальных участок.

В компактной части струи сохраняется её цилиндрическая форма без нарушения сплошности движения. В раздробленной части струи сплошность потока нарушается, при этом струя постепенно расширяется. В пределах распыленной части струи происходит распад потока на отдельные капли.

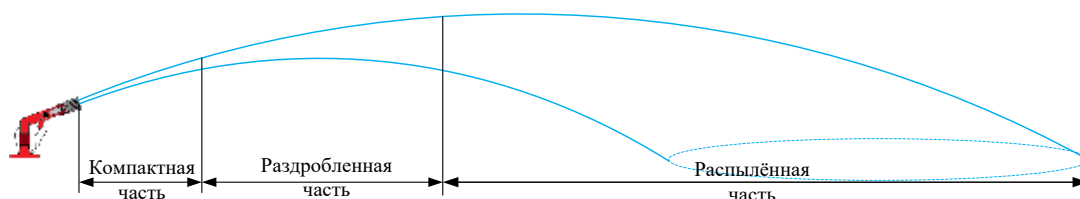


Рис. 3. Структура водяной струи

Для ЛС с конусным насадком, характерна величина диаметра не менее 28мм [9]. В приложении Б [10] представлены зависимости расхода воды от диаметра насадка ЛС и напора.

При диаметре конусного насадка 28 мм, напоре 80 м.вод.ст. и расходе 20 л/с (номинальные характеристики) дальность водяной струи ЛС составляет 60 м [9]. В свою очередь, при представленных характеристиках дальность подачи водяной струи составляет ≈ 37 м [11]. В то же время, согласно [10] при этих же характеристиках расход составляет 23,9 л/с. В связи с этим, технические характеристики лафетного ствола ЛС-20 с диаметром насадка 28 мм следующие: при напоре 80 м.вод.ст. расход составляет 23,9 л/с, что обеспечивает дальность подачи водяной струи ≈ 37 м.

Таким образом, при соотнесении данных дальности подачи ЛС можно сделать вывод о несоответствии общих характеристиках ЛС и эмпирических данных.

С повышением напора дальность подачи ЛС увеличивается до предельного значения, а также ухудшается качество струи. Также чем больше начальный угол наклона струи к горизонту, тем сильнее изгиб струи и короче её начальных участок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Е.Н. Противопожарное водоснабжение. –М.: Стройиздат, 1986. – 316 с., ил.
2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. –М.: Физматгиз, 1960. –715 с.

3. Ming Longa, Guoliang Hub, Zhong Li Analysis of Water Jet Trajectory of Auto-targeting Fire Sprinkler System in Interior Large Space // Advanced Materials Research Vols 490-495, 2012, pp 171-175 (doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.490-495.171).

4. Меженев В.А. Методика расчёта конструкции универсальных водопенных насадков для тушения пожаров объектов нефтегазовой отрасли // Пожары и ЧС. 2020. №4., С.18-26.

5. Березкин Е.Н. Курс теоретической механики», 1974г.

6. Альтшуль А.Д., Животовский Л.С., Иванов Л.П. Гидравлика и аэродинамика. Учеб. для вузов –М.: Стройиздат, 1987. –414с., ил.

7. Лобачев В.Г. Расчет противопожарных водопроводов и пожарных струй [Текст]: Пособие для инженеров, техников и пожарных работников. Москва: изд-во Нар. ком. внутр. дел, 1928 («Мосполиграф» 14-я тип.). - 132 с.

8. Качанов И.В., Карпенчук И.В., Пармон В.В., Шкутник В.А Методика расчета параметров лафетного ствола пожарного с винтовой структуризацией потока // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. - 2013. - № 2. - С. 165-172.

9. ГОСТ Р 51115-97 «Техника пожарная. Стволы пожарные лафетные комбинированные. Общие технические требования. Методы испытаний».

10. ГОСТ 34350-2017 «Техника пожарная. Основные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний».

11. Родэ А.А. Лафетные стволы [Текст]: издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР. Москва, 1959.

12. Указания по применению лафетных стволов на пожарах [Текст] / Гл. упр. пожар. охраны НКВД СССР. - Москва; Ленинград: Изд-во Наркомхоза РСФСР, 1943 (Перово). - 28 с., без обл.: ил., черт.; 16 см.

УДК 614:84

Е. В. Головина

Уральский институт ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ СТАРЕНИИ

В ходе испытаний изучалось воздействие минеральных наполнителей на огнезащитные характеристики терморасширяющихся огнезащитных составов при искусственном старении.

Ключевые слова: интумесцентный огнезащитный состав, искусственное старение, огнезащитная эффективность, волластонит, карбонат кальция, алюмосиликатные микросферы.

E. V. Golovina

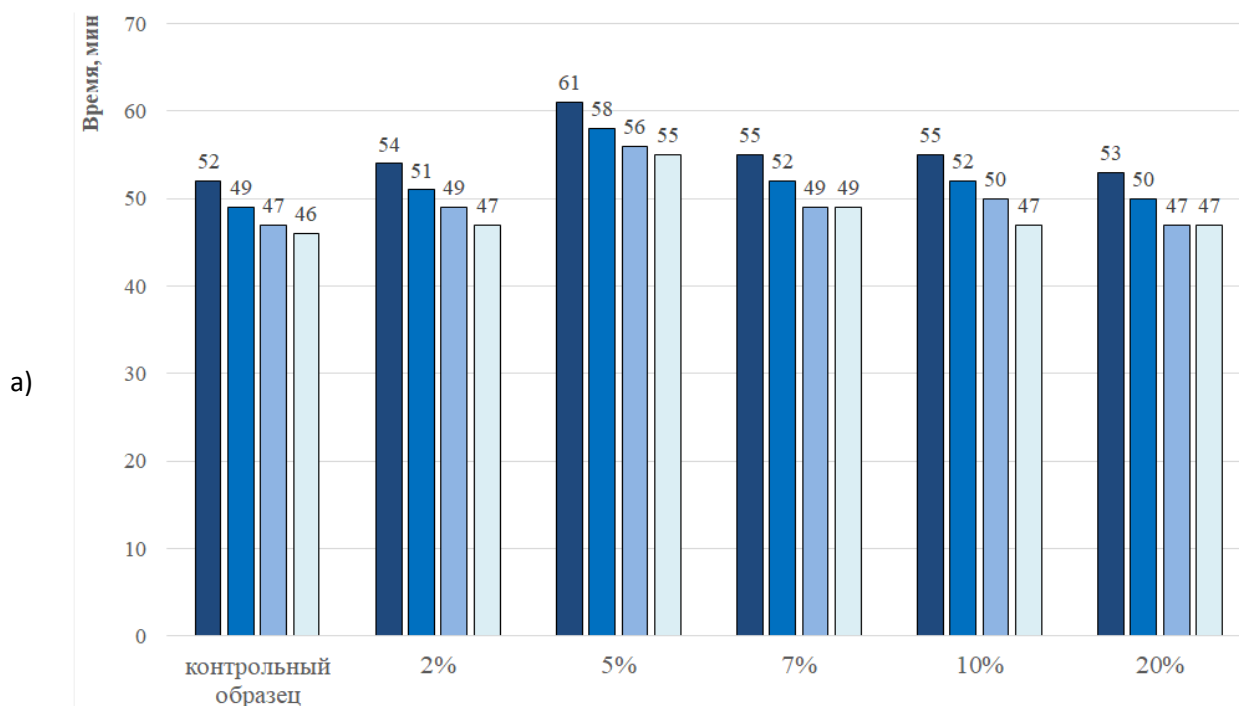
STUDY OF THE INFLUENCE OF MINERAL FILLERS ON THE FIRE-RESISTANT PROPERTIES OF INTUMESCENT MATERIALS DURING ARTIFICIAL AGING

During the tests, the effect of mineral additives on the fire-resistant characteristics of thermo-expanding fire-resistant compositions during artificial aging was studied.

Key words: intumescent fire-resistant composition, artificial aging, fire-resistant efficiency, wollastonite, calcium carbonate, aluminosilicate microspheres.

Для исследования сохранности огнезащитных свойств композиций интумесцентного типа на основе эпоксидных смол с добавлением минеральных компонентов были проведены испытания методом искусственного старения в соответствии с ГОСТ 9.401-2018 [1]. Далее анализируемые образцы были подвержены огневым испытаниям в соответствии с ГОСТ Р 53295-2009 [2]. Для этого были использованы образцы, содержащие волластонит, карбонат кальция и алюмосиликатные микросферы (далее – АСМ) в разных пропорциях. Исследование воздействия данных материалов на огнезащитные свойства интумесцентных составов было описано в работах [3–6].

Анализ результатов испытаний на огнезащитную эффективность искусственно состаренных огнезащитных материалов с добавлением исследуемых минеральных наполнителей представлен на рис. 1.



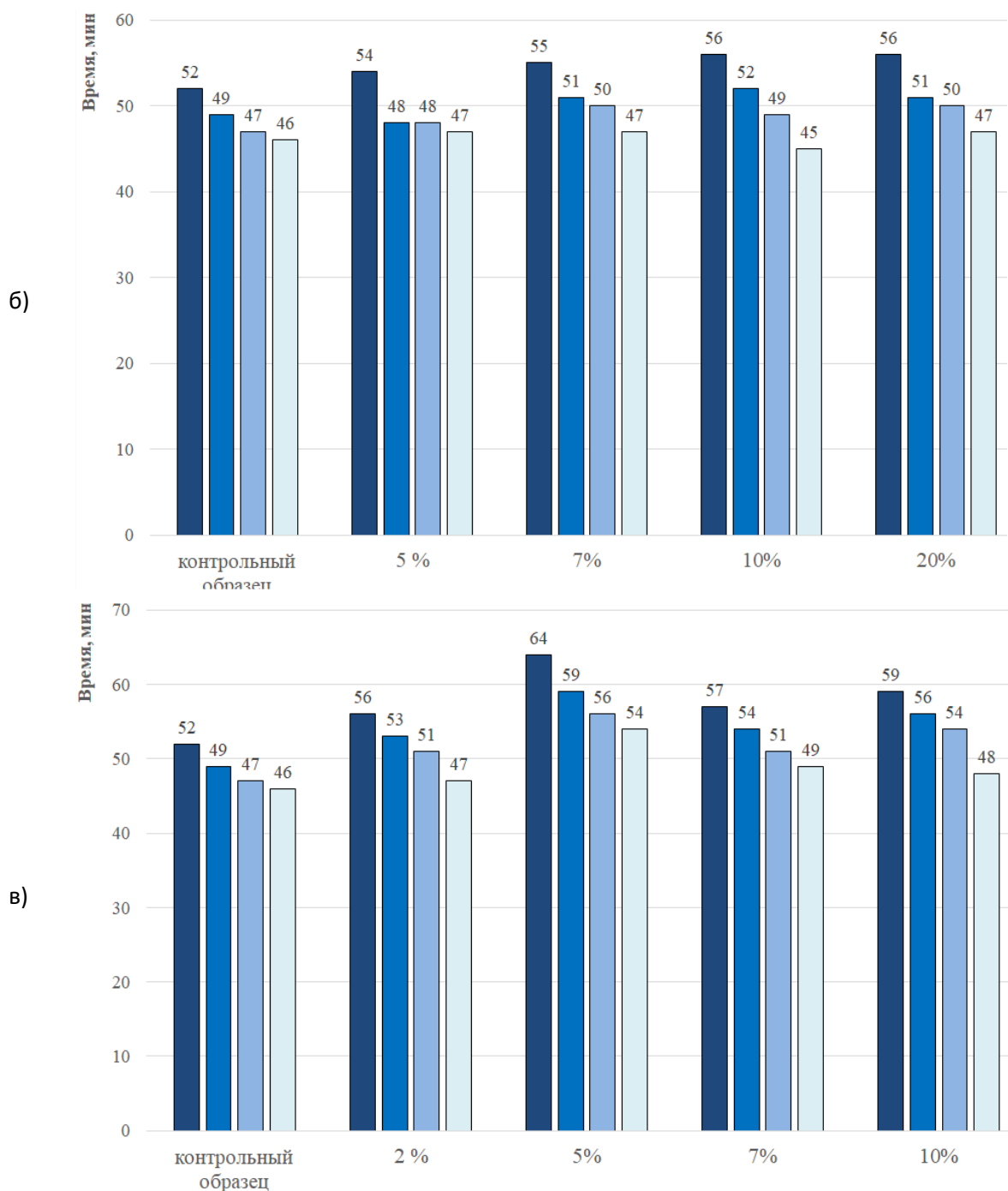


Рис. 1. Результаты огневых испытаний образцов искусственно состаренных покрытий с добавлением минеральных наполнителей:
а) с добавлением CaSiO_3 ; б) с добавлением CaCO_3 ; в) с добавлением АСМ

Сравнительный анализ (рис. 2) образцов с добавлением исследуемых кремнийсодержащих компонентов, подверженных искусственному старению, показал, что все испытываемые покрытия снижают свои огнезащитные функции.

При искусственном старении в 45 циклов ухудшение огнезащитной эффективности снизилось в среднем на 6,5 %. Меньше всего данный показатель определяется для ОЗС с добавлением волластонита в наполнении 5 % – 4,9 %.

Наиболее сильное ухудшение наблюдается у ОЗС с добавлением карбоната кальция в наполнении 5 % – 11,1 %, но следует отметить, что при дальнейших испытаниях покрытие с CaCO_3 (5 %) теряет свои защитные функции незначительно: при 134 циклах – сохраняется тот же уровень огнезащитной эффективности 11,1 %, при 224 циклах снижение от первоначального результата составляет 13 %.

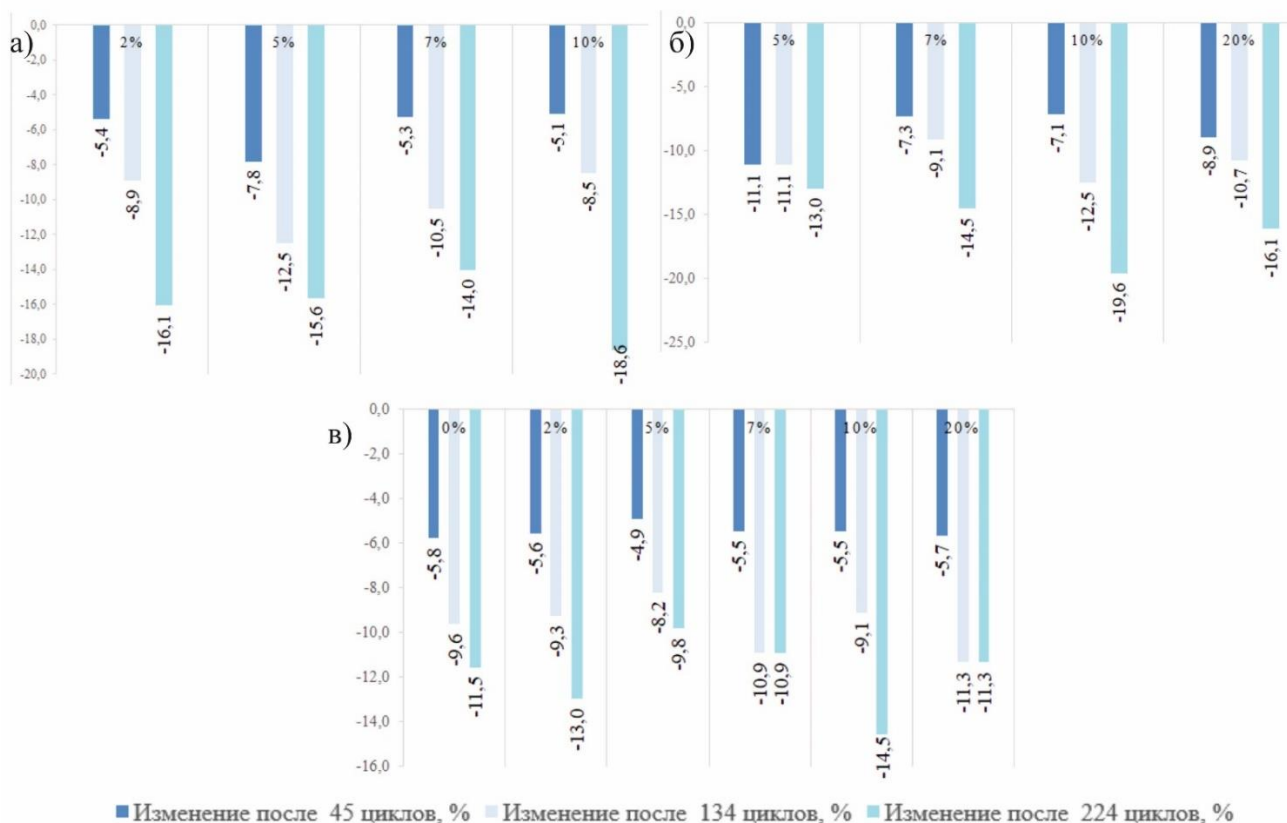


Рис. 2. Изменение огнезащитной способности ОЗС с добавлением кремнийсодержащих компонентов, подверженных искусственному старению: а) с добавлением CaCO_3 ; б) с добавлением АСМ; в) с добавлением CaSiO_3

Таким образом, можно сделать вывод, что при прогнозируемом сроке эксплуатации ОЗС с CaCO_3 (5 %) 25 лет (224 цикла искусственного старения) огнезащитная способность покрытия составляет 47 минут, что на 1 минуту больше, чем продемонстрировал контрольный образец без добавления минеральных компонентов, но в то же время, анализируемая интумесцентная композиция, от своего первоначального значения, снижает защитные характеристики на 13 % что ниже среднего значения для ОЗС (14,2 %), подверженных искусственному старению.

В результате искусственного старения на 25 лет (224 цикла) наиболее эффективными показали себя образцы покрытий с добавлением CaSiO_3 (5 %) и АСМ (5 %): 55 минут и 54 минуты соответственно. Отклонение временного

показателя огнезащитной эффективности от контрольных образцов без старения составило –9,8 % и –15,6 % соответственно.

Наименее эффективный результат при искусственном старении 224 цикла принадлежит ОЗС с добавлением CaCO_3 (10 %) – 45 минут, что отличается в сторону уменьшения от образца покрытия без старения на 19,6 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9.104-2018. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 05.09.2025)
2. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс». (дата обращения: 10.07.2025)
3. Комарова М.А., Мельников Н.О., Шалабин М.В., Скоробогатов В.А., Головина Е.В. Огнезащитная эффективность покрытий металлических строительных конструкций при ускоренном климатическом старении // Техносферная безопасность. Екатеринбург, 2024. № 4 (45). С. 3-22.
4. Теряева Т. Н. Физико-химические свойства алюмосиликатных полых микросфер / Т.Н. Теряева, О.В. Костенко, З.Р. Исмагилов, Н.В. Шикина, Н.А. Рудина, В.А. Антипова. // Вестник КузГТУ. 2013. № 5. С. 86-90.
5. Максимов В.Р., Петросян Г.О. Влияние функциональных наполнителей на характеристики пенококса эпоксидных огнезащитных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. 2023. № 1–2. С. 47–55.
6. Беззапонная О.В., Головина Е.В. Оценка влияния минеральных наполнителей на термостойкость и горючесть огнезащитного состава интумесцентного типа на силиконовой основе // Журнал прикладной химии. 2018. Т. 91, № 1. С. 104-109.

УДК 614.841.411

Д. С. Голянт, В. В. Соловьев, З. У.-Х. Пошуев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУППЫ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ ГОРЮЧИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

В работе рассматриваются возможности применения установки для определения группы воспламеняемости горючих строительных материалов при проведении лабораторных работ. Предлагается использовать при проведении лабораторных работ установку для определения группы воспламеняемости горючих

строительных материалов не по стандартной методике, а использовать возможность создания установкой больших значений тепловых потоков, что позволяет наблюдать время начала пиролиза, обугливания и другие параметры.

Ключевые слова: лабораторное оборудование, пожарная опасность, воспламеняемость

D. S. Golyant, V. V. Solovyov, Z. U.-H. Poshuev

THE POSSIBILITY OF USING A LABORATORY INSTALLATION TO DETERMINE THE FLAMMABILITY GROUP OF COMBUSTIBLE BUILDING MATERIALS DURING LABORATORY WORK

The paper discusses the possibilities of using a device for determining the flammability group of combustible building materials during laboratory work. It is proposed to use a device for determining the flammability group of combustible building materials during laboratory work, not according to the standard method, but by using the device's ability to generate high heat fluxes, which allows observing the time of pyrolysis, charring, and other parameters.

Key words: laboratory equipment, fire hazard, flammability

Определение характеристик пожарной опасности строительных материалов – очень важная и актуальная тема [3–9] в области обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты. Лабораторные работы по дисциплинам, связанным с пожарной безопасностью, традиционно включают в себя эксперименты по оценке группы воспламеняемости материалов. Классической является установка по определению групп воспламеняемости горючих строительных материалов, в которой образец, помещенный в держателе, подвергается воздействию теплового потока и периодическим внесением источника зажигания (в виде горелки) с попыткой воспламенить пары, которые образуются в результате пиролиза вещества. В процессе фиксируется поверхностная плотность теплового потока, которая воздействует на образец и время воспламенения образца.

Данный подход, будучи наглядным и стандартизированным, имеет существенное ограничение: он моделирует лишь один, достаточно специфический тип воспламенения – прямой контакт с открытым пламенем. В реальных условиях многие материалы воспламеняются не только от непосредственного контакта с огнем, воспламенение также возможно и под воздействием лучистого теплового потока от удаленного очага (например, горящего соседнего объекта, перегретого оборудования и т.д.). Также получение новых данных даст возможность применять их в дальнейшей оценке пожарной опасности, например, для строительных конструкций [2, 6, 7].

Целью данной работы является теоретическое обоснование расширения функциональных возможностей установки для определения группы воспламеняемости горючих строительных материалов, позволяющего

проводить испытания как по классической методике, так и по методике с воздействием регулируемого теплового потока.

Воспламеняемость – это способность веществ и материалов к воспламенению, где под воспламенением понимается начало пламенного горения под воздействием источника зажигания [1]. При этом также известны критические плотности падающих лучистых потоков, при которых наблюдается самовоспламенение горючих материалов (например, для древесины данный показатель равен $q = 13,9$ кВт). При этом использование

Самовоспламенение исследуемых образцов от теплового потока позволяет прикинуть возможности применения установки для проведения других свойств пожарной опасности, отличных от нормированных:

1. Определение времени самовоспламенения образца при воздействии поверхностной плотности теплового потока.

2. Определение времени начала интенсивного выделения продуктов пиролиза, при которых начинается воспламенение образца.

3. Постепенный рост плотности теплового потока и определение плотности теплового потока, при котором возникнет самовоспламенение образца.

Преимущества новых методик применения установки для определения группы воспламеняемости горючих строительных материалов следующая: простота, низкая стоимость, новые данные о воспламеняемости материалов, исследование разного типа материалов.

Система регулировки и контроля теплового потока установки позволяет регулировать нарастание теплового потока, устанавливать его значение, а также другие возможности.

Подготовку образцов можно осуществлять в соответствии с ГОСТ 30402-96 [1], ввиду того, что платформа для удержания образца стандартная.

Предложенные возможности применения установки для определения группы воспламеняемости строительных материалов являются эффективными и экономически целесообразными решениям для модернизации учебного и научно-исследовательского процесса. Это позволяет перейти от качественных оценок к количественному анализу пожароопасных свойств материалов, что значительно повышает ценность лабораторных работ и их соответствие современным требованиям науки и промышленности.

Внедрение таких методов для установки в образовательный процесс позволит подготовить специалистов, обладающих более глубокими и практико-ориентированными знаниями в области пожарной безопасности и поведения материалов в условиях пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Азовцев, А. Г. К вопросу об определении класса пожарной опасности строительных конструкций по характеристикам строительных материалов / А. Г. Азовцев, С. Н. Наконечный, В. Н. Михалин // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Иваново, 14 октября 2021 года. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2021. – С. 399-402. – EDN INITCW.

3. Корольченко О.Н., Цариченко С.Г., Константинова Н.И. К вопросу о свойствах пожарной опасности огнезащищенной древесины // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2021. Т. 30. № 2. С. 23–34. DOI: 10.22227/PVB.2021.30.02.23-34.

4. Наконечный, С. Н. 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. – EDN NLTCJK.

5. Наконечный, С. Н. Изучение поведения древесины ели при воздействии высоких температур / С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев, В. Н. Михалин // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Иваново, 14 октября 2021 года. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2021. – С. 87-91. – EDN ENLCMG.

6. Федосеев, Е. В. Возможность определения класса пожарной опасности строительных конструкций расчетным методом / Е. В. Федосеев, А. Г. Азовцев, С. Н. Наконечный // 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. 488-490. – EDN RDBEVM.

7. Шабунин, С. А. Способ защиты пенополистирольных плит от теплового воздействия в системах фасадной теплоизоляции / С. А. Шабунин, С. Н. Ульева, А.Л. Никифоров // Полимерные материалы пониженной горючести : Сборник тезисов XII Международной конференции, Балашиха, 09–12 сентября 2025 года. – Балашиха: ВНИИПО МЧС РФ, 2025. – С. 327-330. – EDN WESHFM.

8. Янова, Я. В. Влияние породы древесины на параметры воспламеняемости / Я. В. Янова, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2023. – С. 331-335. – EDN RZQLMT.

9. Янова, Я. В. Определение показателей пожарной опасности органических теплоизоляционных строительных материалов / Я. В. Янова, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев // 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. – EDN EOSQJN.

УДК 614.841.2

А. В. Гомозов, С. А. Лучкин, В. Ю. Вандышева
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ЗАЩИТА ОТ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ

Показана необходимость дополнения перечня объектов, конструктивные системы которых подлежат защите от прогрессирующего обрушения, определены направления развития требований к огнестойким несущим элементам здания, которые позволяют исключить прогрессирующее обрушение объектов.

Ключевые слова: локальное разрушение, прогрессирующее обрушение, предел огнестойкости, спасение людей.

A. V. Gomozov, S. A. Luchkin, V. Yu. Vandysheva

PROTECTION AGAINST PROGRESSIVE COLLAPSE AS AN ELEMENT OF THE FIRE PROTECTION SYSTEM OF FACILITIES

The necessity of supplementing the list of objects, the structural systems of which are subject to protection from progressive collapse, is shown, the directions of development of requirements for fire-resistant load-bearing elements of the building, which will allow to exclude progressive collapse of objects, are defined.

Key words: localized destruction, progressive collapse, fire resistance limit, rescue of people.

Комплекс требований, установленный положениями [1, 2] позволяет определить необходимые для проектирования значения пределов огнестойкости строительных конструкций, выполняющих функции несущих элементов зданий и сооружений, т.е. конструкций, потеря несущей способности которых при пожаре вызовет прогрессирующее обрушение объекта защиты. Вместе с тем, данные требования, а также положения других нормативных документов по пожарной безопасности, не позволяют сделать корректный вывод о том, произойдет ли прогрессирующее обрушение объекта в случае, если хотя бы один его несущий элемент при пожаре потеряет огнестойкость по признаку несущей способности.

Практика показывает, что скрытые дефекты строительных конструкций, ошибки при производстве строительно-монтажных работ, несогласованная перепланировка зданий с ослаблением несущих конструкций, деградация свойств материалов конструкций во времени и другие причины могут привести

к тому, что при пожаре произойдет преждевременная потеря огнестойкости по признаку несущей способности отдельных конструкций зданий.

Кроме того, в ряде случаев пожар начинается после аварийной ситуации, которая сопровождается локальным повреждением или разрушением конструкций (пожар в жилом здании после взрыва бытового газа, пожар после сейсмического воздействия, пожар после удара автомобиля по колонне в гараже и т.д.). Примерами сценариев пожара после взрыва газа являются пожар, возникший после взрыва газа в жилом доме 20 декабря 2015 г. в г. Волгограде, когда были обрушены перекрытия с 1 по 9 этаж (см. рисунок), а во время пожара произошел еще один взрыв, а также пожар, произошедший 9 февраля 2023 г. в квартире жилого дома Новосибирска, когда в результате взрыва обрушились два подъезда и др.



Рисунок. Пожар, возникший
после взрыва газа
в жилом доме г. Волгограда

В каждом из перечисленных выше случаев несущие конструкции, первоначально сохранившие огнестойкость по признаку потери несущей способности, не выдерживают дополнительной нагрузки, ранее воспринимавшейся пораженными конструкциями, а также теплового воздействия пожара и тоже разрушаются.

Данный эффект, т.е. последовательное (цепное) разрушение несущих строительных конструкций, приводящее к обрушению всего сооружения или его частей вследствие начального локального повреждения, следует классифицировать как прогрессирующее обрушение при пожаре.

Современные требования [3, 4] к надежности строительных конструкций и конструктивных систем предусматривают необходимость исключения прогрессирующего обрушения объекта в случае повреждения одного или нескольких его несущих элементов, в том числе при особых воздействиях (сейсмических, пожаре, взрыве, ударе транспортного средства и т.д.).

В отечественной практике защита зданий от прогрессирующего обрушения проектируется на основе [4, 5-6] для особо опасных и технически сложных объектов, строительных объектов высотой более 100 м и т.д., а также для жилых и общественных зданий высотой 5 этажей и более, гостиниц на 50 мест и более, стационаров лечебных учреждений на 50 коек и более и т. д. В соответствии требованиями указанных нормативов необходимо расчетным путем проанализировать изменение конструктивной схемы здания при

аварийной расчетной ситуации вследствие предполагаемого начального локального разрушения, которое может назначаться в любом месте здания или сооружения и обосновать отсутствие последующего прогрессирующего обрушения. В частности, для многоэтажных зданий следует рассматривать локальное разрушение пересекающихся и отдельно стоящих стен, колонн, пилонов, ядер жесткости, ригелей и т.д.

При этом в расчетной схеме предусмотрено учитывать включение в работу следующих элементов зданий и сооружений:

- не несущих при нормальной эксплуатации (например, навесные наружные стеновые панели, парапеты, железобетонные ограждения балконов, перегородки и т.п.), которые при локальном разрушении активно участвуют в перераспределении усилий в элементах конструктивной системы;

- несущих конструкций с односторонними связями, которые при локальном разрушении меняют свое напряженно-деформированное состояние.

Анализ положений [4] показывает, что данный норматив не отражает необходимости защиты от прогрессирующего обрушения таких общественных зданий высотой менее 5 этажей, как спальные корпуса детских лагерей отдыха и школ-интернатов, санаториев, общественных зданий с подземными этажами, общежития на 50 мест и более, а также пожарных отсеков высотой менее 5 этажей, в которые встроены общественные помещения, подлежащие защите от прогрессирующего обрушения.

Кроме того, нормативы [4, 5-6] не отражают необходимости обеспечения некоторого периода сохранения устойчивости здания для возможности эвакуации и спасения людей после локального разрушения и последующего особого воздействия в виде пожара. В частности, в случае, если проведенные согласно этим нормативам расчеты подтверждают выполнение условий защиты от прогрессирующего обрушения в первые моменты после локального обрушения, то не исключено прогрессирующее обрушение конструктивной системы в последующем из-за воздействия пожара и потери огнестойкости и несущей способности неразрушившихся строительных конструкций.

Это объясняется тем, что неразрушившиеся строительные конструкции находятся под действием дополнительных нагрузок, возникших вследствие перераспределения нагрузок от ранее воспринимавших эти нагрузки поврежденных элементов. При этом действующие нагрузки могут существенно отличаться от нагрузок, при которых определены пределы огнестойкости конструкций объекта. Кроме того, после локальных разрушений может иметь место включение в работу элементов зданий и сооружений, которые исходно были запроектированы как ненесущие при нормальной эксплуатации конструкции. Однако данные конструкции, согласно положениям [1, 2] проектируются с низкими пределами огнестойкости, что не позволит им сохранить несущую способность при продолжительном пожаре. Необходимо также учитывать, что направление теплового воздействия пожара на строительные конструкции после локального обрушения существенно

отличается от воздействия, которое имеет место при определении пределов огнестойкости на стендах. Так, при определении предела огнестойкости перекрытий на стенде воздействие пожара происходит только с нижней стороны, а в случае локального обрушения тепловое воздействие пожара на перекрытия может быть с нижней и верхней сторон и т. д.

С учетом этого представляется целесообразным развивать требования к огнестойким конструкциям, выполняющим функции несущих элементов, в следующих направлениях:

- разработать дополнительные требования к проектированию конструкций с повышенными значениями пределов огнестойкости, которые позволят исключать прогрессирующее обрушение объектов до момента окончания эвакуации и спасения людей или полностью исключать прогрессирующее обрушение особо важных объектов;

- уточнить представленный в [2] порядок определения перечня конструкций, выполняющих функции несущих элементов за счет не несущих при нормальной эксплуатации конструкции, которые после локальных разрушений включаются в работу как несущие элементы зданий и сооружений;

- предусмотреть требования по огнезащите горизонтальных связей, обеспечивающих защиту от прогрессирующего обрушения;

- дополнить [4, 5-6] положениями о необходимости обеспечить защиту объектов от прогрессирующего обрушения в результате пожара, который воздействует на конструкции после локального обрушения.

Кроме того, представляется целесообразным включение в нормативную практику требований о том, что в зданиях с одной лестничной клеткой ее стены должны быть защищены от прогрессирующего обрушения при повреждении смежных строительных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (ред. От 14.07.2022). Техэксперт: сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963> (дата обращения: 10.09.2025).

2. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. //Техэксперт: сайт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963> (дата обращения: 10.09.2025).

3. ТКП EN 1991-1-7-2009 (02250). URL: <https://studfile.net/preview/9526435/> (дата обращения: 10.09.2025).

4. ГОСТ 27751—2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115736?ysclid=m2x045p8cx974458734> (дата обращения: 10.09.2025).

5. СП 385.1325800.2018. Свод правил. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/551394640?ysclid=m2x09vbdte33632205> (дата обращения: 10.09.2025).

6. Методическое пособие. Проектирование мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293730/4293730181.htm?ysclid=m2x0ey0jxm575494609> (дата обращения: 10.09.2025).

УДК 614.841.1

В. Е. Горский, А. М. Баусов, Д. В. Сорокин, В. А. Комельков
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В данной статье рассматривается историческое развитие химических источников тока, приведшее к созданию литий-ионных аккумуляторов (ЛИА), и проводится комплексный анализ присущих им рисков пожарной опасности. Проанализированы фундаментальные причины теплового разгона – основного механизма возгорания ЛИА. Исследованы факторы, влияющие на безопасность батарей, и приведены современные стратегии по ее повышению на материалальном, ячейном и системном уровнях.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, пожарная опасность, тепловой разгон, история аккумуляторов, безопасность батарей.

V. E. Gorsky, A. M. Bausov, D. V. Sorokin, V. A. Komelkov

FIRE HAZARD ANALYSIS OF LITHIUM-ION BATTERIES

This article examines the historical development of chemical power sources, which led to the creation of lithium-ion batteries (LIA), and provides a comprehensive analysis of their inherent fire hazards. The fundamental causes of thermal acceleration, the main mechanism of ignition of the LIA, are analyzed. The factors influencing the safety of batteries are investigated, and modern strategies for improving it at the material, cellular and system levels are presented.

Key words: lithium-ion battery, fire hazard, thermal acceleration, battery history, battery safety.

Литий-ионные аккумуляторы стали доминирующей технологией для портативной электроники, электрического транспорта и систем накопления энергии. Их превосходство обусловлено высокой плотностью энергии, низким саморазрядом и отсутствием эффекта памяти. Однако высокая энергетическая плотность в сочетании с легковоспламеняющимися компонентами делает их

потенциально опасными. Инциденты с возгоранием смартфонов, электромобилей и систем хранения энергии необходимость тщательного анализа пожарной опасности ЛИА [1].

Цель данной статьи – проследить эволюцию аккумуляторных технологий и дать детальную оценку причин и механизмов возгорания литий-ионных батарей.

Эволюция химических источников тока к литий-ионной технологии представляет собой путь постоянного поиска большей энергоемкости и надежности.

Эпоха первичных элементов и первые перезаряжаемые батареи:

1800 год: «Вольтов столб» Алессандро Вольты. Это изобретение стало отправной точкой. Батарея состояла из чередующихся дисков меди и цинка, разделенных пропитанным соевым раствором сукном. Это был первичный элемент (неперезаряжаемый), но он доказал саму возможность генерации непрерывного электрического тока химическим путем [2].

1859 год: Свинцово-кислотный аккумулятор Гастона Планте. Это был настоящий прорыв – первый по-настоящему перезаряжаемый аккумулятор. Его конструкция (свинцовые пластины в растворе серной кислоты) заложила принцип, который используется до сих пор. Несмотря на низкую удельную энергию и использование токсичного свинца, его главными преимуществами стали низкая стоимость и способность выдавать очень высокие токи (пусковые токи для автомобилей), что обеспечило ему долголетие [2].

Щелочные аккумуляторы: повышение надежности и энергоемкости:

1899 год: Никель-кадмиевый (Ni-Cd) аккумулятор Вальдемара Юнгнера. Щелочной электролит заменил кислотный, что повысило надежность и долговечность. Ni-Cd батареи были более устойчивы к глубокому разряду и перезаряду, имели длительный срок службы и могли работать при низких температурах. Главным их недостатком стал «эффект памяти» – обратимая потеря емкости при заряде не полностью разряженной батареи, а также токсичность кадмия.

1960-е годы: Никель-металл-гидридный (Ni-MH) аккумулятор. Эта технология стала эволюционным развитием Ni-Cd. Замена кадмия на менее токсичный и более емкий металл-гидридный сплав позволила увеличить удельную энергию на 30-40% и практически избавиться от эффекта памяти. Ni-MH доминировали на рынке портативной электроники в конце 1990-х – начале 2000-х годов.

Литиевая эра: от первичных элементов к ионной революции.

Работы с литием, самым легким металлом с наибольшим электрохимическим потенциалом, начались в 1970-х годах.

1970-е: Первые литиевые батареи. Изначально это были не перезаряжаемые литиевые элементы с металлическим литием в качестве анода. Они обладали выдающейся плотностью энергии, но попытки сделать их перезаряжаемыми столкнулись с фатальной проблемой: при циклировании на

аноде образовывались дендриты лития, которые прорастали к катоду, вызывая короткое замыкание, возгорание и взрыв. Это сделало ранние перезаряжаемые литиевые батареи коммерчески непригодными из-за крайней опасности.

1980-е годы: Фундаментальные открытия, приведшие к Li-ion.

Работа Джона Гуденафа (1980 г.): Открытие оксида кобальта лития (LiCoO_2) в качестве высокопотенциального катодного материала. Это предоставило «хозяина» для ионов лития.

Работа Акиры Ёсино (1985 г.): Ключевая идея – использовать углеродный материал (кокс, а затем графит) в качестве анода. Вместо металлического лития, ионы лития интеркалировались (внедрялись) в слоистую структуру углерода. Это решало проблему дендритов. Аккумулятор больше не содержал металлического лития, только его ионы, перемещающиеся между катодом и анодом. Отсюда и название – «литий-ионный».

1991 год: Коммерциализация. Компания Sony, объединив эти открытия, выпустила на рынок первый коммерческий литий-ионный аккумулятор. Он использовал LiCoO_2 катод, графитовый анод и жидкий органический электролит. Это была революция: вдвое большая плотность энергии по сравнению с Ni-Mn, низкий саморазряд и отсутствие эффекта памяти [2, 5].

Этот исторический путь от Вольтова столба до Li-ion аккумуляторов демонстрирует, как каждое новое поколение решало проблемы предыдущего, но одновременно порождало новые вызовы, в частности, в области безопасности, что и привело к необходимости тщательного анализа пожарной опасности современных литий-ионных систем.

Механизмы пожарной опасности и теплового разгона

Основная причина пожарной опасности ЛИА – явление теплового разгона (thermal runaway). Это неконтролируемый самоускоряющийся процесс, при котором выделяемое в батарее тепло не успевает рассеиваться, что приводит к резкому росту температуры и разрушению ячейки [4].

Наиболее опасным периодом эксплуатации ЛИАБ, в том числе в составе транспортных средств, является время заряда. Именно в этот период, по данным о произошедших пожарах, происходит наибольшее количество возгораний [8].

Цепочка теплового разгона включает следующие стадии:

1. Стадия зарождения: Перезаряд, внутреннее короткое замыкание, механическое повреждение или внешний нагрев приводят к повышению температуры выше 80-90°C.

2. Разложение SEI-слоя: Твердо-электролитная межфаза (Solid Electrolyte Interphase – SEI), стабилизирующая анод, начинает разлагаться с экзотермической реакцией.

3. Реакция анода с электролитом: При температуре $> 120^\circ\text{C}$ обнаженный анод (часто графит) вступает в реакцию с жидким электролитом, выделяя горючие газы.

4. Разложение катода: При 180-200 °С катодный материал (например, LiCoO_2) разлагается, выделяя кислород.

5. Воспламенение: Выделившиеся горючие газы (H_2 , CO , CH_4) в смеси с кислородом воспламеняются от высокой температуры или искры. Электролит, содержащий легковоспламеняющиеся карбонаты (например, этиленкарбонат), выступает в роли топлива [5].

Факторы, влияющие на пожарную опасность:

1. Химический состав: Катоды на основе кобальта (LCO) более склонны к тепловому разгону, чем более стабильные LiFePO_4 (LFP) [1].

2. Качество производства: Загрязнения, металлические дендриты и дефекты сепаратора могут вызывать внутреннее короткое замыкание.

3. Эксплуатационные условия: Перезаряд, глубокий разряд, высокие токи заряда/разряда и работа при экстремальных температурах значительно повышают риски.

4. Система управления батареей (BMS): Неадекватная работа BMS, неспособная обеспечить балансировку ячеек и термический контроль, является частой причиной отказов [6].

Стратегии повышения безопасности

Уровень материалов: Разработка негорючих или твердотельных электролитов, стабилизация катодных материалов (NMC, NCA), использование легированных анодов для подавления роста дендритов [7].

Уровень ячейки: Усовершенствование сепараторов с функцией «shutdown» (плавление при перегреве с прекращением ионного тока), внедрение flame retardant добавок в электролит, проектирование механизмов сброса давления [4].

Уровень системы: Разработка более сложных BMS, эффективных систем термического управления (охлаждения/нагрева) и физической защиты аккумуляторного блока [6].

Литий-ионные аккумуляторы, являясь продуктом долгой эволюции электрохимических технологий, открыли новые возможности для энергетики и транспорта. Однако их высокая энергетическая плотность неразрывно связана с серьезными рисками пожарной опасности, коренящимися в явлении теплового разгона. Понимание исторического контекста, фундаментальных механизмов отказа и факторов риска является обязательным условием для дальнейшего развития этой технологии. Будущие исследования должны быть сфокусированы на разработке новых, внутренне безопасных материалов (таких как твердотельные электролиты) и совершенствовании систем управления на уровне батарейного блока, чтобы минимизировать риски и обеспечить безопасную интеграцию ЛИА в повседневную жизнь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang, Q., Ping, P., Zhao, X., Chu, G., Sun, J., & Chen, C. (2012). Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery. *Journal of Power Sources*, 208, 210–224.
2. Linden, D., & Reddy, T. B. (2002). *Handbook of Batteries* (3rd ed.). McGraw-Hill.
3. The Nobel Prize in Chemistry 2019. [NobelPrize.org](https://www.nobelprize.org). Nobel Media AB 2020.
4. Feng, X., Ouyang, M., Liu, X., Lu, L., Xia, Y., & He, X. (2018). Thermal runaway mechanism of lithium ion battery for electric vehicles: A review. *Energy Storage Materials*, 10, 246–267.
5. Golubkov, A. W., Scheikl, S., Planteu, R., Voitic, G., Wiltsche, H., Stangl, C., ... & Thaler, A. (2015). Thermal runaway of commercial 18650 Li-ion batteries with LFP and NCA cathodes – Impact of state of charge and overcharge. *RSC Advances*, 5(70), 57171–57186.
6. Bandhauer, T. M., Garimella, S., & Fuller, T. F. (2011). A Critical Review of Thermal Issues in Lithium-Ion Batteries. *Journal of the Electrochemical Society*, 158(3), R1–R25.
7. Manthiram, A., Yu, X., & Wang, S. (2017). Lithium battery chemistries enabled by solid-state electrolytes. *Nature Reviews Materials*, 2(4), 16103.
8. Орлов О.И., Комельков В. А. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 4 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pozharnaya-opasnost-litii-ionnyh-akkumulyatorov> (дата обращения: 01.11.2025).

УДК 614.838

А. А. Груздев, А. Е. Шкондин, М. А. Заболотских

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

СПОСОБЫ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье рассматриваются принцип работы и условия безопасного функционирования циклона; проведен расчет, на основании которого предложено внедрение предохранительного устройства по снижению давления в аппарате до безопасной величины.

Ключевые слова: технологическое оборудование, циклон, взрывозащита, мембраны, клапаны.

A. A. Gruzdev, A. E. Shkondin, M. A. Zabolotskih

METHODS OF EXPLOSION PROTECTION OF PROCESSING EQUIPMENT

The article discusses the principle of operation and conditions of safe functioning of a cyclone; a calculation is carried out, on the basis of which the introduction of a safety device for reducing the pressure in the device to a safe value is proposed.

Keywords: processing equipment, cyclone, explosion protection, membranes, valves.

Критическим фактором риска на производствах, связанных с обработкой сыпучих органических материалов, является технологическое оборудование, в котором возможно формирование взрывоопасной среды. В мукомольной, деревообрабатывающей и других смежных отраслях к таким установкам в первую очередь относятся циклоны — ключевые элементы аспирационных систем, предназначенные для сепарации пылевых частиц из воздушного потока. Принцип их действия основан на инерционном методе: запыленный воздух подается по касательной, создавая вихревое движение, в котором частицы пыли под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам корпуса, оседают и перемещаются в накопительный бункер, тогда как очищенный воздушный поток выводится наружу.

Эксплуатация циклона должна быть немедленно прекращена при выявлении деформаций корпуса, таких как вмятины, при отсутствии заземления или при наличии видимых очагов коррозии, поскольку такие дефекты напрямую влияют на безопасность. Нарушения геометрии корпуса могут приводить к образованию застойных зон и «зависанию пыли», что создает условия для локального роста концентрации горючего вещества до взрывоопасного уровня и, при появлении источника зажигания, может спровоцировать воспламенение. Циклоны серии УЦ, в частности модель УЦ-560 (рисунок).

Условное обозначение циклона:

У — универсальный; Ц — циклон;
560 — калибр (диаметр корпуса в мм).

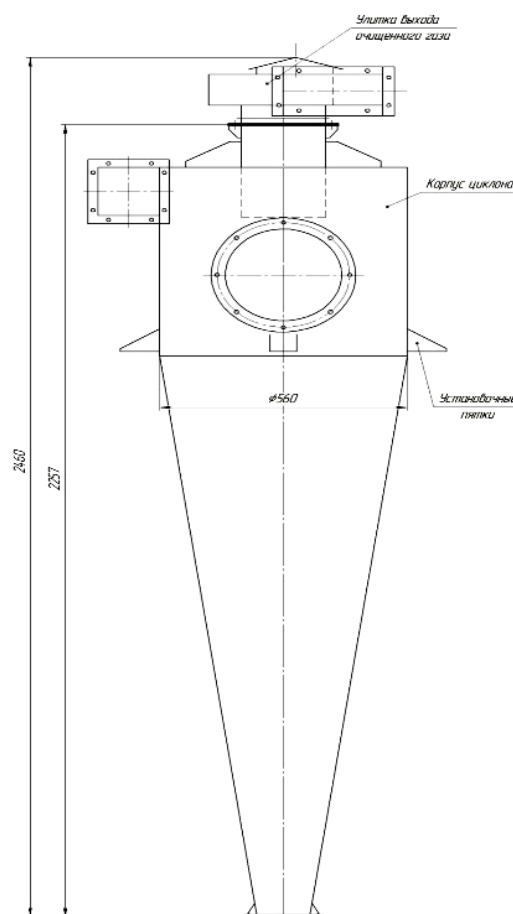


Рисунок. Схема циклона УЦ-560

Циклоны серии УЦ, в частности модель УЦ-560 (рисунок), предназначены для улавливания неслипающихся и неволокнистых пылей, а также их смесей с сухой стружкой. При нарушении герметичности или других отклонениях от штатного режима работы внутри аппарата может сформироваться горючая пылевоздушная смесь, способная детонировать. Согласно Федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», взрыв определяется как стремительное химическое преобразование среды, сопровождающееся высвобождением энергии и образованием сжатых газов [1].

Характерным последствием такого процесса является скачкообразное нарастание давления, которое при горении пылевоздушных смесей может превышать исходное в 4–6 раз. Разрушение аппарата в результате взрыва ведет к каскадному развитию аварии: повреждению смежного оборудования, нарушению целостности строительных конструкций и стремительному распространению пожара. Как показывают исследования в области промышленной безопасности, более 30 % взрывов инициируют последующие пожары, что существенно осложняет ликвидацию последствий аварии и становится причиной травматизма персонала [2]. Это обуславливает абсолютную необходимость внедрения эффективных систем защиты технологического оборудования. В соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-2012, для минимизации последствий взрыва должны применяться устройства, обеспечивающие сброс давления в аппаратах до безопасного уровня [3].

Наиболее распространенным методом является оснащение оборудования предохранительными устройствами, такими как взрывные клапаны или разрушающиеся мембраны. Надежность системы взрывозащиты определяется двумя ключевыми параметрами: своевременностью срабатывания при заданном давлении и достаточной пропускной способностью для сброса продуктов горения. В качестве дополнительных, но не менее важных мер, необходимо предусматривать защиту от накопления статического электричества, которое является одним из частых источников зажигания пылевоздушных смесей [4]. Для обеспечения безопасности циклона проводится инженерный расчет требуемой площади разгерметизации по методике, изложенной в ГОСТ Р 12.3.047-2012. Данный метод позволяет определить минимальную площадь сбросного сечения, вскрытие которого предотвратит разрушение аппарата.

Безопасная площадь разгерметизации низкопрочных замкнутых оболочек, которые не выдерживают избыточное давление выше 10 кПа, рассчитывается следующим образом:

$$F = \frac{C \cdot F_s}{P_{\max u}^{0,5}},$$

где F – безопасная площадь разгерметизации, м^2 ;

C – константа, зависит от уровня взрывоопасности пыли, принимаем равной 0,51;

F_s – площадь внутренней поверхности замкнутой оболочки, m^2 ;

P_{max} – максимальное допустимое избыточное давление взрыва пыли в защищаемом объеме, кПа, значение допустимого давления взрыва для аппаратов объемом до $2,0 m^3$ принимаем равным $1,0 \text{ кгс/см}^2$.

$$F = \frac{0,51 \cdot 1,083}{981^{0,5}} = 0,056 m^2,$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{3,14}} = 0,267 m.$$

Принимаем взрыворазрядное устройство с проходным сечением круглой или прямоугольной формы, в качестве материала клапана принимаем алюминиевую фольгу толщиной 0,4 мм.

При прямоугольной форме проходного сечения взрыворазрядного устройства его стороны должны находиться в пределах [5]:

$$0,625 \cdot D \leq b \text{ или } h \leq 2,5 \cdot D$$

При определении размеров прямоугольного сечения задаемся значением одной из сторон (стороны h), другая сторона прямоугольного сечения может быть определена по формуле:

$$b = \frac{D \cdot h}{2 \cdot h - D}.$$

Взрывные клапаны могут устанавливаться на корпусе циклона в зоне неочищенного воздуха, а также на спиральном листе и крышке выхлопной камеры. Для предохранения от повреждений под действием пульсации давления (или при разрежении внутри циклона) перед устройством установить сетку из проволоки толщиной 1 - 2 мм с ячейками размером 30×30 мм [6].

Таким образом, обеспечение взрывобезопасности циклонов и другого аспирационного оборудования является комплексной инженерной задачей, требующей строгого соблюдения нормативных требований и глубокого понимания физико-химических процессов горения пылевоздушных смесей. Риск взрыва, обусловленный спецификой технологического процесса, диктует необходимость применения как превентивных мер (контроль технического состояния, заземление, защита от статического электричества), так и систем пассивной защиты. Ключевым элементом такой защиты выступает система сброса избыточного давления через взрыворазрядные устройства.

Эффективность этой системы напрямую зависит от корректности расчетов безопасной площади разгерметизации, а также от правильного выбора конструкции, материалов и места установки предохранительных клапанов [7,8]. Комплексный подход, объединяющий грамотное проектирование, точные расчеты и строгое соблюдение регламентов эксплуатации, позволяет минимизировать промышленные риски и предотвратить катастрофические последствия аварий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник: в 2-х ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Асс. "Пожнаука", 2004. — 713 с.
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
4. ГОСТ 12.1.018-93. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
5. Рекомендации по проектированию и безопасной эксплуатации циклонов на предприятиях деревообрабатывающей промышленности.
6. Приказ Минтруда России от 27.10.2020 № 746н «Об утверждении Правил по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при выполнении лесохозяйственных работ».
7. Бушнев Г.В., Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н. Обеспечение пожарной безопасности технологических процессов и производств /Учебное пособие. - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2019 - 638 с.
8. Машин А.С., Кадочникова Е.Н. Обеспечение пожарной безопасности на объектах производственного назначения // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2021. № 3 (39). С. 60-64.

УДК 614.841.34 : 678.067 : 665.6/.7

А. А. Демьянов, А. А. Кочкин, Б. Р. Волков, Ю. К. Фадеев
Военная академия Материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулева

**ОГНЕСТОЙКИЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ: СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

Проанализированы современные огнестойкие композитные материалы для пассивной огнезащиты оборудования в нефтегазовой отрасли. Рассмотрены ключевые типы композитов с учетом рисков углеводородных и струйных пожаров. Описаны актуальные решения, включая многослойные панели и съемные экраны. Определены перспективы исследований: нанокompозиты, экологичные материалы и совершенствование моделирования.

Ключевые слова: Огнестойкие композитные материалы, пассивная огнезащита, нефтегазовое оборудование, углеводородный пожар, полимерные композиты, эпоксидные составы, конструктивная огнезащита.

A. A. Demyanov, A. A. Kochkin, B. R. Volkov, Y. K. Fadeev

FIRE-RESISTANT COMPOSITE MATERIALS FOR PROTECTION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF OIL AND GAS FACILITIES: MODERN SOLUTIONS AND PROSPECTS OF APPLICATION

Modern fire-resistant composite materials for passive fire protection of equipment in the oil and gas industry are analyzed. Key types of composites are reviewed, considering the risks of hydrocarbon and jet fires. Current solutions are described, including multilayer panels and removable screens. Future research directions are identified: nanocomposites, eco-friendly materials, and improved modeling methods.

Key words: Fire-resistant composite materials, passive fire protection, oil and gas equipment, hydrocarbon fire, polymer composites, epoxy compounds, constructive fire protection.

Пожарная безопасность объектов нефтегазового комплекса (НГК) остается критически важной задачей, поскольку аварии на них могут инициировать катастрофические события, включая взрывы вскипающей жидкости (BLEVE) и каскадное разрушение оборудования [1]. Фундаментальная уязвимость таких объектов связана со сталью — основным конструкционным материалом, который при температурах пожара 500-600 °C стремительно теряет несущую способность, достигая этой отметки всего за 15-20 минут [2]. Данный фактор обуславливает острую необходимость применения эффективных средств пассивной огнезащиты для предотвращения разрушения несущих конструкций и технологического оборудования. Цель настоящей статьи – систематизация и анализ современных решений в области огнестойких композитных материалов для защиты объектов НГК и определение перспектив их развития.

Пожарная нагрузка на объектах НГК имеет выраженную специфику. Углеводородный и струйный (Jet Fire) режимы горения отличаются быстрым ростом температуры и мощным эрозионным воздействием пламени [3]. Это требует применения материалов, прошедших испытания по специализированным стандартам. Ситуация усугубляется экстремальными условиями эксплуатации, такими как криогенные воздействия при разливе СПГ и деградация самих конструкций из-за коррозии [4]. Главная задача огнезащиты

– обеспечить требуемый предел огнестойкости по потере несущей способности (R) для критически важного оборудования: технологических аппаратов, резервуаров, несущих эстакад и фонтанной арматуры скважин [5].

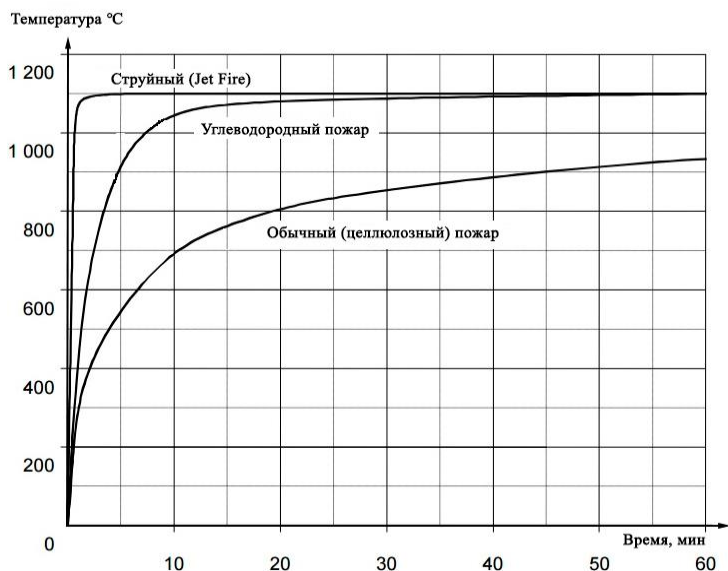


Рис. 1. Температурные кривые различных режимов пожара: струйного (Jet Fire), углеводородного и стандартного (целлюлозного)

По принципу действия огнезащитные композиты делятся на вспучивающиеся (интумесцентные), образующие теплоизолирующий пенококс, и конструктивные (невспучивающиеся), имеющие изначально низкую теплопроводность [6]. В качестве связующего наиболее востребованы эпоксидные смолы, совмещающие огнезащитные и антикоррозионные функции [7]. Также применяются фенолформальдегидные смолы, отличающиеся высокой степенью коксования [8], и неорганические составы на цементной или силикатной основе [9]. Огнезащитные свойства достигаются введением компонентов интумесцентной системы (полифосфаты, полиолы, газообразователи) [10].

Среди современных решений выделяются толстослойные эпоксидные вспучивающиеся составы, которые формируют прочный, устойчивый к эрозии пенококсовый слой с ячеистой микроструктурой [11].



Рис. 2. Принцип действия интумесцентного (вспучивающегося) огнезащитного покрытия

Эффективность их применения на практике напрямую зависит от строгого контроля качества нанесения. Конструктивная защита эволюционировала от традиционных штукатурок, имеющих ограничения по весу и вибростойкости [9], к более технологичным системам: многослойным панелям для защиты от комбинированных воздействий [4] и съемным теплозащитным экранам для оборудования, требующего периодического обслуживания [5].



Рис. 3. Современные решения конструктивной огнезащиты:
а) многослойная панельная система;
б) съемный теплозащитный экран на фланцевом соединении.

Дальнейший прогресс в области огнезащиты связан с созданием материалов нового поколения и совершенствованием методов их проектирования. Ключевыми трендами являются:

- Использование наночастиц (наноглины, углеродные нанотрубки, оксиды металлов), которые армируют коксовый слой на микроуровне, повышая его прочность и теплоизоляционные свойства [12, 13];
- Разработка химических термомодификаторов, например, на основе макрогетероциклических соединений, способных ингибировать горение на молекулярном уровне [14];
- Создание экологически безопасных композитов, характеризующихся пониженным дымо- и токсиновыделением в условиях пожара [15];

Переход к математическому моделированию и системному подходу при проектировании составов, что позволяет оптимизировать их рецептуры и прогнозировать эффективность без проведения многочисленных дорогостоящих натурных испытаний [6, 16].

Современные огнестойкие композитные материалы являются неотъемлемым элементом обеспечения пожарной безопасности объектов НГК. Наибольшее практическое применение находят вспучивающиеся эпоксидные составы, сочетающие огне- и антикоррозионную защиту, и конструктивные системы, в том числе инновационные съемные экраны. Выбор конкретного решения должен основываться на всестороннем анализе условий эксплуатации. Перспективное развитие отрасли направлено на создание нанокompозитов и экологически безопасных материалов, а также на широкое внедрение

современных методов компьютерного моделирования и системного проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шебеко Ю.Н. Особенности поведения резервуаров со сжиженным природным газом (СПГ) в очаге пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2023. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-povedeniya-rezervuarov-so-szhizhennym-prirodnym-gazom-spg-v-ochage-pozhara> (дата обращения: 05.09.2025).
2. Сметанкина Г.И., Кузьменко А.А. Разрушение строительных металлоконструкций в условиях пожара // E-Scio. 2022. №10 (73). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrushenie-stroitelnyh-metallokonstruktsiy-v-usloviyah-pozhara-1> (дата обращения: 09.09.2025).
3. Андрюшкин А. Ю., Киршина А. А., Кадочникова Е. Н. Оценка огнезащитной эффективности вспучивающихся покрытий стальных конструкций в высокотемпературных газовых потоках // Пожаровзрывобезопасность. 2021. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ognezashitnoy-effektivnosti-vspuchivayuschih-sya-pokrytiy-stalnyh-konstruktsiy-v-vysokotemperaturnyh-gazovyh-potokah> (дата обращения: 05.09.2025).
4. Марина В.Г., Антонов С.П., Фридрих О.А., Недвига Е.С. Системы огнезащиты стальных конструкций с цементными плитами и противопожарным барьером при криогенном и Jet-Fire воздействиях // Пожары и ЧС. 2024. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-ognezashchity-stalnyh-konstruktsiy-s-tsementnymi-plitami-i-protivopozharnym-barierom-pri-kriogennom-i-jet-fire-vozdeystviyah> (дата обращения: 07.09.2025).
5. Акулов А.Ю., Бараковских С.А., Кошелев А.Ю., Смирнов В.В. Проектирование огнезащитного состава теплозащитных металлических щитов-экранов нефтегазовых скважин // Известия вузов. Нефть и газ. 2015. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-ognezashitnogo-sostava-teplozaschitnyh-metallicheskih-schitov-ekranov-neftegazovyh-skvazhin> (дата обращения: 05.09.2025).
6. Головина Е.В., Калач А.В., Безапонная О.В., Крутолапов А.С., Шарапов С.В. Повышение безопасности объектов нефтегазового комплекса путем совершенствования огнезащитных составов // Пожаровзрывобезопасность. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-bezopasnosti-obektov-neftegazovogo-kompleksa-putem-sovershenstvovaniya-ognezashitnyh-sostavov> (дата обращения: 06.09.2025).
7. Нуркулов Э.Н. Исследование физико-химических свойств огнезащитных покрытий на основе эпоксидной смолы // Universum: технические науки. 2024. №5 (122). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-fiziko-himicheskikh-svoystv-ognezashitnyh-pokrytiy-na-osnove-epoksidnoy-smoly> (дата обращения: 09.09.2025).
8. Алиева А.П. Композиционные материалы на основе фенолформальдегидных смол // Производство и использование эластомеров. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompozitsionnye-materialy-na-osnove-fenolformaldegidnyh-smol> (дата обращения: 05.09.2025).
9. Гравит М.В., Шабунина Д.Е. Штукатурные составы как огнезащита стальных конструкций объектов нефтегазового комплекса // Пожары и ЧС. 2022. №3.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shtukaturnye-sostavy-kak-ognezashchita-stalnyh-konstruktsiy-obektov-neftegazovogo-kompleksa> (дата обращения: 07.09.2025).

10. Меденцев Н.В., Нуркулов Ф.Н. Вспучивающиеся огнезащитные полимерные покрытия на основе эпоксидной смолы для защиты металлических конструкций // *Universum: технические науки*. 2025. №7 (136). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vspuchivayushchiesya-ognezashchitnye-polimerye-pokrytiya-na-osnove-epoksidnoy-smoly-dlya-zaschity-metallicheskih-konstruktsiy> (дата обращения: 08.09.2025).

11. Нуркулов Э.Н. Результаты СЭМ и элементного анализа вспучивающегося покрытия на основе антипирена и эпоксидной смолы, содержащих азот фосфор // *Universum: технические науки*. 2023. №4-5 (109). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-sem-i-elementnogo-analiza-vspuchivayushchegosya-pokrytiya-na-osnove-antipirena-i-epoksidnoy-smoly-soderzhaschih-azot> (дата обращения: 09.09.2025).

12. Борисова В.А. Исследование физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик полимерных композиционных материалов, модифицированных углеродными структурами // *Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России»*. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-fiziko-himicheskikh-svoystv-i-ekspluatatsionnyh-harakteristik-polimernyh-kompozitsionnyh-materialov-modifitsirovannyh> (дата обращения: 05.09.2025).

13. Ленартович Л.А., Прокопчук Н.Р., Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Любимов А.Г. Влияние наночастиц оксидов металлов на свойства полимерных материалов (обзор) // *Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология*. 2024. №2 (283). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nanochastits-oksidov-metallov-na-svoystva-polimernyh-materialov-obzor> (дата обращения: 08.09.2025).

14. Кувшинов Г.В., Суровегин А.В., Баканов М.О., Микушкин О.В. Перспективы использования макрогетероциклических соединений в качестве термомодификаторов композитных полимерных материалов // *Современные проблемы гражданской защиты*. 2021. № 2 (39). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-makrogeterotsiklicheskih-soedineniy-v-kachestve-termomodifikatorov-kompozitnyh-polimernyh-materialov> (дата обращения: 07.09.2025).

15. Мельдер Е.В., Пузач С.В., Сивенков А.Б. Токсичность продуктов термоллиза и дымообразующая способность огнезащитных вспучивающихся покрытий для стальных конструкций // *Пожары и ЧС*. 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/toksichnost-produktov-termoliza-i-dymoobrazuyuschaya-sposobnost-ognezashchitnyh-vspuchivayushchih-sya-pokrytiy-dlya-stalnyh> (дата обращения: 08.09.2025).

16. Акулов А.Ю., Смирнов В.В. Алгоритм проектирования огнезащитного состава для металлических конструкций объектов нефтегазового комплекса // *Глобальная энергия*. 2011. № 2 (123). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-proektirovaniya-ognezashchitnogo-sostava-dlya-metallicheskih-konstruktsiy-obektov-neftegazovogo-kompleksa> (дата обращения: 05.09.2025).

УДК 614.842/.847; 662.61

Р. Р. Димухаметов¹, А. П. Шарова², Д. С. Иванова¹, В. В. Плахов¹

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет

²Муромский приборостроительный завод

ТОНКОСЛОЙНЫЕ ПИРОЭЛЕМЕНТЫ АЭРОЗОЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НЕЗАМКНУТЫХ ОБЪЕМАХ

В работе предпринята попытка разработки технологии тушения целлюлозных материалов в открытой местности при помощи процесса ингибирования горения целлюлозы с помощью свежесформованных высокодисперсных частиц размером 1-5 мкм на основе соединений калия, получаемые в процессе горения разработанного аэрозолеобразующего огнетушащего состава (АОС).

Работы по эффективному применению данного способа тушения пожаров природных осложняются погодными условиями - наличием ветра, способствующие развитию аэрозоля, раздуванию пожара при тлении и пиролизе целлюлозных материалов.

В ходе проведенных в данной работе исследований разработан тонкослойный пироэлемент на основе АОС с низкой температурой и чистыми продуктами сгорания, компоненты которых, в сравнении со штатным составом, имеют широкую отечественную сырьевую базу.

Работа направлена на расширение области применения пироэлементов огнетушащего аэрозоля, а именно для локализации лесных и ландшафтных пожаров. Для уменьшения зажигательной способности с сохранением максимальной огнетушащей способности продуктов сгорания АОС, в работе, в качестве компонента предлагается использовать полисахарид-термопласт с температурой плавления 95 °С.

Ключевые слова: огнетушащие пиротехнические изделия, тонкослойный пироэлемент, пожар, аэрозоль, температура горения

R. R. Dimukhametov, A. P. Sharova, D.S. Ivanova, V.V. Plakhov

THIN-LAYER PYROELEMENTS FOR AEROSOL FIRE EXTINGUISHING OF CELLULOSIC MATERIALS IN UNCONFINED VOLUMES

This study attempts to develop a technology for extinguishing cellulose materials in open areas using a process for inhibiting cellulose combustion using freshly formed, highly dispersed particles (1-5 μm) based on potassium compounds, produced during the combustion of the developed aerosol-forming fire extinguishing agent (AFE).

Efforts to effectively use this method for extinguishing natural fires are complicated by weather conditions, such as wind, which promote aerosol development and the spread of fire during smoldering and pyrolysis of cellulose materials.

The research conducted in this study resulted in the development of a thin-film pyroelectric element based on AFE with a low temperature and clean combustion products. The components, compared to standard components, have a wide domestic resource base.

This study aims to expand the scope of application of pyroelectric elements in fire extinguishing aerosols, specifically for the containment of forest and landscape fires. To reduce the incendiary potential while maintaining the maximum fire-extinguishing capacity of the combustion products of the AOS, this study proposes using a thermoplastic polysaccharide with a melting point of 95 °C as a component.

Key words: fire-extinguishing pyrotechnic products, thin-film pyrotechnic element, fire, aerosol, combustion temperature

Проблема лесных пожаров глобальна в мировом масштабе (рис. 1), так как их последствия приводят к уничтожению гектаров ценных пород деревьев, непоправимому экологическому ущербу, а также создают опасность близлежащим населенным пунктам. Перед научным сообществом стоит важная задача поиска наиболее оптимальных путей локализации пожаров, охватывающих значительные площади.



Рис. 1. Природные пожары

Для эффективного решения проблемы борьбы с лесными пожарами необходимо разработать новые виды экологически чистых огнезащитных, огнезамедляющих и огнеподавляющих составов для применения в лесных угодьях, которые могут повысить эффект усилий по подавлению лесных пожаров.

Химические системы для тушения лесных пожаров в мировой практике классифицируются на следующие группы [1]:

- долгосрочные замедлители;
- пенные подавители;
- гели, усиливающие водостойкость.

Для сравнения в работе были рассмотрены следующие варианты химических систем для тушения лесных пожаров:

- 1) долгосрочные подавители - полифосфат аммония и натрия (рис. 2а);
- 2) гидрогель, усиливающий водостойкость в сухом виде (рис. 2б);
- 3) гидрогель, усиливающий водостойкость во влажном виде (рис. 2в);
- 4) гидрогель с соединениями кремния (аэросил марки А-300) во влажном виде (рис. 2г).

Порядок проведения эксперимента с использованием известных химических систем для тушения лесных пожаров показан на рис. 3.



Рис. 2. Рассмотренные варианты химических систем для тушения лесных пожаров



Рис. 3. Варианты проведения эксперимента
с использованием известных химических систем для тушения лесных пожаров

В ходе эксперимента выявлено, что слой гелей и полифосфатов не остановили процесс горения (рис. 4).



Рис. 4. Проведение эксперимента с использованием
с использованием известных химических систем для тушения лесных пожаров

Поэтому необходим альтернативный способ локализации лесных пожаров, одним из которых является использование аэрозолеобразующих составов.

Целью данной работы явилось разработка технологии профилактики и тушения лесных пожаров с применением тонкослойных аэрозолеобразующих пирозлементов.

К реализации планируется аэрозолеобразующий пироэлемент, обладающий высокой плотностью и соответственно высоким проникновением в сухую растительность. Плотность предлагаемых пироэлементов составляет $1,7-2,0 \text{ г/см}^3$, что значительно превышает плотность применяемых гидрогелей и замедлителей горения на основе полифосфатов аммония $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n$, диаммоний фосфатов, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, бентонитов $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4(\text{SiO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$, водных растворов сульфата алюминия, гидрокарбоната калия, сополимера акриловой кислоты и стирола, и других гидрогелей, плотность которых не превышает $1,45 \text{ г/см}^3$.

Предлагаемый аэрозолеобразующий пироэлемент представляет собой устройство противопожарной защиты, применяемое в технологиях пожаротушения природного и техногенного характера, предназначено для создания заградительных полос и локализации лесных пожаров.

Основной специальный эффект применения аэрозолеобразующих составов (АОС) заключается в получении дисперсного аэрозоля в ходе цепной саморазвивающейся окислительно-восстановительной реакции в форме горения химически стабильных в исходном состоянии конденсированных веществ.

Основным эффектом замедления цепной химической реакции горения в очаге пожара является процесс химического ингибирования частицами дисперсного аэрозоля. Мелкодисперсные, высокоактивные за счет свежееобразованной поверхности частицы дисперсного аэрозоля размером от 1 до 5 мкм (рис. 5) практически не подвержены седиментации и за счет движения воздуха достаточно длительное время могут находиться во взвешенном состоянии.

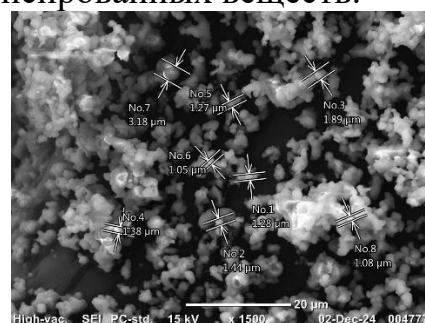


Рис. 5. Фото дисперсных частиц пиротехнического аэрозоля

За счет образования более мелких частиц дисперсного аэрозоля (большей удельной поверхности частиц), по сравнению с порошковым способом пожаротушения, в разы повышается эффективность применения данного способа локализации пожаров. Высокая огнетушащая способность и механизм действия аэрозолей АОС определяются комбинированным действием ряда взаимосвязанных процессов образования аэрозолей и их взаимодействием с пламенем.

В данное время в России имеется достаточный опыт создания АОС и использования их в средствах аэрозольного тушения в замкнутых объемах [2]. Однако при тушении с использованием АОС в открытых объемах, особенно в полевых условиях, опытные данные отсутствуют. Проводимые авторами исследования направлены на разработку технологии тушения целлюлозных материалов на открытой местности при помощи процесса ингибирования свежееобразованных частиц АОС, а также на создание новых АОС на основе полисахаридов, которые имеют широкую отечественную сырьевую базу.

Анализ литературных данных [3] показал, что на традиционных органических горючих нельзя получить АОС, удовлетворяющие требованиям тушения горения твердых веществ подкласса А1, сопровождаемое тлением (уголь, древесина, текстиль и другие волокнистые материалы).

В наибольшей степени предъявляемым требованиям удовлетворяют низкотемпературные медленногорящие огнетушащие составы на основе смеси калиевой селитры и органических горючих, например, полисахаридов, температура горения которых составляет 250-300 °С [4].

В ходе анализа процесса горения и аэрозолеобразования исследуемых АОС с нитратом калия и полисахаридами выбраны составы с беспламенным горением, которые были испытаны на огнетушащую способность.

Отработан технологический процесс изготовления изделий из предложенного АОС в лабораторных условиях методом свободной заливки, проведены лабораторные испытания разработанных тонкослойных аэрозолеобразующих пироэлементов (рис. 6) на эффективность тушения очагов пожара из различных целлюлозных материалов в открытых объёмах, которые показали хороший результат.



Рис. 6. Фото тонкослойных аэрозолеобразующих огнетушащих пироэлементов

Разработанный АОС на основе нитрата калия и полисахарида, перерабатываемый методом термического плавления, заливки и отверждения, по характеристикам аналогичен штатному АОС, состоящему из нитрата калия, идитола и дициандиамида. Рекомендованный состав имеет меньшую, по сравнению со штатным составом, температуру аэрозоля (на 349,6 К), а, следовательно, меньшую зажигательную способность, при этом по огнетушащей способности предложенный АОС находится на уровне со штатным составом. По содержанию солей калия в аэрозоле у предложенного состава значения ниже на 0,632 моль/кг, чем у штатного, что не сказывается на пожаротушащей эффективности и химической активности дисперсного аэрозоля.



Рис. 7. Фото тушения тонкослойным аэрозолеобразующим огнетушащим пироэлементом сухой листвы в камере пожаротушения

Эксперимент проводили в негерметичной камере пожаротушения объемом $V_k = 2,52 \text{ м}^3$ - дверцу камеры пожаротушения оставляли открытой (рис. 7). В качестве модельных очагов пожара использовали локальные очаги возгорания – сухие целлюлозные материалы (трава, листва, хвоя, торф и т.п.).

Экспериментальные исследования показали, что разработанные пиротехнические составы горят практически без пламени, а выделяемый дисперсный аэрозоль обладает высокой пожаротушающей способностью.

В результате проведенных в работе экспериментальных исследований предложены рецептуры аэрозолеобразующих огнетушащих пиротехнических составов, состоящие из нитрата калия и полисахарида.

Таким образом, авторами предложена конструкция тонкослойного пироэлемента на основе разработанных аэрозолеобразующих огнетушащих составов, технология его формования и технология тушения целлюлозных материалов. Проанализирована устойчивость горения тонкослойных пироэлементов, оценен специальный эффект разработанных АОС на процесс тушения целлюлозных материалов.

Сравнительный анализ конструкций пироэлементов на основе разработанного АОС показал, что наиболее эффективно для локализации целлюлозных материалов в открытых объёмах использование тонкослойных пироэлементов толщиной порядка 2 мм. Скорость горения таких пироэлементов составляет 0,5-1 г/с, при этом они легко воспламеняются от пламени горящих целлюлозных материалов, таких как сухая трава, листва и хвоя. Определен минимальный расход пленочных пироэлементов для гарантированной локализации фронта горения целлюлозных материалов, который составляет 100 г на 1 метр заградительной полосы.

Литьевая технология получения тонкослойных пироэлементов из разработанного АОС рекомендуется к внедрению на профильных предприятиях России, а технология тушения пожаров целлюлозных материалов рекомендована для соответствующих служб авиалесоохраны, МЧС России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидроаэрогель: новая защита от пожаров URL: <https://habr.com/ru/companies/ua-hosting/articles/838750/>
2. Емельянов В. Н., Абдуллин И. А., Тимофеев Н. Е. [и др.] Аэрозольное пожаротушение: монография. Казань: Бриг, 2016. 227 с.
3. Гришин А.Н., Голованов А.Н., Суков Я.В. Экспериментальное определение технофизических, термокинетических и фильтрационных характеристик торфа // Инженерно-физический журнал. 2006. Т. 79. № 3. С.131-136.3.
4. Тонкослойные аэрозольнообразующие огнетушащие пироэлементы Димухаметов Р.Р., Шарова А.П., Кнутов А.А., Иванова Д.С., Плахов В.В. // Тезис XI Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов», Иваново, 2024 г. (<https://elibrary.ru/item.asp?id=67689308>)

УДК 614.842.8

В. Ф. Дьяков

Уральский институт ГПС МЧС России

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА

В современных условиях обеспечение пожарной безопасности является одной из приоритетных задач для жилых, промышленных и общественных объектов. Эффективное обнаружение пожара на ранней стадии существенно снижает риск угрозы для жизни людей и минимизирует материальный ущерб. В статье рассматриваются современные технологические решения и пути совершенствования систем обнаружения пожара.

Ключевые слова: извещатели, раннее обнаружение пожара, обеспечение пожарной безопасности.

V. F. Dyakov

INNOVATIVE APPROACHES TO IMPROVING FIRE EARLY DETECTION TECHNOLOGIES

In modern conditions, ensuring fire safety is one of the priorities for residential, industrial and public facilities. Effective fire detection at an early stage significantly reduces the risk of endangering human life and minimizes material damage. The article discusses modern technological solutions and ways to improve fire detection systems.

Key words: detectors, early detection of fire, fire safety.

Проблема своевременного и точного обнаружения пожаров остается одной из наиболее актуальных для современного общества. Стремительное развитие городской инфраструктуры, увеличение плотности жилой застройки, а также роста числа промышленных объектов приводит к значительному увеличению потенциальных источников возгораний. Ежегодно во всем мире фиксируются сотни тысяч случаев возникновения пожаров, уносящих человеческие жизни и причиняющих огромный материальный ущерб. Особую угрозу представляют пожары на объектах с массовым пребыванием людей (в жилых домах, торгово-развлекательных комплексах, образовательных и медицинских учреждениях), а также на предприятиях с наличием технологически опасных производств. Даже при функционировании традиционных средств обеспечения пожарной безопасности статистика по пожарам свидетельствует о случаях позднего обнаружения возгораний, когда пламя успевает распространиться на значительную площадь до прибытия пожарно-спасательных подразделений.

Осложняет ситуацию и то, что современные строительные материалы часто обладают высокой горючестью, а технологические процессы сопровождаются появлением новых видов опасных веществ, которые могут маскировать возгорание, снижая эффективность стандартных детекторов. Кроме того, большое количество ложных срабатываний систем сигнализации приводит к снижению доверия к ним у персонала и служб экстренного реагирования, что также увеличивает риск тяжелых последствий.

Проблема обнаружения пожара на ранней стадии требует комплексного подхода с учетом новых архитектурных, технологических и эксплуатационных особенностей зданий и сооружений. Современные вызовы диктуют необходимость постоянного совершенствования технологий выявления очагов возгорания, интеграции интеллектуальных систем, повышения точности и скорости реагирования. Только за счет внедрения инновационных решений и многоуровневых систем мониторинга можно обеспечить надежную защиту человеческих жизней и сокращение убытков от последствий пожаров как в городской, так и в промышленной среде [1, 2].

В настоящее время совершенствование систем раннего обнаружения пожара включает в себя ряд ключевых технологических направлений, позволяющих повысить эффективность противопожарной защиты на критически важных объектах, к которым можно отнести:

– Интеллектуализация систем обнаружения очагов возгорания. Современные интеллектуальные алгоритмы, основанные на технологиях искусственного интеллекта, существенно повышают точность и скорость раннего выявления пожара. Машинное обучение позволяет анализировать широкий спектр входных данных - от параметров воздуха и температуры до видеоинформации с камер наблюдения. Системы “умного” реагирования способны различать реальные инциденты от ложных срабатываний, связанными, например, с дымом от бытового использования или паром. На практике применяются нейронные сети, которые учатся распознавать характерные признаки реального пожара по набору данных, что значительно сокращает время реагирования.

– Интеграция мультисенсорных технологий. Комбинирование различных типов датчиков (дымовые, тепловые, газовые, извещатели пламени), расширяет диапазон выявляемых признаков пожара. Интеграция данных от нескольких источников повышает достоверность и позволяет обнаруживать пожар даже в нестандартных условиях, например, при задымлении без открытого пламени. Такой подход особенно результативен на объектах с высокими потолками или в помещениях сложной конфигурации, где типовые решения менее эффективны.

– Видеодетекция возгорания. Системы видеонаблюдения, оснащенные программным обеспечением для анализа изображений, способны идентифицировать очаги пламени, задымления или нестандартное повышение температуры на видео. Эти решения особенно актуальны для открытых пространств, больших складских помещений и объектов с максимальными

площадями. Видеодетекторы часто интегрируются с другими подсистемами безопасности, что позволяет одновременно контролировать периметр и обнаруживать потенциально опасные ситуации.

– Ранняя диагностика электропроводки. Инновационные датчики способны диагностировать перегрев кабельных линий и электрических щитов, предупреждая короткое замыкание и возгорание на ранней стадии. Системы контроля температуры проводников используются на промышленных предприятиях и в современных жилых комплексах, обеспечивая непрерывный мониторинг состояния инженерных сетей.

В последние годы на рынке появились комплексные решения, включающие в себя облачные сервисы для хранения и анализа данных по пожарной безопасности. Такие платформы позволяют в режиме реального времени получать информацию о состоянии датчиков, анализировать тренды и оперативно реагировать на возможные угрозы. Использование беспроводных сетей передачи данных расширяет возможности по интеграции разнородных устройств и датчиков даже в зданиях старой постройки, где прокладка новой кабельной инфраструктуры затруднена.

В числе перспективных разработок можно отметить применение IoT-технологий, благодаря которым датчики и системы сигнализации объединяются в единую сеть, что обеспечивает мгновенный обмен данными и централизованное управление [3, 4].

В заключении отметим, что совершенствование технологий обнаружения пожара идет по пути комплексности, повышения интеллектуальности и интегрируемости систем. Применение новейших технических достижений и их адаптация к специфике конкретных объектов позволяет существенно повысить эффективность противопожарной защиты. Интеграция новых методов и систем мониторинга обеспечивает стремительное реагирование на инциденты, снижая риски для жизни и здоровья людей, а также потери имущества. Комплексный и научно обоснованный подход в развитии систем раннего обнаружения пожара позволит вывести обеспечение пожарной безопасности на принципиально новый уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметхафизов, А. В. инновационные методы и технологии для совершенствования обнаружения пожара / А. В. Ахметхафизов, А. А. Шарафутдинов, А. А. Шарафутдинова // 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. 29-34. – EDN QCNRDB.

2. Новые технологии раннего обнаружения пожара / И. В. Григорьев, В. В. Кутузов, К. С. Талировский, В. А. Безруков // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2016. – № 4(40). – С. 42-46. – EDN XRKAVX.

3. Москвина, Н. В. Применение технологий «интернета вещей» в области пожарной безопасности / Н. В. Москвина // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, Иваново, 10–11 ноября 2021 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», 2021. – С. 121-125. – EDN KHDODK.

4. Мураев, Н. П. Основные аспекты обеспечения пожарной безопасности гражданских зданий / Н. П. Мураев, А. А. Карапузиков, Т. Г. Юмадеев // Актуальные вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения : Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 23–24 сентября 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 150-153. – EDN AIMUGM.

УДК 504.054:621.791

Ю. Г. Забихуллин, Э. В. Нафикова, Д. В. Александров
Уфимский университет науки и технологий

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА И РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ ИХ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ

В статье рассматривается влияние сварочного производства на здоровье человека и окружающую среду. Проанализированы состав и концентрации вредных веществ при разных способах сварки, приведено сравнение с ПДК. Рассмотрены современные методы снижения негативного воздействия, включая фильтрацию, утилизацию и использование экологических материалов.

Ключевые слова: сварочный аэрозоль, вредные вещества, охрана труда, ПДК, загрязнение окружающей среды, очистка, нейтрализация, экологическая безопасность, 3D-моделирование, переработка отходов, нормативные документы.

Y. G. Zabikhullin, E. V. Nafikova, D. V. Aleksandrov

ANALYSIS OF THE STATE OF THE PROBLEM OF ASSESSING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF HARMFUL SUBSTANCES IN WELDING PRODUCTION AND DEVELOPING METHODS OF THEIR NEUTRALIZATION

The article examines the impact of welding production on human health and the environment. The composition and concentrations of harmful substances released during various welding methods are analyzed and compared with permissible exposure limits. Modern methods for reducing negative effects, including filtration, waste utilization, and the use of environmentally friendly materials, are discussed.

Key words: welding fume, harmful substances, occupational safety, maximum permissible concentrations, environmental pollution, purification, neutralization, environmental safety, 3D modeling, waste recycling, regulatory documents.

Современное сварочное производство играет важную роль в промышленности, строительстве и машиностроении. Однако данный процесс сопровождается выделением вредных веществ, таких как аэрозолей (оксиды металлов, фториды и другие твердые частицы), газов (оксиды азота (NO_x), углерода (CO , CO_2), озон (O_3) и др.) и излучения. Эти факторы негативно влияют на здоровье человека и на окружающую среду. Поэтому появляется необходимость разработки эффективных методов их оценки и нейтрализации.

Вредные вещества, которые выделяются при проведении сварки, оказывают негативное воздействие на организм сварщиков. Марганец оказывает токсическое воздействие на центральную нервную систему проникая в организм рабочего через легкие. Фтористый водород вызывает раздражение и приводит к воспалению слизистых оболочек носа и носоглотки. Оксид азота вызывает раздражение слизистых оболочек глаза и носа, проникая в дыхательные пути, также возможен отек легких. Сварочный аэрозоль является веществом раздражающего и удушающего действия, при высоких концентрациях вызывает токсические пневмокониозы и металлическую лихорадку. Озон вызывает раздражающее действие, которое усиливается при совместном воздействии оксидов азота и при физической нагрузке [1].

При сжигании электродов выделяется на 1 кг сварочного материала железа оксида 7,0 – 20,0 г, марганца – 0,6 – 1,8 г, фтористого водорода – 2,0 – 3,0 г [1].

При механизированной сварке в углекислом газе на 1 кг электродной проволоки выделяется 0,2 – 1,8 г оксидов марганца, 0,5 – 2,0 г оксидов хрома, 8,0 – 12,0 г оксидов железа, 2,7 – 3,0 г оксидов углерода, 0,06 – 0,1 г оксидов азота [1].

При автоматической сварке сталей под флюсом на 1 кг электродной проволоки выделяется марганца – 0,09 г, фтористого водорода – 0,04 – 0,15 г, оксида углерода 17,0 – 22,0 г [1].

Сравнение концентрации вредных веществ с предельно допустимыми концентрациями при электросварке покрытыми электродами и при механизированной сварке в углекислом газе приведена в таблице.

Таблица. Концентрации вредных веществ в зависимости от способа сварки [1]

Вредные вещества	Концентрации вредных веществ, мг/м ³		ПДК, мг/м ³
	при электросварке покрытыми электродами	при механизированной сварке в углекислом газе	
Марганец	0,13-0,32	0,1-0,22	0,2
Оксид железа	3,2-7,6	3,0-6,5	6,0
Водород фтористый	0,15-0,5	-	1,0
Оксид азота	1,2-3,8	1,5-3,0	5,0
Оксид углерода	7,3-12,5	4,5-7,0	20
Озон	-	0,05-0,1	0,1

Вредные вещества, выделяющиеся при сварке, вредны не только для рабочих, но и для людей, которые проживают рядом с производством, где ведутся сварочные работы. При попадании вредных веществ в атмосферу населенных пунктов, возможен риск повышения заболеваемости населения болезнями дыхательных путей, вызвать аллергизацию населения, нарушить работу важнейших органов и систем органов в организме человека и даже вызвать кислотные дожди [2].

Для оценки распространения этих вредных веществ возможна применение 3D-моделирования. Построение 3D-моделей облака сварочного аэрозоля выполнено на основе данных лазерной нефелометрии частиц проб с применением специализированного программного обеспечения AutoCAD [3].

Для устранения проблемы выделяющихся вредных веществ ставится вопрос о создании новейших технологий для очистки сварочного аэрозоля от вредных веществ, разработке соответствующих устройств, выполняющих одновременно две функции: всасывание твердой составляющей сварочного аэрозоля (ТССА), газообразной составляющей сварочного аэрозоля (ГССА) и других вредных элементов, а после фильтрации – подача чистого воздуха в зону наплавки [4].

При газовой сварке расчеты экологического показателя безотходности показали, что в качестве топлива целесообразнее использовать смеси метана и пропана, ацетилен и пропана, ацетилен и бутана [5].

Существует инновационное решение по использованию порошка рисовой лузги в составе покрытий сварочных электродов. Техническая сущность изобретения заключается в замене традиционной целлюлозы на экологичный аналог - отходы сельскохозяйственного производства. Преимущества решения: снижение токсичности сварочных аэрозолей, экономия древесных ресурсов, утилизация отходов пищевой промышленности, потенциальный экономический эффект до 405 млрд руб. для российской промышленности [6].

Помимо атмосферного воздуха также возможна загрязнение территории и почв из-за размещения отходов на прилегающей территории. К таким отходам может относиться отработанные сварочные проволоки, защитные пластики,

материалы после очистки оборудования. Влияние может оказать также на поверхностные и подземные водные объекты.

Переработка отходов внедрение системы сбора и переработки отходов позволит минимизировать их загрязняющее воздействие, например:

- Остатки проволоки и электродов можно использовать в повторной сварке или переработать, передав на металлургические заводы для повторного использования в производстве.

- Обрезки от свариваемых материалов можно использовать для других строительных работ или для изготовления новых деталей.

- Остатки от шлифовки и резки можно использовать для дальнейшей переработки в виде пыли, либо как абразивные материалы.

- Старые сварочные аппараты и запчасти могут быть отремонтированы и использованы повторно.

Методами фрактального анализа показана эффективность биологических способов очистки сточных вод, что позволяет проводить оценку применимости методов биологической очистки для различных типов загрязнений [7,8]. Также в урбоэкологии применяется биоплато как инструмент для достижения углеродной нейтральности территории. Биоплато представляет собой искусственную зону регенерации, которая не только очищает воду, но и становится украшением ландшафта, способствуя достижению углеродной нейтральности территорий [9].

В результате анализа нормативных документов представлены основные нормативные акты, непосредственно регламентирующие организацию сварочных работ, защиту здоровья работников и минимизацию воздействия на окружающую среду. Эти документы можно условно разделить на три ключевые категории: методики оценки рисков для здоровья персонала, требования промышленной безопасности и экологические стандарты.

Ключевые документы по регулирование охраны труда и оценки рисков для здоровья:

- 1) Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

- 2) МосМР 2.1.9.003-03 Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ.

Основные нормативные документы по промышленной безопасности сварочных работ:

- 1) Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах" (Приказ Ростехнадзора № 519 от 11.12.2020).

- 2) № 116-ФЗ "О промышленной безопасности ОПО". Общие требования к опасным производственным объектам.

- 3) Приказ № 519 (2020 г.). Организация сварочных работ на ОПО.

Экологические требования и методы нейтрализации.

1) СанПиН и ГОСТы. Устанавливают ПДК для компонентов сварочных аэрозолей (марганец, кремний, оксиды углерода). Требуют проведения инструментальных замеров на рабочих местах.

2) Технологические регламенты (Например РД 03-495-02). Включают нормы по утилизации отходов сварочного производства (фильтры, шлаки).

В результате анализа установлено, что сварочные работы сопровождаются значительными выбросами вредных веществ, концентрации которых могут превысить предельно допустимые концентрации, что представляет серьезную опасность для здоровья рабочих и окружающей среды. Для решения данной проблемы необходим многоуровневый подход. Первостепенное значение имеет разработка и внедрение перспективных технологий, таких как комплексные системы фильтрации воздуха. Не менее важны организация переработки сварочных отходов и применение современных методов мониторинга. Реализация этих мер в рамках строгого соблюдения требований нормативных документов по охране труда и экологической безопасности позволит существенно снизить негативное воздействие сварочного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности / А. Н. Елизарьев, И. В. Терпигорева, К. Е. Бондарь, О. А. Машкина. – Уфа : Уфимский университет науки и технологий, 2024. – 198 с. – ISBN 978-5-7477-5958-9. – EDN JTCGOA.

2. Анализ основных источников загрязнения воздуха в промышленности на территории Республики Башкортостан / В. К. Кузнецова, Д. А. Тараканов, В. А. Ахметова, И. И. Гизатуллина // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве : Материалы III Международной научной конференции, Макеевка, 13 февраля 2025 года. – Макеевка: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донбасская национальная академия строительства и архитектуры", 2025. – С. 519-522. – EDN KRYIGS.

3. Кириллова, К. А. Анализ динамики пожаров техногенного характера в Российской Федерации в период с 2019 по 2023 год / К. А. Кириллова, Д. А. Тараканов, А. М. Максюттов // Полимерные материалы пониженной горючести : Сборник тезисов XII Международной конференции, Балашиха, 09–12 сентября 2025 года. – Балашиха: Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС РФ, 2025. – С. 230-234. – EDN XDNIZM.

4. Логвинов Ю.В. Разработка новейших технологий по локализации и нейтрализации сварочного аэрозоля при наплавке // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2016. – №. 33. – С. 78-82.

5. Аксенов А.В., Латыпов Р.А., Клёнина О.В. Экологические показатели газовой сварки // Международный научный журнал. – 2014. – №. 2. – С. 94-96.

6. Патент 2124428 РФ. Компонент покрытий сварочных электродов / Лозовой В.Г., Афанасьев А.Г., Богаевский А.Л., Виниченко Н.И., Исаенко П.Р., Осипов Н.Г., Петров А.С., Чумаков А.Ф., Викулов А.С., Никитин А.М., 1999.

7. Оценка эффективности очистки сточных вод с помощью фрактального анализа / Э. В. Нафикова, Д. В. Александров, А. С. Платонова [и др.] // Вестник НЦБЖД. – 2021. – № 3(49). – С. 94-102.

8. Оценка эффективности системы очистки сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия с помощью фрактального анализа / Э. В. Нафикова, Д. В. Александров, О. Г. Мартынова [и др.] // Техносферная безопасность. – 2022. – № 1(34). – С. 9-15. – EDN GLVTYV.

9. Биоплато в урбоэкологии как инструмент достижения углеродной нейтральности территории / В. А. Ахмадянов, А. Д. Попов, А. З. Зулпикаров, Э. В. Нафикова // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2022) : Материалы XVIII Международной научно-технической конференции. В 2-х томах, Уфа, 01–15 мая 2022 года. Том 2. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2022. – С. 186-188.

УДК 614.8:658.382

М. А. Заболотских, А. Е. Шкондин, И. А. Ремизов

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЧС

Статья посвящена комплексному анализу мер по обеспечению безопасности технологических процессов как ключевого элемента предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС). Рассматриваются основополагающие принципы промышленной безопасности, включая приоритет профилактики, системность и непрерывность. Подробно описывается многоуровневый подход к предупреждению аварий, охватывающий нормативно-правовое регулирование, инженерно-технические меры, современные методы анализа и управления рисками, а также специальную роль подготовки персонала и формирования культуры безопасности. Делается вывод о том, что только интеграция технических, организационных и человеческих факторов позволяет создать эффективную систему противодействия техногенным угрозам, обеспечивая устойчивое развитие и защиту человеческих жизней.

Ключевые слова: промышленная безопасность, техногенные чрезвычайные ситуации, опасные производственные объекты, технологические процессы, предупреждение аварий, управление рисками, анализ опасностей, культура безопасности, системы защиты, нормативно-правовое регулирование.

M. A. Zabolotskih, A. E. Shkondin, I. A. Remizov

ENSURING THE SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND EMERGENCY WARNINGS

The article provides a comprehensive analysis of measures to ensure the safety of technological processes as a key element in the prevention of technogenic (man-made) emergencies. It examines the fundamental principles of industrial safety, including the priority of prevention, a systemic approach, and continuity. A multi-level approach to accident prevention is described in detail, encompassing regulatory frameworks, engineering and technical measures, modern methods of risk analysis and management, as well as the crucial role of personnel training and fostering a safety culture. The conclusion is drawn that only the integration of technical, organizational, and human factors can create an effective system to counter technogenic threats, thereby ensuring sustainable development and the protection of human life.

Key words: Industrial safety, technogenic emergencies, hazardous production facilities, technological processes, accident prevention, risk management, hazard analysis (HAZOP), safety culture, protection systems, regulatory requirements.

В XXI веке промышленное производство достигло беспрецедентного уровня сложности и масштаба. Химические заводы, атомные электростанции, нефтеперерабатывающие комплексы и транспортные системы являются основой современной цивилизации, но одновременно несут в себе колоссальные риски. Аварии на таких объектах могут приводить к техногенным чрезвычайным ситуациям (ЧС) с катастрофическими последствиями: гибелью людей, долгосрочным загрязнением окружающей среды и огромным экономическим ущербом [1]. Именно поэтому обеспечение безопасности технологических процессов является не просто технической задачей, а фундаментальным условием устойчивого и безопасного развития общества.

Техногенная чрезвычайная ситуация — это обстановка на определённой территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы или иного бедствия техногенного характера, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности населения [2].

Промышленная безопасность — это состояние защищённости жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и их последствий. Ключевая цель промышленной безопасности — не ликвидация последствий, а предупреждение аварий путём создания и поддержания безопасных условий эксплуатации технологических систем.

Современный подход к безопасности технологических процессов строится на комплексной, многоуровневой системе. Безопасность технологических процессов не возникает сама по себе, а является результатом комплексного и непрерывного внедрения ряда основополагающих принципов:

1. Принцип приоритета профилактики. Главные усилия должны быть направлены не на ликвидацию последствий аварий, а на их недопущение. Это основа всего современного подхода к промышленной безопасности.

2. Принцип системности. Безопасность обеспечивается не отдельными разрозненными мерами, а целостной системой, объединяющей технические, организационные и человеческие элементы.

3. Принцип непрерывности и преемственности. Процесс обеспечения безопасности является постоянным и должен поддерживаться на всех стадиях жизненного цикла объекта: от проектирования и строительства до эксплуатации и вывода из эксплуатации.

4. Принцип нормирования. Установление четких, научно обоснованных нормативов безопасности обязательных для выполнения [3].

Многоуровневой защиты «Эшелонированная оборона», также известный как «модель швейцарского сыра», предполагает создание нескольких независимых барьеров на пути развития аварийной ситуации. Каждый барьер имеет свои недостатки, но вероятность того, что «дыры» на всех уровнях совпадут одновременно, крайне мала. Первый уровень — это проектирование и базовое управление процессом. Надёжное оборудование, качественные материалы и стабильная работа автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) [4]. На втором уровне системы сигнализации и вмешательство оператора. Датчики, контролирующие критические параметры, такие как температуру, давление, уровень, подают сигнал тревоги, если они выходят за пределы нормы, давая оператору время на корректировку. Третий уровень защиты представляет собой противоаварийную автоматическую защиту (ПАЗ). Если оператор не справляется, срабатывают автоматические системы, которые безопасно останавливают процесс, например, аварийное отключение реактора, сброс давления через предохранительные клапаны. Четвёртый уровень должен обеспечить локализацию последствий. Физические барьеры, предотвращающие распространение аварии: защитные обваловки для удержания разливов, герметичные оболочки на АЭС, системы пожаротушения. Последний уровень — это план действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Эвакуация персонала, оповещение населения и работа аварийно-спасательных служб. Это последний рубеж, когда все предыдущие барьеры не сработали [3].

Статистика показывает, что до 80 % всех аварий прямо или косвенно связаны с человеческим фактором. Это не только ошибки операторов, но и просчёты проектировщиков, нарушения при техобслуживании и неверные управленческие решения. Поэтому основной задачей является обеспечение профессиональных кадров и постоянное повышение квалификации персонала,

регулярная подготовка и аттестация персонала, а также отработка действий в нештатных ситуациях. Формирование культуры безопасности на предприятии, где каждый сотрудник заинтересован в соблюдении норм и правил работы с оборудованием. Установка эргономичного оборудования, исключая возможность случайных действий, с чётким, однозначным и обязательным для исполнения регламентом по эксплуатации, ремонту и техническому обслуживанию [5, 6].

Сейчас существует также множество систем, позволяющих обеспечить безопасность на производствах, на уровне прогнозирования, мониторинга и диагностики. Для прогнозирования используют датчики и искусственный интеллект для анализа состояния оборудования в реальном времени, что позволяет предсказывать отказы до их наступления и проводить ремонты по фактическому состоянию, а не по графику. Также системы поддержки принятия решений, которые анализируют данные с сотен датчиков и в случае отклонений предлагают оператору оптимальный план действий.

Для мониторинга процессов используются цифровые двойники реального производственного объекта. На цифровом двойнике можно безопасно моделировать различные сценарии, включая аварийные, и обучать персонал, не подвергая риску реальное производство [7].

Все чаще на производствах начинают эксплуатировать роботов и дронов для инспекции, диагностики и ремонта оборудования в труднодоступных и опасных зонах, что снижает риски для персонала.

Обеспечение безопасности технологических процессов — это непрерывный цикл, включающий в себя анализ рисков, проектирование безопасных систем, грамотную эксплуатацию, постоянный контроль и совершенствование. Это сложная, комплексная деятельность, требующая значительных инвестиций, высокой квалификации специалистов и строгой дисциплины. Однако цена пренебрежения этими правилами несоизмеримо выше. Вложения в промышленную безопасность — это не затраты, а инвестиции в защиту жизней, сохранение окружающей среды и стабильное будущее промышленных предприятий и всего общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
3. Бесчастнов М.В. Промышленная безопасность: анализ и управление техногенными рисками. — М.: Химия, 2002
4. Культура безопасности на промышленных объектах: принципы и практика внедрения / Под ред. А.И. Гражданкина. — М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2018.

5. Петров С.И., Иванов А.В. Применение технологии «цифровых двойников» для моделирования и предупреждения аварийных ситуаций на опасных производственных объектах // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 7.

6. Кадочникова Е.Н. Технические средства и способы предупреждения ЧС на производстве В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск, 2021. С. 200-205.

7. Макаров В.И., Глухов Е.И. Управление промышленной безопасностью. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2019.

УДК 614.849

И. Ф. Зенкова, В. А. Сорокин, И. О. Виноградова

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ОГНЕЗАЩИТЕ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТ (УСЛУГ), СОСТАВЛЯЮЩИХ ЛИЦЕНЗИРУЕМУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Подготовлен обзор требований нормативных правовых актов Российской Федерации и нормативных документов по пожарной безопасности, направленных на обеспечение качества работ по огнезащите материалов изделий и конструкций. Выполнение указанных работ осуществляется на основании действующей лицензии МЧС России.

Ключевые слова: пожарная безопасность, лицензия, выполнение работ, огнезащита, методы контроля качества, требования нормативных документов, проект огнезащиты.

I. F. Zenkova, V. A. Sorokin, I. O. Vinogradova

PERFORMANCE OF WORKS ON FIRE PROTECTION OF MATERIALS, PRODUCTS AND STRUCTURES: QUALITY ASSURANCE OF WORKS (SERVICES) CONSTITUTING LICENSED ACTIVITIES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

An overview of the requirements of regulatory legal acts of the Russian Federation and regulatory documents on fire safety aimed at ensuring the quality of work on fire protection of materials of products and structures has been prepared. The performance of these works is carried out on the basis of the current license of the Ministry of Emergencies of Russia.

Key words: fire safety, license, work performance, fire protection, quality control methods, requirements of regulatory documents, fire protection project.

Соблюдение лицензиатом требований, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также нормативными документами по пожарной безопасности (далее - ПБ) является обязательным условием при выполнении работ (услуг), составляющих лицензируемую деятельность в области ПБ [1].

Рассмотрим подробнее указанные требования применительно к работам по огнезащите материалов, изделий и конструкций, выполнение которых осуществляется на основании действующей лицензии МЧС России.

Общие правила монтажа (нанесения) средств огнезащиты средства огнезащиты (далее - СО) на объекты огнезащиты, методы контроля качества огнезащитных работ и порядок их применения при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте устанавливает национальный стандарт ГОСТ Р 59637-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте» (далее - ГОСТ Р 59637-2021) [2], разработанный в целях обеспечения выполнения требований нормативных правовых актов [1, 3, 5].

В введении к действующей редакции ГОСТ Р 59637-2021 указано, что СО предназначены для выполнения технических мероприятий по снижению пожарной опасности и (или) повышению огнестойкости объекта огнезащиты.

При этом, надлежащая эксплуатация конструкций, материалов или изделий, на которые смонтированы (нанесены) СО или строительные материалы, обладающие огнезащитной эффективностью, систематически выполняемый контроль состояния огнезащищенных объектов в процессе эксплуатации, своевременный и качественный ремонт смонтированных (нанесенных) СО позволяют обеспечить необходимые огнестойкость и ПБ объекта огнезащиты.

К видам объектов огнезащиты, на которые распространяются положения ГОСТ Р 59637-2021, отнесены деревянные конструкции, материалы и изделия, стальные конструкции, инженерное оборудование, железобетонные конструкции, кабельные линии, текстильные материалы.

Виды огнезащитных работ подразделяются на монтаж (нанесение) СО на объект огнезащиты, техническое обслуживание смонтированных (нанесенных) СО, ремонт смонтированных (нанесенных) СО, замену смонтированных (нанесенных) СО.

Положениями ГОСТ Р 59637-2021 установлены общие принципы обеспечения качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте СО, которые включают в себя такие мероприятия, как:

- выполнение контроля на всех стадиях огнезащитных работ, включая входной, пооперационный и приемочный контроль;

- соблюдение комплектности сопроводительной технической документации;

- соблюдение условий хранения и транспортирования, маркировки средств огнезащиты;

- соблюдение технологии выполнения огнезащитных работ;

- исключение случаев подмены огнезащитных и вспомогательных материалов путем проведения входного и пооперационного контроля;

- применение методов инструментальной оценки качества огнезащитных работ и состояния смонтированных (нанесенных) средств огнезащиты.

- применение методов контроля качества огнезащитных работ.

Необходимо отметить, что положениями пункта 13 Правил противопожарного режима в Российской Федерации [3] установлено, что при эксплуатации объекта защиты руководитель организации обеспечивает соблюдение проектных решений в отношении пределов огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования, осуществляет проверку состояния огнезащитного покрытия строительных конструкций и инженерного оборудования в соответствии с нормативными документами по ПБ, а также технической документацией изготовителя СО и (или) производителя огнезащитных работ. Указанная документация, при этом, должна храниться на объекте защиты.

В целях обеспечения выполнения указанного требования, ГОСТ Р 59637-2021 определено, что:

- ремонтные огнезащитные работы представляют собой комплекс технологических операций и организационных действий по устранению повреждений смонтированных (нанесенных) СО и восстановлению их параметров до значений, предусмотренных технической документацией на СО и проектной документацией;

- работы по нанесению СО на стальные конструкции выполняют в соответствии с проектом огнезащиты, приведенным ГОСТ Р 59637-2021 (приложение А);

- при необходимости проект огнезащиты может быть разработан для проведения работ по огнезащите других видов конструкций.

Наличие комплекта документации на проведение огнезащитных работ, включая проект огнезащиты, проверяется в рамках контроля по представленной документации.

Во время приемки огнезащитных работ лица, осуществляющие контроль, должны проверить соответствие характеристик примененного средства огнезащиты требованиям проекта огнезащиты или проекта производства работ. Также проверяется наличие лицензии на производство работ по монтажу, ремонту и техническому обслуживанию средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений у организации (индивидуального предпринимателя), проводившей огнезащитную обработку, а также наличие другой документации, подтверждающей качество выполнения огнезащитных работ (акты внутренней проверки толщины нанесенного огнезащитного покрытия, акты сдачи-приемки и др.).

Применение положений ГОСТ Р 59637-2021 при выполнении работ по огнезащите материалов, изделий и конструкций обосновано тем, что указанный национальный стандарт в действующей редакции входит в перечень документов по стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее - Перечень) [4]. Согласно части 1 статьи 6 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [5], ПБ объекта защиты считается обеспеченной при выполнении в полном объеме требований ПБ, установленных настоящим федеральным законом, а также выполнении требований ПБ, содержащиеся в нормативных документах по ПБ, включенных в данный Перечень.

Дополнительно следует отметить, что общие требования к составу и комплектованию проектной и рабочей документации установлены Градостроительным кодексом Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ [6], Положением о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 [7], а также национальным стандартом ГОСТ Р 21.101-2020 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации» [8]. Рабочая документация разрабатывается на основании проектной документации.

Кроме того, с 1 июня 2025 года введен в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 21.513-2024 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации антикоррозионной защиты и огнезащиты конструкций зданий и сооружений» [9], который устанавливает состав и правила оформления рабочей документации (рабочих чертежей) антикоррозионной защиты, огнезащиты конструкций зданий и сооружений различного назначения и распространяется на антикоррозионную защиту и огнезащиту, применяемые в целях повышения коррозионной стойкости строительных конструкций и предела огнестойкости несущих строительных конструкций по признаку потери несущей способности.

В заключение необходимо добавить, что с 20 апреля 2025 года вступило в силу постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 года № 486 «Об установлении случаев, при которых для строительства, реконструкции объекта капитального строительства не требуется подготовка рабочей документации» [10].

Положениями постановления установлено, что для строительства, реконструкции объекта капитального строительства подготовка рабочей документации не требуется в случаях:

если в соответствии с законодательством Российской Федерации для строительства, реконструкции объекта капитального строительства не требуется получение разрешения на строительство;

если в соответствии с законодательством Российской Федерации не требуется проведение экспертизы проектной документации объекта капитального строительства и (или) результатов инженерных изысканий, выполненных для подготовки такой проектной документации.

На основании изложенного можно сделать вывод о наличии сформированной единой системы нормативных технических документов, устанавливающих требования к выполнению работ по огнезащите материалов, изделий и конструкций, в том числе, обеспечению качества огнезащитных работ при их монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте, включая методы контроля качества проводимых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Приказ Росстандарта от 24 августа 2021 года № 790-ст «Об утверждении национального стандарта Российской Федерации». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180684>.
3. 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.
4. Приказ Росстандарта от 13 февраля 2023 года № 318 «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/406380431>.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 2008. № 30 (ч. 1). Ст. 3579.
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 2005. № 1 (ч. 1). Ст. 16.

7. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства Рос. Федерации от 16.02.2008 № 87 // Собрание законодательства Российской Федерации, 2008. № 8. Ст. 744.

8. Приказ Росстандарта от 23 июня 2020 года № 282-ст «Об утверждении национального стандарта Российской Федерации». URL: <https://docs.cntd.ru/document/565257812?marker=7D20K3>.

9. Приказ Росстандарта от 28.12.2024 № 2047-ст «О введении в действие межгосударственного стандарта». URL: <https://base.garant.ru/411423803/>.

10. Об установлении случаев, при которых для строительства, реконструкции объекта капитального строительства не требуется подготовка рабочей документации: постановление Правительства Рос. Федерации от 12.04.2025 № 486 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2025. № 15. Ст. 1923.

УДК 60.01.000

К. А. Зимарин, В. Б. Бубнов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РОЛЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО АУДИТА В МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Статья посвящена анализу научно-технического аудита как стратегического инструмента повышения эффективности, надёжности и прозрачности системы сертификации пожаробезопасных технологий в Российской Федерации. Рассматриваются его методологические основы, функциональные возможности и роль в выявлении несоответствий между нормативными требованиями и реальным состоянием объектов, оборудования и производственных процессов. Особое внимание уделяется интеграции аудита в процессы оценки соответствия, его влиянию на качество технических решений, повышению устойчивости к пожарным рискам и формированию культуры ответственности у участников рынка. Анализируются современные тенденции, включая цифровизацию аудиторских процедур, применение моделирования пожарных сценариев и международный опыт. Материал может быть использован в научных исследованиях, образовательном процессе и практике сертификационных организаций для совершенствования методик оценки пожарной безопасности и перехода к риск-ориентированному подходу.

Ключевые слова: научно-технический аудит, сертификация пожаробезопасных технологий, оценка соответствия, пожарная безопасность, нормативные требования, управление рисками, техническое регулирование, модернизация системы, цифровизация, стандартизация.

K. A. Zimarin, V. B. Bubnov

THE ROLE OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL AUDIT IN THE MODERNIZATION OF THE FIRE SAFETY TECHNOLOGY CERTIFICATION SYSTEM

The article is devoted to the analysis of scientific and technical audit as a strategic tool for improving the efficiency, reliability, and transparency of the certification system for fire-safe technologies in the Russian Federation. It examines its methodological foundations, functional capabilities, and role in identifying inconsistencies between regulatory requirements and the actual state of facilities, equipment, and production processes. Special attention is given to the integration of audit into compliance assessment processes, its impact on the quality of technical solutions, increasing fire risk resilience, and fostering a culture of responsibility among market participants. The article also analyzes current trends, including the digitalization of audit procedures, the use of fire scenario modeling, and international experience. The material can be used in scientific research, the educational process, and the practice of certification organizations to improve fire safety assessment methods and transition to risk-based approaches.

Keywords: scientific and technical audit, certification of fire-safe technologies, conformity assessment, fire safety, regulatory requirements, risk management, technical regulation, system modernization, digitalization, and standardization.

Научно-технический аудит представляет собой систематическую, независимую и документально зафиксированную процедуру оценки соответствия технологических решений, производственных процессов и эксплуатационных практик установленным нормативным требованиям в области пожарной безопасности. В условиях растущей сложности объектов инфраструктуры, внедрения новых материалов, цифровых систем управления и автоматизированных технологий традиционные методы сертификации, основанные преимущественно на проверке документов и лабораторных испытаниях в контролируемых условиях, всё чаще демонстрируют ограниченную эффективность. Они не всегда способны выявить скрытые дефекты, неучтённые взаимодействия компонентов или отклонения от проектных решений в реальных условиях эксплуатации. Именно поэтому научно-технический аудит становится ключевым элементом модернизации системы оценки соответствия, позволяя перейти от формального подтверждения соответствия к глубокому, научно обоснованному анализу фактической устойчивости технологий к пожарным рискам.

Согласно Федеральному закону № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и нормативным актам МЧС России, сертификация пожаробезопасных технологий должна основываться на достоверных, научно обоснованных данных, полученных с использованием современных методов исследования. Однако на практике часто возникают случаи, когда продукция или системы, прошедшие формальную сертификацию, в процессе эксплуатации

не соответствуют заявленным характеристикам — например, огнестойкость конструкций снижается при совместном применении нестандартных материалов, а системы автоматического пожаротушения не срабатывают в условиях высокой запылённости или перепадов температуры. В таких ситуациях научно-технический аудит выступает как дополнительный, но критически важный механизм, позволяющий выявить системные недостатки, неучтённые риски и отклонения от проектных решений. Он не заменяет сертификацию, а дополняет её, обеспечивая контроль на всех этапах жизненного цикла технологии — от разработки и производства до монтажа, наладки и длительной эксплуатации.

Аудит предполагает использование междисциплинарных подходов: инженерного анализа, термодинамического моделирования процессов горения, оценки устойчивости конструкций, анализа данных с систем мониторинга, а также экспертной оценки организационных и управленческих процедур. Это позволяет не только проверить соответствие стандартам, но и оценить, насколько технология устойчива к реальным условиям функционирования — например, при перегрузках, изменении климатических параметров, наличии посторонних примесей или совместном применении материалов, не входящих в состав сертифицированного комплекта. В отличие от стандартных испытаний, проводимых в лабораторных условиях, аудит учитывает контекст использования, что особенно важно для сложных объектов — аэропортов, метрополитенов, химических производств, высотных зданий и объектов с массовым пребыванием людей.

Внедрение научно-технического аудита способствует повышению прозрачности и доверия к системе сертификации. Он позволяет сертификационным органам, надзорным структурам и заказчикам опираться не только на акты испытаний, но и на комплексные аналитические выводы, основанные на объективных данных, полученных в ходе полевых проверок, анализа журналов обслуживания, интервью с персоналом и изучения истории эксплуатации. Это особенно актуально в условиях стремительного внедрения инноваций — таких как умные системы пожаротушения на базе ИИ, композитные огнестойкие материалы, автоматизированные системы эвакуации, интегрированные с системами управления зданием (BMS), которые требуют новых критериев оценки. Аудит даёт возможность оперативно адаптировать нормативные требования к реальным технологическим реалиям, снижая риск «отставания» законодательства от практики и обеспечивая динамичное развитие нормативной базы. [1]

Кроме того, научно-технический аудит способствует формированию культуры ответственности у производителей, проектировщиков, монтажных организаций и эксплуатирующих организаций. Когда оценка не ограничивается документами, а включает выездные проверки, анализ технологических процессов, изучение логов работы оборудования и интервью с техническим персоналом, это стимулирует более серьёзное отношение к пожарной

безопасности на всех уровнях. Аудит выявляет не только технические недостатки, но и организационные пробелы — например, отсутствие регламентов технического обслуживания, необученность персонала, нарушения в хранении и транспортировке пожароопасных материалов. Это делает его не просто инструментом контроля, а инструментом развития системы в целом. [2]

В рамках государственной политики по модернизации технического регулирования, направленной на повышение надёжности и предсказуемости систем управления рисками, научно-технический аудит рассматривается как один из приоритетных механизмов. [3] Его применение в рамках аккредитованных центров сертификации, а также в рамках государственного контроля (например, при проверке объектов повышенной опасности, энергетики, транспорта и медицинских учреждений) позволяет повысить качество принимаемых решений и снизить вероятность аварийных ситуаций. Особенно важна его роль в оценке сложных комплексных систем — таких как пожарные водопроводы с насосными станциями, системы дымоудаления в подземных сооружениях, автоматические системы пожаротушения на нефтеперерабатывающих заводах, где один незначительный дефект может привести к катастрофическим последствиям.

Современные подходы к аудиту всё чаще включают использование цифровых технологий: цифровые двойники объектов, моделирование пожарных сценариев на основе данных IoT-сенсоров, анализ больших данных по аварийности оборудования, применение программного обеспечения для автоматизированного сравнения проектных решений с фактическим состоянием. Такие инструменты позволяют проводить аудит не только разово, но и в режиме непрерывного мониторинга, что существенно повышает эффективность и предсказуемость оценки. Внедрение электронных аудиторских журналов, облачных платформ для хранения результатов и интеграция с государственными информационными системами (например, Единым реестром сертификатов) способствует повышению прозрачности, снижению субъективности и ускорению процессов принятия решений. [1]

Важным аспектом является и стандартизация процедур аудита. В настоящее время отсутствует единый национальный стандарт, регламентирующий методику проведения научно-технического аудита в сфере пожарной безопасности. Это создаёт неоднородность в подходах между различными сертификационными и экспертными организациями. Для повышения качества аудиторских работ необходимо разработать и внедрить национальный стандарт — аналог ГОСТ Р ИСО 19011 для аудита систем менеджмента — который определял бы требования к компетенциям аудиторов, методам сбора и анализа данных, формату отчётов и критериям оценки рисков. Только при наличии единых методик можно говорить о сопоставимости и надёжности результатов аудита на федеральном уровне. [4]

Кроме того, эффективность аудита напрямую зависит от квалификации специалистов. Современный аудитор в области пожарной безопасности должен обладать не только знаниями в области нормативных требований, но и глубоким пониманием инженерных процессов, материаловедения, термодинамики, автоматизации и управления рисками. Это требует создания специализированных образовательных программ в вузах, повышения квалификации действующих специалистов и формирования профессионального сообщества аудиторов. Внедрение системы аккредитации аудиторов, аналогичной существующей для экспертов в области промышленной безопасности, позволит повысить уровень профессионализма и доверие к результатам аудита со стороны всех участников рынка. [4]

Правоприменительная практика свидетельствует о росте числа организаций, включающих научно-технический аудит в свои внутренние процедуры управления качеством и безопасностью. Это особенно заметно в секторах с высокой степенью риска — нефтехимии, энергетике, транспорте, строительстве и медицине. При этом эффективность аудита возрастает, когда он интегрирован в систему управления промышленной безопасностью (СУПБ) или систему менеджмента качества (по стандартам ISO 9001), что позволяет рассматривать его не как разовую проверку, а как часть непрерывного улучшения. [5]

Важно также учитывать международный опыт. В странах Европейского союза, США и Канаде научно-технический аудит давно является обязательной частью процесса сертификации сложных технических систем. Например, в США процедура «Third-Party Fire Safety Audit» применяется для объектов, соответствующих нормам NFPA, и включает не только проверку оборудования, но и анализ организационных процессов, обучение персонала и наличие планов эвакуации. В Германии аудит проводится с привлечением независимых инженерных бюро, аккредитованных по стандартам DIN EN ISO/IEC 17020. Эти практики демонстрируют, что аудит — это не дополнительная бюрократическая процедура, а стратегический инструмент повышения качества и безопасности. [6]

Таким образом, научно-технический аудит является не просто вспомогательной процедурой, а стратегическим элементом модернизации системы сертификации пожаробезопасных технологий. Он обеспечивает переход от реактивного контроля к проактивному управлению рисками, способствует повышению технического уровня объектов, укрепляет доверие к системе государственного регулирования и формирует культуру ответственности среди всех участников рынка. Его интеграция в нормативную базу, стандартизация процедур, повышение квалификации специалистов и внедрение цифровых технологий — необходимые условия для достижения устойчивого уровня пожарной безопасности в современных условиях. Только при условии системного, научно обоснованного и прозрачного подхода к

оценке соответствия можно говорить о реальной защите жизни и имущества граждан, а не о формальном соблюдении требований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгов А.В. Современные подходы к оценке пожарной безопасности сложных технических систем // Безопасность жизнедеятельности. — 2022. — № 4. — С. 33–39.
2. Кузнецов И.А. Научно-технический аудит как инструмент повышения надёжности технических решений // Инженерный вестник Дона. — 2023. — № 1. — С. 112–118.
3. Широков В.Н. Модернизация системы сертификации в сфере пожарной безопасности: теория и практика. — М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. — 216 с.
4. Система управления пожарной безопасностью: методические рекомендации / под ред. д-ра техн. наук А.Г. Петрова. — М.: Изд-во НИИПП, 2022. — 184 с.
5. Статистика пожаров и аварий в РФ за 2023 г. // МЧС России. — <https://www.mchs.gov.ru>
6. Правовое регулирование чрезвычайных ситуаций в зарубежных странах: сравнительный анализ / под ред. А.В. Лебедева. — М.: Инфра-М, 2022. — 192 с.

УДК 004.772

И. П. Иванов, Д. П. Посевин, К. И. Андреева, А. Д. Пенкин, Д. И. Кочетков, Н. Д. Нащекин

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

О РЕЗУЛЬТАТАХ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ AD-HOC-СЕТИ

Представлены результаты испытаний автономной системы мониторинга лесных пожаров для труднодоступных территорий. Проверена работоспособность самоорганизующейся сети MANET на базе микроконтроллеров семейства ESP для передачи данных со стационарных датчиков и модуля, устанавливающегося на мобильные системы. Исследованы возможности технологии LoRa: определена дальность связи в лесных массивах и продемонстрирована передача изображений. Результаты подтверждают жизнеспособность решения, но выявляют ограничения LoRa по скорости передачи данных в зависимости от использования в условиях густой растительности.

Ключевые слова: лесные пожары, мониторинг лесных пожаров, ad-hoc сеть, ESP32, LoRa, автономная система мониторинга.

*I. P. Ivanov, D. P. Posevin, K. I. Andreeva, A. D. Penkin, D. I. Kochetkov,
N. D. Nashchekin*

ON THE RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF A FOREST FIRE DETECTION INFORMATION SYSTEM BASED ON AN ENERGY-EFFICIENT AD-HOC NETWORK

This paper presents the results of testing an autonomous forest fire monitoring system for hard-to-reach areas. The operability of a self-organizing (MANET) network based on ESP microcontrollers for data transmission from stationary sensors and unmanned aerial vehicles (UAVs) was verified. The capabilities of LoRa technology were investigated: the communication range in forest conditions was determined, and image transmission was demonstrated. The results confirm the viability of the proposed approach but reveal limitations of LoRa in terms of data transfer speed and signal penetration in forested areas.

Keywords: forest fires, forest monitoring, ad-hoc network, ESP32, LoRa, autonomous system.

Лесные пожары представляют собой глобальную проблему, наносящую ущерб экологии, экономике и безопасности людей. Особую сложность представляет организация мониторинга в удаленных и труднодоступных районах, где развертывание традиционной инфраструктуры связи и видеонаблюдения экономически нецелесообразно или физически невозможно. В качестве решения предлагается использование гибких, самоорганизующихся технологий. Данная работа посвящена практической проверке ключевых компонентов такой системы, основанной на энергоэффективных ad-hoc-сетях [1] и модуле, устанавливаемом в мобильные системы.

Целью первого эксперимента была проверка работоспособности базовой самоорганизующейся сети типа MANET для наземного мониторинга лесных пожаров. Сеть состояла из стационарного микрокомпьютера-отправителя, оснащенного детектором пламени, и цепочки ретрансляторов на базе микроконтроллеров ESP8266, объединенных с помощью ad-hoc-топологии. Ключевой особенностью установки являлось ее автономное электропитание, обеспечиваемое компактными солнечными панелями (см. рис. 1).



Рис. 1. Набор энергонезависимых ретрансляторов

На схеме 1 показана цепочка передачи данных от компьютера-отправителя через ретрансляторы к конечному компьютеру-получателю.

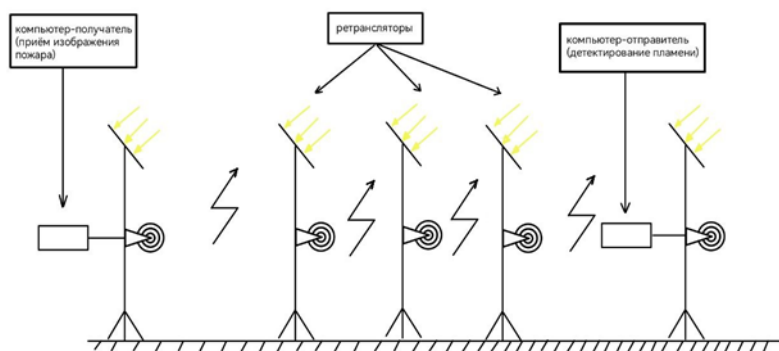


Схема 1. Автономная ad-hoc сеть детектирования лесных пожаров

Система успешно передавала данные, включая изображения, по цепочке ретрансляторов. Результаты первого эксперимента (см. рис. 2) подтвердили возможность создания устойчивой и инфраструктурно-независимой сети для наблюдения за территорией.

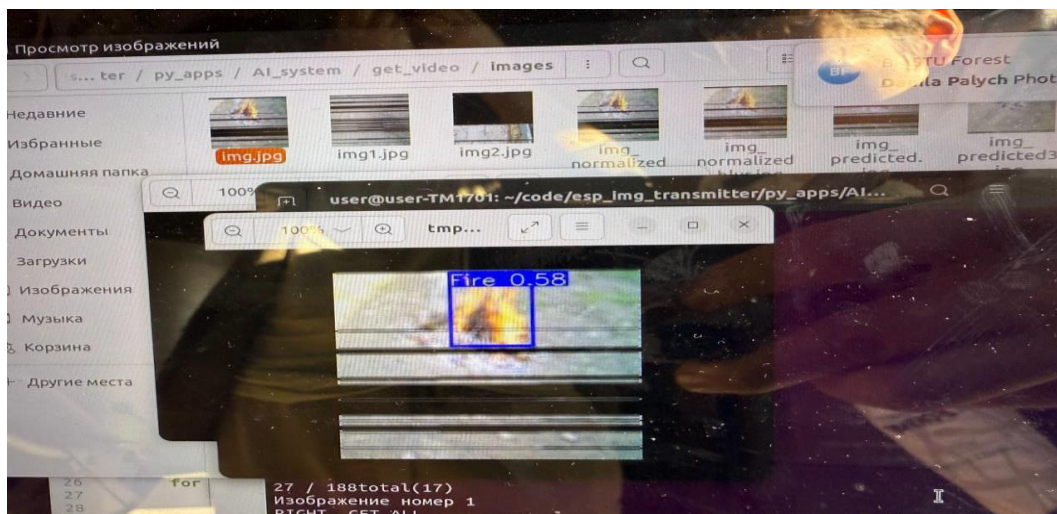


Рис. 2. Результаты с первого эксперимента в случае передачи данных по WiFi

Следующим этапом тестировалась интеграция в аппаратно-программный комплекс мобильной системы (см. схему 2), в этом случае блок с установленным модулем ESP32-CAM (см. рис. 3) выступал в роли мобильного компьютера-отправителя в ранее развернутой ad-hoc-сети.

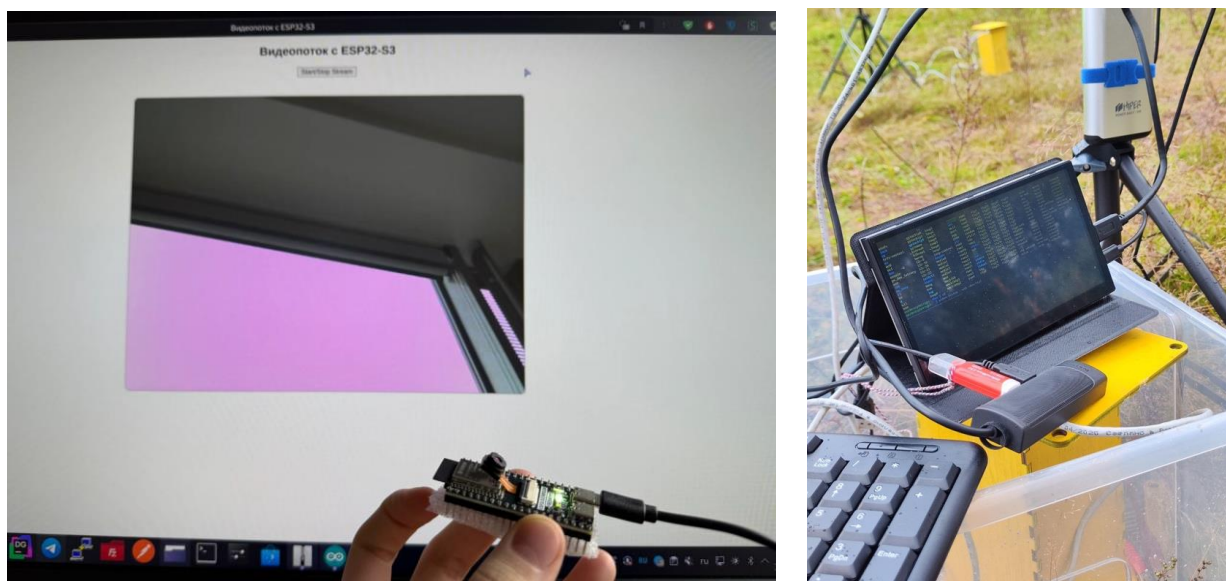


Рис. 3. ESP32-CAM в роли мобильного компьютера-отправителя и компьютер-получатель в полевых условиях

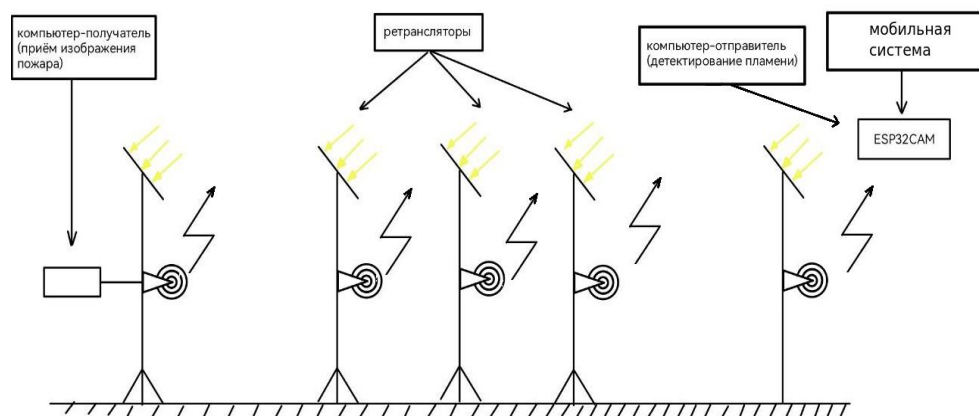


Схема 2. Автономный энергонезависимый программно-аппаратный комплекс мониторинга лесных пожаров с применением мобильной системы в качестве компьютера-отправителя

Эксперимент (см. рис. 4) доказал возможность интеграции блока, устанавливающегося на мобильные системы, в качестве полноправного узла самоорганизующейся сети. Полезная нагрузка, представляющая из себя изображения возгораний, успешно передавалась через наземные ретрансляторы на компьютер-получатель. Это позволяет оперативно расширять зону покрытия мониторинга и получать данные с мобильной системы. Успешное получение полезной нагрузки, принятой через ad-hoc-сеть ретрансляторов, подтверждает жизнеспособность тестируемого прототипа (см. рис. 4).

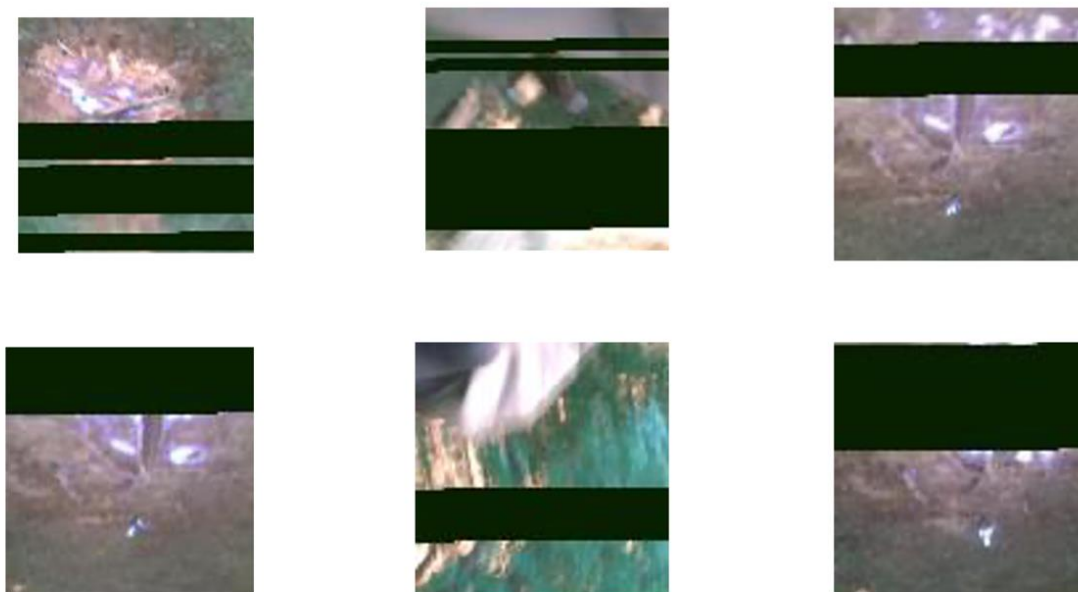


Рис. 4. Образцы полезной нагрузки мобильной системы

Для увеличения радиуса действия аппаратно-программного комплекса в условиях сложного рельефа и растительности были проведены испытания технологии LoRa [2]. Использовались модули LoRa E220-900T22D, подключенные к микроконтроллерам ESP8266. Тестирование проводилось в городских условиях и в лесном массиве.

Результаты тестирования дальности связи на технологии LoRa (см. рис. 5) показали:

- в городских условиях на открытой местности стабильная связь достигалась на расстоянии 500-800 метров;
- в лесном массиве на расстоянии 500 метров уверенный прием сигнала наблюдался лишь на глубине около 10 метров в растительность.

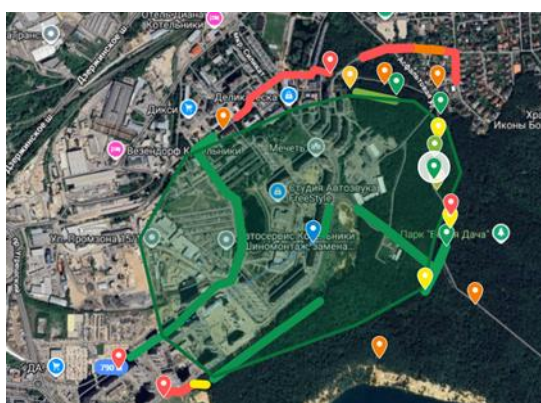


Рис. 5. Карта с отметками качества передаваемого сигнала:
зеленые точки и линии - стабильный сигнал, желтые - доходит 50 % всего объема данных, оранжевые - доходит 1-2 пакета от всего объема данных, красные — сигнал не доходит

Таким образом, технология LoRa эффективна для обеспечения связи на открытой местности и передачи телеметрии, однако для надежного покрытия внутри густого леса требуется плотная сетка ретрансляторов.

Также была оценена возможность использования узкополосного канала LoRa для передачи визуальных данных [3]. В качестве отправителя использовался ESP32S3 с логикой обнаружения пламени [4] и кодирования изображения. В качестве компьютера-получателем выступал ESP8266.

Результаты передачи изображений через LoRa:

- удалось успешно передать изображение размером 96x96 пикселей на расстоянии между узлами в 1 метр (см. рис. 6);

- время полной передачи составило около 3 минут.



Рис. 6. Переданное с помощью LoRa изображение возгорания

Таким образом, передача изображений по LoRa технически возможна, но еще требует доработки и тестирования на других размерах изображения.

Проведенная серия экспериментов подтвердила перспективность использования энергоэффективных ad-hoc-сетей для построения автономных систем мониторинга. Ad-hoc-сети на базе Wi-Fi доказали пригодность для передачи данных со стационарных и мобильных датчиков. Технология LoRa показала высокую дальность на открытой местности, но ограниченную проникающую способность в лесу, а также способность передавать изображения целиком, однако эта технология требует дополнительного тестирования и доработки.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2024-0073)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пенкин, А. Д. Аппаратно-программный комплекс беспроводной передачи изображений на базе микроконтроллеров семейства ESP8266 / А. Д. Пенкин, Д. П. Посевин // Русский инженер: Сборник тезисов II Всероссийского конгресса с международным участием, Москва, 30 октября – 01 2024 года. Москва: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2024. – С. 160-161.

2. 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, Н. Д. Нащекин, Д. П. Посевин, И. П. Иванов // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 22 апреля 2025 года. – Иваново: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2025. – С. 16-21.

3. Stefano, R. D. Multicast Routing Protocol for LoRa Mesh Networks in Safety Critical Communications / R. D. Stefano, F. Marignetti // Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2020. – Vol. 604. – P. 727-738. – DOI 10.1007/978-3-030-37161-6_55.

4. 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.

УДК 614.84

А. Н. Кашин

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы
«Испытательная пожарная лаборатория» по Иркутской области»

ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕРИ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ ПАРАМЕТРОВ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА

Рассмотрены конструктивные элементы метало-каркасных зданий. Произведен расчет площади пожара на момент прибытия пожарных подразделений, а также определены температурные показатели, при которых происходит изменение геометрических характеристик металлоконструкций на примере реального пожара.

Ключевые слова: металлоконструкции, огнезащита, пожарная нагрузка, предел огнестойкости, температура, пожар, обрушение.

A. N. Kashin

DEPENDENCE OF LOSS OF FIRE RESISTANCE OF BUILDING STRUCTURES ON FIRE DEVELOPMENT PARAMETERS

The structural elements of metal-frame buildings are considered. The fire area at the time of arrival of fire brigades is calculated, and the temperature indicators are determined at which the geometric characteristics of metal structures change using a real fire as an example.

Key words: metal structures, fire protection, fire load, fire resistance limit, temperature, fire, collapse.

В современном мире при возведении как производственных, так и жилых объектов используются различные строительные материалы, имеющие отличные друг от друга пределы огнестойкости и по-разному ведущие себя в

случае возгорания [1]. Так, например, если поведение деревянных и бетонных конструкций еще как-то можно предвидеть, то с металлическими гораздо сложнее: потеря их прочности зависит от многих факторов (толщина металла, время воздействия открытого огня, расположение их от очаговой зоны) [2-4]. Обрушение таких конструкций происходит быстро, что может привести к травматизму и гибели людей, сотрудников пожарной охраны.

Поэтому прибывшему на место руководителю тушения пожара необходимо обратить внимание на то, какие материалы использованы при строительстве объекта, что поможет определить скорость распространения горения, возможность обрушения, и, следовательно, как проводить работы по спасению людей и действовать звеном при ликвидации пожара.

Рассмотрим характеристики метало-каркасных зданий. Металлический каркас имеет много плюсов: легкость, прочность, надежность и высокая скорость монтажа. Поэтому технология получила широкое распространение в строительстве быстровозводимых зданий, причем как промышленных, так и гражданских. Список ее плюсов дополняет возможность строить в любое время года, использовать легкий фундамент, а при болтовом соединении с легкостью переносить сооружение на другую монтажную площадку.

Быстровозводимые каркасные здания базируются на ленточном или свайном фундаменте. Каркас поднимают из металлических профилей. За счет современных технологий детали можно соединять не только с помощью сварки, но и посредством специальных крепежей [5].

Металлический каркас промышленных и гражданских зданий собирается по принципу конструктора. В качестве его элементов выступают:

- вертикальные колонны;
- стропильные фермы;
- стальные балки различного сечения;
- поперечные рамы;
- стойки для усиления устойчивости;
- ригели, соединяющие опоры и несущие элементы;
- прогоны, связывающие стены с кровлей;
- закладные детали для сварки конструкций;

-подкрановые конструкции в виде балок с тавровым или двутавровым сечением (для установки грузоподъемных кранов в промышленных зданиях).

В зависимости от конструктивных элементов выделяют 2 типа металлических каркасов зданий:

Рамный. Всю нагрузку воспринимают на себя продольные и поперечные рамы каркаса, состоящие из горизонтальных ригелей и вертикальных опор-стоек. Они представлены в виде двутавровых профилей (балок), которые жестко связаны в углах.

Фермный. Каркас состоит из ферм или балок, которые опираются на вертикальные стойки. Ферма — это система стальных стержней, расположенных относительно друг друга так, чтобы образовывать треугольники.

Элементы каркаса собирают на механизированных сборочных столах. На строительную площадку привозят отдельные стойки или крупноразмерные детали. Каждый элемент «скелета» строго соответствует утвержденному проекту. Это еще одна причина, почему сборка не требует много времени и трудозатрат. Все металлические конструкции промышленных и гражданских зданий промаркированы в соответствии со схемой сборки, поэтому их не нужно отмерять, обрезать или подгонять.

Здания и сооружения, монтируемые (возводимые) из металлического каркаса:

- ангары и склады;
- офисы;
- торговые центры и павильоны;
- СТО и автосервисы;
- спорткомплексы;
- летние кафе;
- центры логистики;
- коровники и фермы;
- дома из ЛСТК (легких стальных тонкостенных конструкций).

Согласно 123 Федерального закона, здания с разной степенью огнестойкости имеют разные соответствия предела огнестойкости строительных конструкций, которые приведены в таблице 21 данного ФЗ.

Рассмотрим пределы огнестойкости металлических конструкций, так как уже было сказано выше, конструкции из данного рода материалов достаточно непредсказуемы на пожаре.

Как следует из таблицы, наименьшее защитное время имеют конструкции бес чердачного покрытия, практически во всех зданиях с разной степенью огнестойкости. Как правило, данные конструкции достаточно быстро теряют свои геометрические параметры под воздействием высоких температур и деформируются или обрушаются.

Для более длительной защиты от воздействия высоких температур, на металлоконструкции наносят различные огнезащитные составы в виде красок и обмазок [6]. Данный способ огнезащиты позволяет увеличить огнестойкость металлических конструкций до величин R45-R60.

Также в качестве облицовок могут быть использованы бетонные плитки, керамические материалы, штукатурка и т.п. Например, слой штукатурки в 2,5 см

повышает предел огнестойкости металлических конструкций до R50. Облицовка в 0,5 кирпича повышает предел огнестойкости металлических конструкций до R 300 [7].

Для избегания преждевременного обрушения облицовки при действии огня для бетонных плиток и кирпичной кладки применяют армирование, а штукатурку наносят по металлической сетке (одинарной или двойной в зависимости от толщины наносимого слоя).

Данные облицовки достаточно надежны и долговечны. Однако они существенно увеличивают массу конструкций, а сами операции по облицовке являются достаточно трудоемкими.

Как было уже сказано, количество возведенных промышленных, административных и жилых зданий в последнее время только увеличивается, соответственно и количество пожаров в таких зданиях тоже растёт.

Для примера рассмотрим один пожар, произошедший в 2019 году в «Мебельном магазине» г. Иркутска, конструктивная схема магазина выглядит следующим образом:

- здание является каркасным, каркас первого этажа выполнен в железобетонном исполнении, т.е. колонны и ригели бетонные;
- межэтажное перекрытие первого и второго этажа железобетонное;
- каркас второго этажа выполнен – из стальных прокатных профилей;
- колонны – двутавры;
- балки – металлические фермы;
- прогоны – профили гнутые строительные квадратные.
- Колонны размером 25х25 см;
- Прогоны – 10х10 см;
- Балки металлические фермы – уголок 25х10

Стоит отметить, что такие конструктивные элементы, которые использовались при строительстве второго этажа данного магазина, в последнее время стали часто использоваться во многих производственных и административных зданиях. Как ранее было сказано, связано это с тем, что данный тип конструкций быстро возводится более легкий, чем подобные здания из кирпичной кладки, или в железобетонном исполнении.

В мебельном магазине находится большая пожарная нагрузка, в виде предметов как мягкой, так и корпусной мебели, которые в свою очередь изготовлены из разных материалов, при горении данные материалы выделяют большое количество токсичных веществ, а также имеют большую скорость распространения горения.

При проведении пожарно-технической экспертизы было установлено, что очаг пожара располагался в границах левой части второго этажа, относительно лестницы. Проведенный расчет показал, что на момент прибытия первого пожарного подразделения, площадь пожара составляла порядка 300 м. кв.

Для определения температурных показаний на момент прибытия первых пожарных подразделений, когда пожар уже развился на большую площадь, в заданных точках при помощи программного обеспечения ФЕНИКС+, был выполнен расчет.

Программный расчет показал, как изменяется температура в зависимости от положения контрольных точек измерения, так на отметке 1,7 м от уровня пола, на момент прибытия пожарных, температура достигала 300 °С. Тогда как регистраторы, расположенные над очаговой зоной в границах потолочного перекрытия 4 м, показали температуру от 600 до 700 °С.

Анализ фотографий после пожара показал, как изменились металлические конструктивные элементы здания, после воздействия на них высоких температур. Наблюдаются фермы, балки и связи с изменением цвета металла, а также деформацией и изменением первоначальных геометрических размеров. Все металлоконструкции были обработаны огнезащитными составами, но из-за достаточно длительного высокотемпературного воздействия произошла их деформация и как следствие, обрушение.

Также на фотографиях можно увидеть, как воздействие высоких температур и длительного временного промежутка сказываются на конструкциях, видно в границах очаговой зоны произошло обрушение, тогда как в противоположном углу перекрытие сохранилось.

Проведенный расчет моделирования ОФП и фотографии после пожара в мебельном магазине показали, что места, где произошло обрушение металлических конструкций и покрытия, совпадает с местами высоких температур, представленных в графиках. Из данных расчетов следует, что на металлоконструкции над очаговой зоной воздействовало порядка 700 °С.

Как показал программный расчет, при показаниях температуры 300 °С на уровне среднего человеческого роста, над данной зоной температура может достигать 600-700 °С, что уже не безопасно для дальнейшего продвижения, так как возможно обрушение строительных металлических конструкций.

Поведение металлоконструкций во время пожара, как с наружной, так и с внутренней части здания предсказать невозможно, однако при понимании температуры, которая окружает газодымозащитников можно спрогнозировать обрушение данных конструкций, что в свою очередь спасет жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов А.С., Калинин Д.А., Романова Г.М. Виды строительных конструкций и их поведение в условиях пожара. В сборнике: Инженерно-технологические решения проблем развития АПК и общества. Сборник трудов LVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень, 2024. С. 1219-1225.
2. Рудченко И.И, Загнитко В.Н. Пожарная безопасность конструкций зданий и сооружений / учебное пособие, НЧОУ ВПО «Кубанский социально-экономический институт». Краснодар 2014-85 с.
3. Амельчугов С.П., Шубкин Р.Г., Антонов А.В., Романов С.В., Никулин М.А. Горение древесины при пожаре/ Тюмень, 2022.

4. Актерский Ю.Е., Шидловский Г.Л., Джафаров Э.А., Столяров С.О., Красильников А.В. Определение пределов огнестойкости железобетонных конструкций. Учебное пособие / САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 2024.

5. Возведение зданий из металлических конструкций: технология и ее особенности, обзор рынка ЛСТК [Электронный ресурс] // Компания МОСТ – 2011. – Режим доступа: https://moststal.ru/poleznye-stati/article_post/vozvedenie-zdaniy-iz-metallicheskih-konstrukcij-tehnologiya-i-ee-osobennosti-obzor-rynka-lstk (дата обращения: 10.06.2025).

6. Кропотова Н.А. Огнезащита металлических конструкций быстровозводимых зданий. В книге: Ройтмановские чтения. Сборник материалов VIII научно-практической конференции. Под редакцией Б.Б. Серкова. 2020. С. 65-70.

7. Кальченко И.Е. Анализ объективности оценки огнестойкости и эффективности огнезащиты конструкций объектов инфраструктуры различного назначения. Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 3-1. С. 64-72.

УДК 614.841.1

А. В. Климов, В. И. Попов, О. В. Дмитриев, А. Х. Салихова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СРЕДСТВА ПЕРВИЧНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Основные огнетушащие вещества, применяемые на объектах Арктической зоны с учётом специфики климатических условий и особенностей эксплуатации. Анализируются эффективность, устойчивость к низким температурам, экологическая безопасность и технические характеристики огнетушащих средств. Особое внимание уделяется порошковым составам, способным обеспечивать режим быстрого тушения при экстремальном холоде. Отмечается важность выбора огнетушителей и веществ с повышенной морозостойкостью и низкой токсичностью, а также адаптация систем пожаротушения к условиям Арктики для минимизации рисков и защиты инфраструктуры и персонала.

Ключевые слова: пожар, первичные средства пожаротушения, порошковое тушение, огнетушитель.

A. V. Klimov, V. I. Popov, O. V. Dmitriev, A. K. Salikhova

PRIMARY FIRE-EXTINGUISHING MEANS FOR ARCTIC ZONE FACILITIES

The main fire-extinguishing agents used at facilities in the Arctic zone are analyzed, taking into account the specific climatic conditions and operational features. The effectiveness, resistance to low temperatures, environmental safety, and technical characteristics of fire-extinguishing agents are evaluated. Special attention is given to powder compositions that can provide rapid extinguishing in extreme cold conditions. The importance of selecting fire extinguishers and agents with increased frost resistance and low toxicity is emphasized, as well as the adaptation of fire extinguishing systems to Arctic conditions to minimize risks and protect infrastructure and personnel.

Key words: fire, primary fire extinguishing means, powder extinguishing, fire extinguisher.

Огнетушащие порошки применяются в качестве огнетушащих веществ в огнетушителях, автоматических и модульных системах пожаротушения. В последние годы разработаны ряд конструкций забрасываемых огнетушителей. Огнетушащие порошки обладают многими преимущественными свойствами перед более распространенными огнетушащими средствами такими как вода и пена. Порошки обладают: высокой огнетушащей способностью; быстродействием (прекращение горения происходит за несколько секунд); низкой стоимостью огнетушащего порошкового состава (стоимость огнетушащего порошка около 50 руб. за 1 кг); экологической безопасностью (отсутствие токсичных компонентов, низкая коррозионная активность, химическая инертность); минимальным косвенным ущербом от применения огнетушащего средства при тушении пожара; возможностью применения в условиях низких температур, когда использование воды, пены и других средств неэффективно, экономически невыгодно или недопустимо; простотой технологического процесса производства порошков; большим временем сохранения огнетушащих свойств (более 5 лет) в системах подачи порошков (огнетушители, автоматические установки пожаротушения, модульные системы). Недостатками огнетушащих порошков являются: низкая огнетушащая способность тлеющих материалов; не препятствуют повторному воспламенению уже потушенного горючего от нагретых элементов оборудования или строительных конструкций; склонность к слеживанию.[1]

Огнетушители являются самым распространенным первичным средством тушения пожаров. В настоящее время 30 % возгораний тушатся с помощью огнетушителей. Это обусловлено тем, что они обладают полной автономностью и высокой огнетушащей способностью и вместе с тем имеют относительно низкую стоимость во всех странах по сравнению с другими средствами автоматического и неавтоматического пожаротушения. Однако при столь широком распространении и использовании огнетушителей нет четких правил и рекомендаций по созданию этих устройств с оптимальными параметрами для условий пониженных температур (Арктические и Антарктические районы Земли). Большинство производителей ориентируются на сложившиеся в данной области традиции, которые часто не отвечают возросшим требованиям к первичным средствам подавления возгорания. Конечно, не последнюю роль в

создании новых устройств играет их стоимость. При этом большая часть стоимости приходится на рабочую емкость огнетушителя, к которой предъявляются повышенные требования по прочности при высоких уровнях давления. Это приводит к повышению стоимости огнетушителя и его массы из-за необходимости использования высокопрочных материалов и увеличенной толщины стенок. К таким особенностям относятся: специфические условия развития аварийных ситуаций в Арктике, сопровождающихся растеплением мерзлоты грунта, разливом нефти и т. д.;

Арктика характеризуется экстремально низкими температурами, сильными ветрами и удаленностью от крупных инфраструктурных центров. Это создаёт уникальные требования к оборудованию и материалам, включая огнетушащие вещества:

- Выбор эффективных и надёжных средств пожаротушения, способных функционировать при экстремальном холоде.
- Обеспечение безопасности персонала и объектов, включая жилые модули, транспорт, промышленные и энергетические установки.
- Минимизация экологического ущерба, так как Арктика – особо уязвимая природная среда, требующая применения экологически безопасных веществ.
- Оптимизация затрат на пожарную безопасность за счёт выбора наиболее подходящих и экономичных материалов. Важность правильно подобранных материалов тушения заключается в сложности реагировании подразделений на чрезвычайную ситуацию.
- Высокая пожароопасность объектов из-за использования горючих материалов и энергоносителей.
- Сложность оперативного реагирования и эвакуации в условиях Арктики.[2]

Установки для пожаротушения подразделяют по типу их установки, по принципу действия и по расположению. По типу бывают установки: пенного, углекислотного, газопорошкового, водяного пожаротушения и углекислотного охлаждения, а также установки импульсного пожаротушения повышенной мощности.

Порошки условно можно разделить на порошки общего назначения (ПФ, ПСБ, ПИР АНТ) — для тушения пожаров классов А, В, С, и специального назначения, например: МГС — для тушения натрия и лития, РС — для тушения щелочных металлов и др. В России организовано производство порошков ПСБ-3 (пожары классов В, С; тушение электроустановок), ПИРАНТ-А (пожары классов А, В, С; тушение электроустановок) и ПХК (пожары классов В, С, D; тушение электроустановок). Таким образом, перекрываются все существующие классы пожаров, а выбор порошка определяется условиями защищаемого объекта. Порошки хранят в специальных упаковках, предохраняющих их от увлажнения, и подают в очаг горения сжатыми газами. Порошки нетоксичны, мало агрессивны, сравнительно дешёвы, удобны в обращении. [3]

Одним из направлений повышения эффективности и универсальности применения порошковых составов является введение, кроме огнетушащего, второго действия — адсорбции горючего материала, в частности нефтепродуктов. Данные огнетушащие порошки получили название — огнетушащие порошки двойного назначения. Под вторым назначением понимается адсорбция нефтепродукта при его разливе. Адсорбция достигается путём введения в состав огнетушащего порошка природного минерала — шунгита с развитой удельной поверхностью.

При практическом использовании средств порошкового пожаротушения их огнетушащая способность зависит не только от свойств самого порошка, но и от способа его подачи в очаг пожара. [4].

Насадок для подачи порошка используется непосредственно в защищаемом помещении с учётом необходимости распределения порошка по всему объёму помещения. Он может устанавливаться на распределительном трубопроводе установки пожаротушения, непосредственно на модуле пожаротушения, на огнетушителе. [5]

Для формирования и направления струи огнетушащего порошка в очаг пожара используются порошковые пожарные стволы. Используются ручные и лафетные стволы. Ручные стволы используются при расходе порошка не более 5 кг/с, лафетные стволы имеют расход до 115 кг/с. Расстояние подачи порошка из ручных стволов составляет до 18 м, из лафетных — до 60 м. [6]

Режим подачи порошка характеризуется параметрами:

минимальным удельным количеством огнетушащего средства;

интенсивностью подачи средства;

временем тушения

По принципу действия: установки поверхностного, подслоного, объемного и локального пожаротушения.

По расположению: стационарные (автоматические и неавтоматические), полустационарные и передвижные установки.

Огнетушители с порошком общего назначения, которым можно тушить пожары классов А, В, С, Е;

Огнетушители с порошком общего назначения, которым можно тушить пожары классов В, С, Е

Порошковыми огнетушителями запрещается (без проведения предварительных испытаний по ГОСТ Р 51057 или ГОСТ Р 51017) тушить электрооборудование, находящееся под напряжением выше 1000 В.

Для тушения пожаров класса D огнетушители должны быть заряжены специальным порошком, который рекомендован для тушения данного горючего вещества, и оснащены специальным успокоителем для снижения скорости и кинетической энергии порошковой струи. Параметры и количество огнетушителей определяют исходя из специфики обращающихся пожароопасных материалов, их дисперсности и возможной площади пожара.

При тушении пожара порошковыми огнетушителями необходимо применять дополнительные меры по охлаждению нагретых элементов оборудования или строительных конструкций.

Не следует использовать порошковые огнетушители для защиты оборудования, которое может выйти из строя при попадании порошка (некоторые виды электронного оборудования, электрические машины коллекторного типа и т. д.).

Порошковые огнетушители из-за высокой запыленности во время их работы и, как следствие, резко ухудшающейся видимости очага пожара и путей эвакуации, а также раздражающего действия порошка на органы дыхания не рекомендуется применять в помещениях малого объёма (менее 40 м³).[7]

Далее можем рассмотреть автономную установку пожаротушения — установка пожаротушения, автоматически осуществляющая функции обнаружения и тушения пожара независимо от внешних источников питания и систем управления. Автономные установки по способу действия относятся к автоматическим. Отличия заключаются в способах управления установкой и питания. Отличие системы управления автономных установок пожаротушения от автоматических состоит в том, что автоматические установки пожаротушения должны выполнять одновременно и функции автоматической пожарной сигнализации.

Для защиты помещений объёмом не более 100 м³ с пожарной нагрузкой не более 1000 МДж/м², в которых скорости воздушных потоков в зоне тушения не превышают 1,5 м/с, без постоянного персонала, а также для защиты электрошкафов и др., допускается применение установок порошкового пожаротушения, осуществляющих только функции обнаружения и тушения пожара, а также передачи сигнала о пожаре.[8]

По конструктивному исполнению подразделяют на:

модульные - не трубопроводные установки, предусматривающие размещение ёмкости с огнетушащим порошком и пусковым устройством непосредственно в защищаемом помещении или рядом с ним. При размещении нескольких модулей они должны быть объединены единой системой обнаружения пожара и приведения их в действие;

агрегатные - установки, в которых технические средства обнаружения пожара, хранения, выпуска и транспортирования огнетушащего вещества конструктивно представляют собой самостоятельные единицы, монтируемые непосредственно на защищаемом объекте [9]

По способу хранения вытесняющего газа в корпусе модуля (ёмкости) подразделяются на:

- закачанные;
- с газогенерирующим (пиротехническим) элементом;
- с баллоном сжатого или сжиженного газа.

По инерционности подразделяют на:

- малоинерционные, с инерционностью не более 3 с;
- средней инерционности, с инерционностью от 3 до 180 с;
- повышенной инерционности, с инерционностью более 180 с.

По быстродействию подразделяют на следующие группы:

- Б-1 с быстродействием до 1 с;
- Б-2 с быстродействием от 1 до 10 с;
- Б-3 с быстродействием от 10 до 30 с;
- Б-4 с быстродействием более 30 с.

По времени действия (продолжительности подачи огнетушащего порошка) подразделяют на:

- быстрого действия — импульсные (И), с временем действия до 1 с;
- кратковременного действия (КД-1), с временем действия от 1 до 15 с;
- кратковременного действия (КД-2), с временем действия более 15 с.

По способу тушения подразделяют на:

- установки объемного тушения;
- поверхностного тушения;
- локального тушения по объёму.

По вместимости единичного корпуса ёмкости АУПТ подразделяют:

- модульные установки;
- установки быстрого действия — импульсные (и) — от 0,2 до 50 л, установки
 - кратковременного действия — от 2 до 250 л;
 - агрегатные установки — от 250 до 5000 л. [9]

В условиях Арктики, где экстремальные температуры и сложные климатические условия создают дополнительные вызовы для пожаротушения, разработка эффективных огнетушащих средств приобретает особую актуальность. Лабораторные исследования, проведенные специалистами Восточно-Европейского института торфяного дела Тверского государственного технического университета и Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, привели к созданию новых составов огнетушащих порошков, адаптированных к арктическим условиям.

Одним из ключевых достижений стало создание огнетушащих порошков с добавками микрокапсул, содержащих хладон. Эти порошки показали высокую огнетушащую эффективность, превышающую на 50 % эффективность традиционных порошков, производимых промышленностью. Они способны эффективно тушить тлеющие материалы, что особенно важно в условиях Арктики, где пожары могут распространяться медленно, но с высокой степенью риска [4].

Специалисты разработали гидрофобно-модифицирующие вещества (ГМД) на основе торфяного сырья. Эти вещества значительно повышают водоотталкивающие свойства огнетушащих порошков, что особенно важно в условиях повышенной влажности и низких температур Арктики. Исследования

показали, что при концентрации ГМД до 3 % огнетушащая способность незначительно повышается, но при содержании в 1,5 % порошок обеспечивает нормативные значения водоотталкивающих свойств. ГМД также значительно дешевле (в 6-10 раз) традиционных веществ, таких как аэросил, белая сажа и нефелин [4].

На основе проведенных исследований был разработан огнетушащий порошок двойного применения: для тушения горения и локализации разливов легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ). Этот порошок может быть использован на автозаправочных станциях (АЗС) и транспортных средствах, что особенно актуально в условиях Арктики, где инфраструктура часто ограничена, и необходимо иметь универсальные средства пожаротушения. В академии были проведены полигонные испытания установки порошкового тушения «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит» с порошковыми составами ИСТО. Эти испытания подтвердили эффективность новых порошков при тушении пожаров на открытых площадях, в жилых и административных зданиях. На основе проведенных исследований был разработан принципиально новый порошковый состав с микрокапсулами, на который подана заявка на патент. Этот состав обладает уникальными свойствами, позволяющими эффективно тушить пожары в условиях Арктики. [5]

В результате обзорного исследования порошков в арктической зоне были выявлены ключевые особенности и перспективы их применения в экстремальных климатических условиях. Анализ показал, что порошковые материалы обладают уникальными свойствами, такими как высокая устойчивость к низким температурам, способность сохранять свои характеристики при длительном хранении.

Исследование также продемонстрировало, что огнетушащие порошки могут быть использованы в различных отраслях, включая строительство, энергетику и транспорт.

Тушение в Арктической зоне является актуальной задачей в условиях сложившейся обстановки развития технологии добычи полезных ископаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Душкин А. Л., Ловчинский С. Е., Рязанцев Н. Н. Первичные средства пожаротушения для Арктики // Пожаровзрывобезопасность. 2016. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pervichnye-sredstvapożharotusheniya-dlya-arktiki> (дата обращения: 14.10.2025).
2. Пелех М. Т., Симонова М. А. Проблемные вопросы при тушении пожаров на резервуарах в Арктической зоне // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2019. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemnye-voprosy-pri-tushenii-pozharov-na-rezervuarah-v-arkticheskoy-zone> (дата обращения: 07.10.2025).

3. А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения. Справочник — М.: Асе. «Пожнаука», 2004. — Ч. 1. — С. 124]
4. Агаларова С. М., Сабинин О. Ю. Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса // Пожаровзрывобезопасность, 2007. — Том № 16, № 6
5. Минимальная продолжительность подачи огнетушащего вещества//Пожарная безопасность. Энциклопедия. —М.:ФГУ ВНИИПО, 2007.
6. Порошковый пожарный ствол//Пожарная безопасность. Энциклопедия. —М.: ФГУ ВНИИПО, 2007.
7. СП 9.13130.2009 Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации. п. 4.1 Выбор огнетушителей.
8. СП 485.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Установки. пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
9. ГОСТ Р 51091-97 Установки порошкового пожаротушения автоматические. Типы и основные параметры. Раздел 4 Типы и основные параметры.
10. Дмитриев, О. В. Огнетушащие порошки / О. В. Дмитриев, В. И. Попов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 20–21 сентября 2017 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», 2017. – С. 219-223. – EDN YSRUFH.
11. Мисников Олег Степанович, Дмитриев Олег Владимирович, Попов Владимир Иванович Исследование свойств огнетушащих порошков, модифицированных торфяными гидрофобными добавками // Труды Инсторфа. 2013. №8 (61). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-svoystv-ognetushaschih-poroshkov-modifitsirovannyh-torfyanyimi-gidrofobnymi-dobavkami> (дата обращения: 04.11.2025).

УДК 621

Е. М. Ковалев, Н. А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИЛАМИДНОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ 3D-ПЕЧАТИ

3D-печать достаточно распространенный метод, позволяющий получать достаточно сложной формы готовые изделия в короткие сроки. Но вот на сколько они прочные и обладают ли достаточной жесткостью зависит от природы материала и эксплуатационных свойств изготавливаемых образцов. На сегодняшний день универсальных способов упрочнения полиамидного пластика нет.

Экспериментальным путем определена эффективность термической обработки полимеров: отжиг и нормализация. Представлены микроструктуры разрывного разрушения полиамида после растяжения.

Ключевые слова: упрочнение полиамида, 3D печать пластика, отжиг, нормализация, армированный композит.

E. M. Kovalev, N. A. Kropotova

HARDENING OF POLYAMIDE PARTS OBTAINED THROUGH 3D PRINTING

3D printing is a fairly common method that allows you to obtain ready-made products of a rather complex shape in a short time. However, the strength and rigidity of these products depend on the nature of the material and the performance characteristics of the samples. Currently, there are no universal methods for strengthening polyamide plastic. The effectiveness of thermal treatment of polymers, such as annealing and normalization, has been experimentally determined. The microstructures of the tensile failure of polyamide after stretching have been presented.

Key words: polyamide hardening, 3D printing of plastic, annealing, normalization, and reinforced composite.

Все чаще применяются полимерные изделия, полученные при 3D-печати. Область их применения достаточно широка от медицины (используется в качестве имплантата временного действия) до автомобиле-, авиа- и машиностроении [1]. Использование изделий, полученных при 3D-печати из полиамидного сырья позволяет снижать ряд экологических проблем, поскольку разлагается при атмосферных условиях и бактерий. Использование полиамида оправдано не только его экологичностью, но и биосовместимостью.

Обеспечение эксплуатационных характеристик полиамидных изделий на сегодняшний день имеет спорный вопрос, поскольку полимер молочной кислоты недостаточно прочный и жесткий. В ряде экспериментов проводилось определение ударной вязкости по методу Изода, где была доказана эффективность 80 % заполнения пластика по соотношению массы пластика и ударной вязкости [2]. Не принято оперировать понятием упрочнения полимера, его изначально стараются изготовить с заданными физико-механическими свойствами. Но если упрочнение возникает в период, когда изделие уже напечатано на 3D-принтере, то можно воспользоваться методами упрочнения материалов. Универсальных методов упрочнения полимерных материалов нет. Считается. Что все полимеры практически не восприимчивы к воздействию высоких температур, а физические и механические свойства недостаточно хороши.

Предлагается провести эксперимент с нагреванием изготовленных образцов и посмотреть влияние воздействия температур к получаемым в процессе 3D-печати полимерные материалы. При методике послойного

наслоения, применяемого на 3D-принтере, происходит нагревание пластика до температуры ниже температуры плавления при экструдировании. Нагретый пластик остывает неравномерно, поскольку есть основания так утверждать: во-первых, деталь располагается на подогреваемом столике, во-вторых, детали изготавливаются с разной плотностью заполнения, в-третьих, пластик обладает низкой теплопроводностью. Следовательно, происходит возникновение напряжений.

Полиамидный пластик – это высокомолекулярное соединение, состоящее из мономеров молочной кислоты. Причем полимерные цепочки переплетены образуя полимерную нить. Сама микроструктура пластика в процессе синтеза представляет собой аморфную и нечетко структурированную структуру. А вот при микроструктурном анализе пластика после печати можно увидеть упорядоченное выдвигание нагретой массы из экструдера и при последующем охлаждении можно увидеть образованные кристаллы с некоторыми дефектами и пустотами на поверхности полимерной нити (рис. 1). Это связано с тем, что охлаждение происходит неравномерно, и полимерная нить, охлаждаясь, сжимается по-разному.

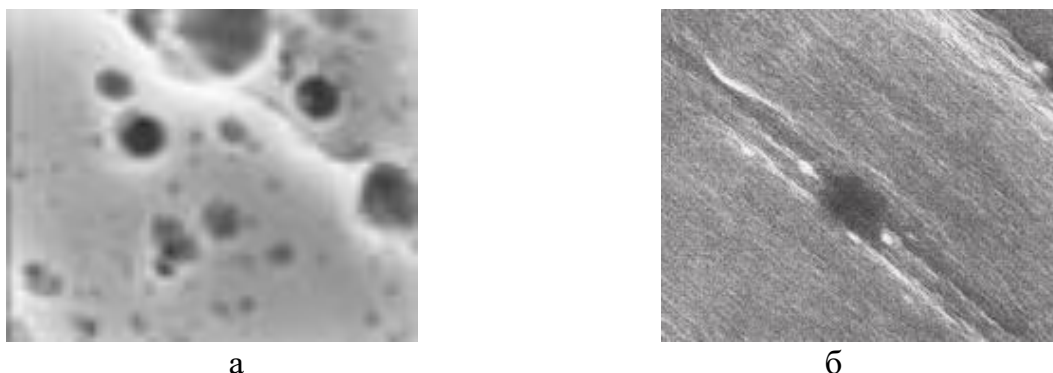


Рис. 1. Микроструктура полимерного материала: а $\times 24$, б $\times 50$

Предлагается избавиться от возникших деформаций при 3D-печати закалкой, это нагрев изготовленный образец до температуры выше температуры стеклования. Известно, что для аморфных поли-D,L-лактидов $t_c = 51 \pm 2^\circ\text{C}$ и аморфной фазы высокомолекулярных аморфно-кристаллических поли-L-лактидов $t_c = 56 \pm 2^\circ\text{C}$ [3]), но ниже температуры плавления полиамида ($t_{\text{пл}} = 175 \pm 2^\circ\text{C}$) с последующим медленным охлаждением. Считаем, что подобный процесс нагревания и последующего охлаждения увеличит количество кристаллических структур внутри пластика. Когда полиамидный полимер подвергается нагреванию молекулярные цепочки, образующие переплетенные полимерные нити, приобретает энергию, за счет которой переходит в аморфное состояние (рис. 2).

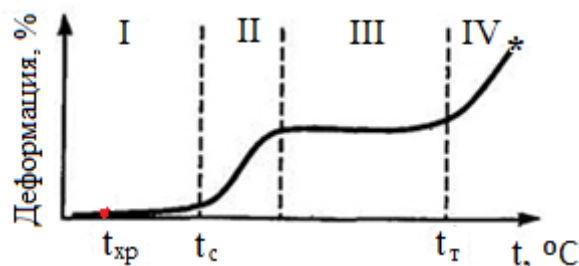


Рис. 2. Схема термомеханической зависимости полактида:

I – область стеклообразования, $t_{хр}$ – температура хрупкости, t_c – температура стеклования; II – область, характеризующая переходное состояние; III – область высокоэластического состояния; IV – область вязкотекучего состояния, t_T – температура текучести; * – термодеструкция

Температуру для закалки полиамида определили в 58 °С, выполнять будем в электрической печи с термопарой. Температура достаточная для того, чтобы полиамид размягчился, но не потерял свою форму, что позволит Предложено выполнить закалку образцов, подвергающихся растяжению (рис. 3).

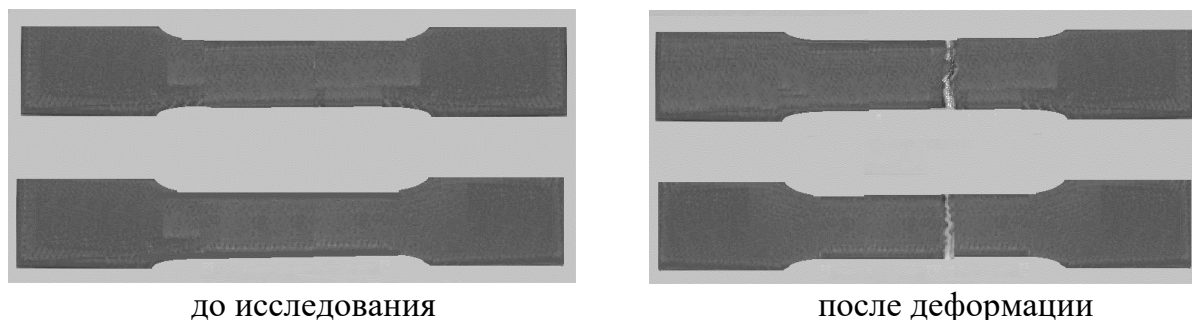


Рис. 3. Образцы для исследования на растяжение

Исследование на растяжение производили с помощью разрывной машины РМ-5 при скорости нагружения 0,5 м/мин.

Полученные данные свидетельствуют, о том, что полиамид обладает упруго-пластичными свойствами и имеет предел выносливости в пределах 50 МПа у образцов подверженных нагреванию. На диаграмме растяжения выраженной площадки текучести нет, но достаточно хорошо выражен предел выносливости материала. Который может быть связан с рекристаллизационным эффектом термической обработки полиамида.

Рекристаллизация вызывает рост полимерных цепей, образуя спаечные связи между ними. Считается, что данный процесс устраняет дефекты, поэтому на поверхности их гораздо меньше, о чем свидетельствует рис. 5.

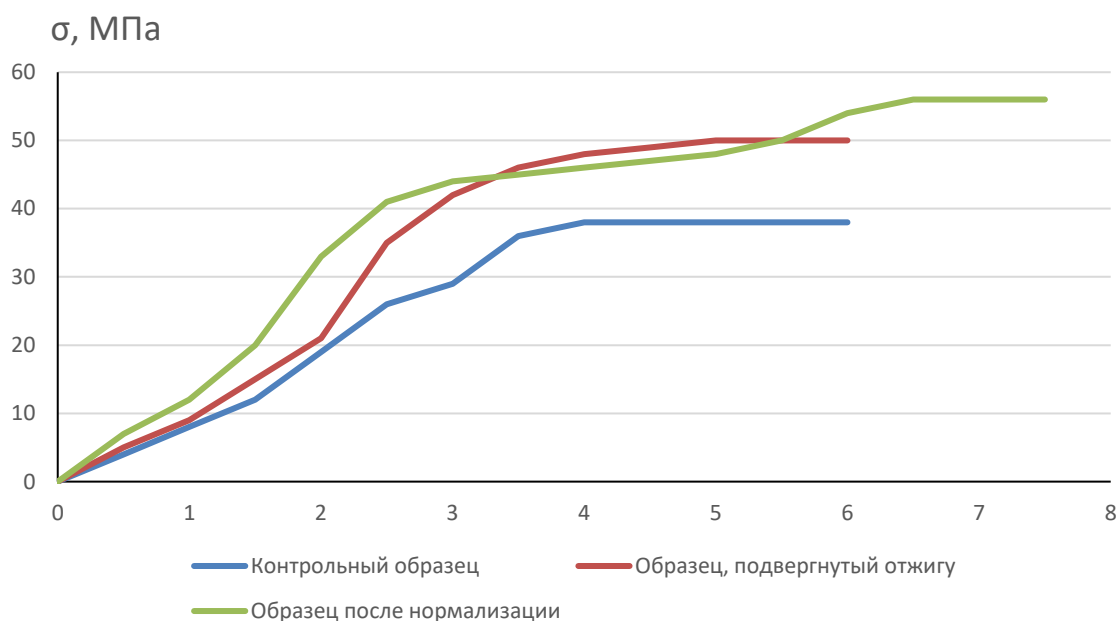


Рис. 4. Диаграмма растяжения полиамидного полимера

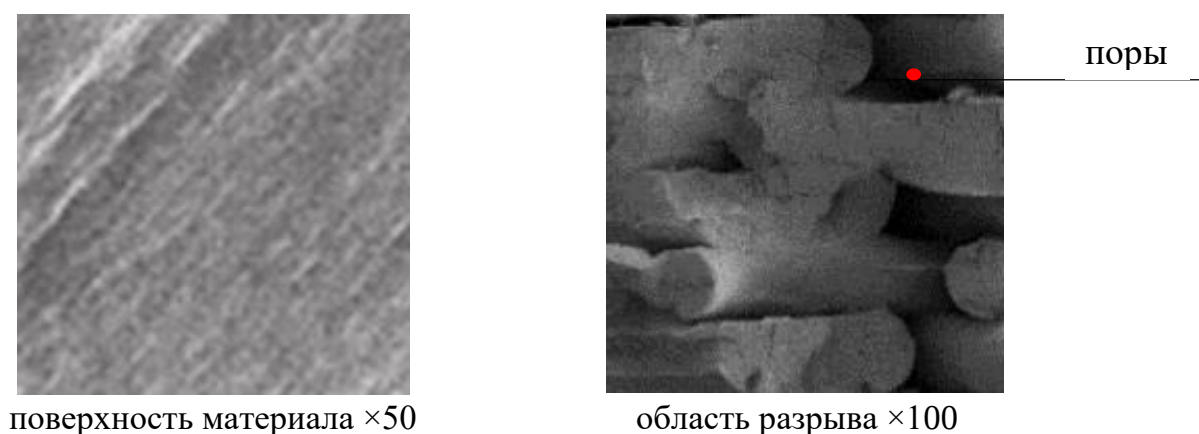


Рис. 5. Микроструктуры полиамидных образцов после разрушения при растяжении

Любое изделие после изготовления содержит поверхностные дефекты, которые являются концентраторами напряжений. Для снятия этих напряжений доказана эффективность термической обработки — отжига и нормализации. Если есть возможность изготавливать быстро детали, позволяющие работать механизмам, то на помощь придет 3D-печать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Перспективы использования 3D печати для ремонта кузова малогабаритной техники легкого класса и БПЛА // Карбышевские чтения. Наше дело правое — победа будет за нами! [Текст]: Сборник

научных трудов международной научно-практической конференции / под общ. ред. Грошевой Л.И. в 6 т., Т.1 – Тюмень: ТВВИКУ, 2023. С. 323-329.

2. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Исследование ударной вязкости полиамида и армированных деталей на его основе // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 21 марта 2024 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – С. 58-63.

3. Белов Д.А., Круль Л.П., Поликарпов А.П., Климовцова И.А. Термомеханические свойства полилактидов // Вестник БГУ. Сер. 2. 2007. № 3. С. 40-46. [Электронный ресурс] URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/13795/1/40-46.pdf> (доступ свободный).

УДК 614.841.41

Н. Н. Колесникова, О. Г. Циркина, В. Г. Спиридонова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ПВХ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН

В работе проведены исследования образцов двухслойных материалов, состоящих из текстильной основы – саржи волокнистого состава 65 % хлопок и 35 % полиэфир, и полимерного ПВХ-покрытия с различными наполнителями. Рассмотрены особенности поведения полученных композиционных материалов в условиях воздействия пламени и высоких температур.

Ключевые слова: пожарная опасность, текстильные материалы, огнестойкость, термогравиметрический анализ, масс-спектропия.

N. N. Kolesnikova, O. G. Tsirkina, V. G. Spiridonova

APPLICATION OF PVC-BASED FIRE-RESISTANT COMPOSITIONS FOR CELLULOSE FIBER TEXTILE MATERIALS

The work studies samples of two-layer materials consisting of a textile base – twill fiber composition 65 % cotton and 35 % polyester, and a polymer PVC coating with various fillers. The features of the behavior of the obtained composite materials under conditions of exposure to flame and high temperatures are considered.

Key words: fire hazard, textile materials, fire resistance, thermogravimetric analysis, mass spectroscopy.

Вопрос придания огнезащитных свойств текстильным материалам из натуральных волокон не теряет свою актуальность. Ткани, состоящие как из целлюлозных волокон, так и их смеси с полиэфирными, широко применяются для пошива одежды и постельных принадлежностей, штор и элементов мягкой мебели, укрывных и тентовых материалов.

Спектр представленных на рынке антипиренов постоянно расширяется, выделяются новые концепции и направления в области огнезащиты текстильных материалов. Среди них – разработка вспучивающихся огнезащитных составов на основе эмульсионного поливинилхлорида (ПВХ), наносимого поверхностным способом, с добавлением антипиренов в ПВХ-пластизоль [1, 2]. В настоящее время продолжается работа по подбору компонентов для создания интумесцентной огнезащиты тканей различного состава и функционального назначения.

В рамках данной работы исследовались восемь образцов, характеристика которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Общая характеристика исследуемых образцов

Номер образца	Наполнитель	Текстильный материал	Основа
1	-	Саржа состав: 65 % хлопок + 35 % полиэфир вид отделки – суровая поверхностная плотность 240 г/м²	-
2	-		Полимерная ПВХ композиция состав: 60 мас. ч. ПВХ эмульсионного, 40 мас. ч. пластификатора ДОФ
3	Тефлон		
4	Диоксид титана		
5	Мочевина (карбамид)		
6	Шунгитовый порошок		
7	Оксид цинка		
8	Гидрофосфат аммония		

Для оценки огнестойкости полученных композиционных материалов использовалась методика ГОСТ Р 11209-2014 [3]. С учетом того, что нормативные методы испытаний рассчитаны только на антипирены, наносимые путем пропитки, с учетом наличия необработанных краев при поверхностном нанесении пламя спиртовки подносили к центру исследуемых образцов, а не к кромке. На основании представленных результатов огнестойкими могут быть признаны образец № 6 и образец № 8 (табл. 2).

Таблица 2. Результаты испытаний образцов на огнестойкость

Номер образца	Краткая характеристика	Время прогорания образца, с	Наличие остаточного горения
1	саржа	6	полностью сгорает
2	саржа + ПВХ	19	
3	саржа + ПВХ + тефлон	30	
4	саржа + ПВХ + диоксид титана	30	
5	саржа + ПВХ + мочевина	16	
6	саржа + ПВХ + шунгит	42	затухает при выносе из пламени
7	саржа + ПВХ + оксид цинка	13	полностью сгорает
8	саржа + ПВХ + гидрофосфат аммония	45	затухает при выносе из пламени

Полученные данные термического анализа показали, что эффективными являются наполнители, способствующие выделению воды при термическом воздействии. Вода способствует усилению процесса гидротермальной деструкции ПВХ, который на первой стадии сопровождается выделением хлороводорода и образованием полиена. Процесс протекает до температур 250 °С. На второй стадии в области температур 250-350 °С полиен начинает разлагаться до низкомолекулярных соединений. При температурах выше 350 °С полиен полностью разрушается с образованием большого количества простых веществ [4].

С целью изучения поведения полученных образцов под действием высоких температур использованы методы термического анализа, позволяющие проводить исследования происходящих в системе физико-химических процессов в условиях программированного изменения температуры.

Интенсивное разложение всех образцов происходит в диапазоне от 200 до 500 °С, при этом термогравиметрическая кривая, показывающая процент потери массы с увеличением температуры, для суровой саржи имеет более плавный характер, особенно на начальном этапе. Остаточная масса образцов представлена на рисунке.

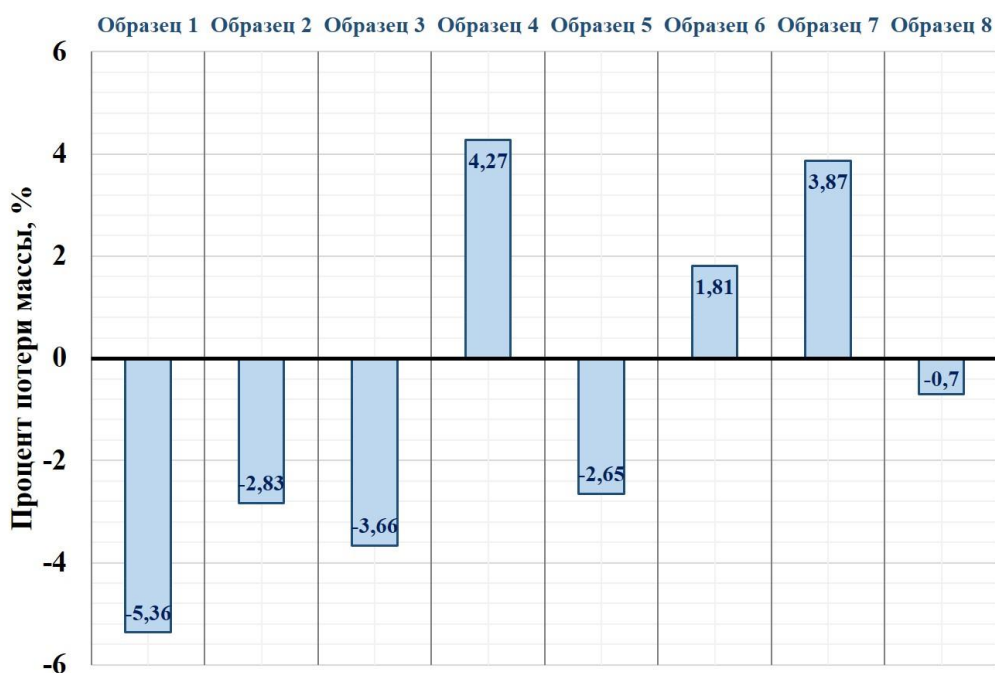


Рисунок. Процент остаточной масса исследуемых образцов
после термического воздействия

Нагревание исходной саржи (образец № 1), саржи + ПВХ (образец № 2), саржи + ПВХ + тефлон (образец № 3), саржи +ПВХ + мочевина (образец № 5), и саржи + ПВХ + гидрофосфат аммония (образец № 8) приводит не к уменьшению, а к увеличению итоговой массы материала, о чем

свидетельствует отрицательное значение остаточной массы образца. Обнаруженный экспериментальный факт можно объяснить процессами адсорбции выделяющихся газов продуктами окисления и карбонизации исследуемых композиционных материалов [5]. Для остальных исследованных образцов (№ 4, № 6, № 7), содержащих в качестве наполнителей в ПВХ-покрытии диоксид титана, шунгит и оксид цинка, процессы нагревания сопровождаются потерей массы материалов.

Кривая теплового потока в зависимости от компонентов, входящих в наносимый огнезащитный состав, может иметь от одного до трех пиков (табл. 3).

**Таблица 3. Температуры пиков на кривых теплового потока
для исследуемых образцов**

Номер образца	Краткая характеристика	Температура пиков на кривой теплового потока, °С		
		Пик 1	Пик 2	Пик 3
1	саржа	464,88	-	-
2	саржа + ПВХ	461,12	-	-
3	саржа + ПВХ + тефлон	464,90		
4	саржа + ПВХ + диоксид титана	458,14	-	-
5	саржа + ПВХ + мочевины	428,54	465,77	-
6	саржа + ПВХ + шунгит	433,51	-	-
7	саржа + ПВХ + оксид цинка	213,59	470,32	499,45
8	саржа + ПВХ + гидрофосфат аммония	460,06	-	-

Наибольшее отличие в температурных значениях наблюдается для образца саржи с нанесенным ПВХ-составом с добавлением оксида цинка (образец № 7). Первый пик на кривой теплового потока соответствует температуре начала термодеструкции, второй пик характеризует заключительный этап термического разложения, а третий пик совпадает с окончанием процесса разрушения полимерного материала и выходом на плато на кривой ТГА. Наличие нескольких пиков может свидетельствовать о многоступенчатом процессе термоокислительной деструкции, где наполнитель, вводимый в ПВХ композицию, может играть роль катализатора или стабилизатора в различных стадиях разложения полимера.

В результате проведенных исследований для рассматриваемых двухслойных материалов на основе саржи и полимерного ПВХ покрытия с различными наполнителями установлено, что огнестойкими являются образцы саржи, имеющие покрытия «ПВХ + шунгит» и «ПВХ + гидрофосфат аммония». Термические исследования позволили рассмотреть механизмы взаимодействия

используемых наполнителей с поливинилхлоридом, продуктами его поэтапного разложения и продуктами термоокислительной деструкции волокнообразующих полимеров, что в некоторых случаях ускоряет процесс образования коксового остатка и увеличивает его количество, предотвращающее доступ кислорода в зону горения [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г. Защитные вспучивающиеся составы для тканей технического назначения // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 20 апреля 2023 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 483-487.
2. Интумесцентный огнезащитный состав для тканей из целлюлозных волокон: пат. 2836432С1 Рос. Федерация / Малый И.А., Шарabanова И.Ю., Циркина О.Г., Кузьмина Н.Н. [и др.]; заявл. 02.04.2024; опубл. 14.03.2025, Бюл. № 8. 8 с.
3. ГОСТ Р 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. Илларионова Е.А., Сыроватский И.П. Основы метода масс-спектрометрии. Практическое применение метода: учебное пособие. Иркутск: ИГМУ, 2021. 49 с.
5. Хабас Т.А., Кулинич Е.А., Егорова Е.Ю. Термогравиметрический метод анализа силикатных материалов [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://m.eruditor.one>file/4124826/> (дата обращения 20.01.2025).
6. Влияние наполнителей ПВХ-покрытия целлюлозосодержащих текстильных материалов на эффективность их огнезащиты / С.А. Сырбу, О.Г. Циркина, Н.Н. Колесникова [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2025. № 2 (416). С. 181-195.

УДК 614.8

В. А. Комельков, А. Л. Никифоров, В. В. Серов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОГНЕСТОЙКИЙ КАБЕЛЬ: КОЛЛИЗИЯ ТРЕБОВАНИЙ МЕЖДУ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЛЮДЕЙ И СОХРАННОСТЬЮ ОБОРУДОВАНИЯ

Данная статья рассматривает актуальную нормативно-техническую коллизию, сложившуюся в области применения огнестойких кабельных изделий на объектах с массовым пребыванием людей, различные трактовки одной и той же нормы в разные периоды времени. Отражается наличие противоречивых разъяснений сотрудников ВНИИПО МЧС России, что создает правовую неопределенность для проектировщиков, экспертов в области пожарной безопасности и надзорных органов.

Ключевое противоречие заключается в выборе между кабелями исполнения нг-FRHF, которые лучше защищают оборудование от коррозии за счет отсутствия галогенов, и кабелями нг-FRLSLTx, обеспечивающими максимальную безопасность людей благодаря низкой токсичности и дымообразованию. Статья указывает на необходимость унификации требований и, возможно, внесения изменений в свод правил СП 6.13130 на основе всесторонних натурных испытаний, чтобы устранить существующую двойственность трактовок и выбрать универсальное, наиболее безопасное решение.

Ключевые слова: пожарная безопасность, объект защиты, огнестойкие кабели, кабельные изделия, системы противопожарной защиты, правовая неопределенность.

V. A. Komelkov, A. L. Nikiforov, V. V. Serov

FIRE-RESISTANT CABLE: A COLLISION OF REQUIREMENTS BETWEEN PEOPLE'S SAFETY AND EQUIPMENT SAFETY

This article highlights a pressing regulatory and technical conflict in the field of the use of fire-resistant cable products in facilities with mass presence of people, as well as different interpretations of the same regulation at different times. It also reflects the contradictory explanations provided by employees of the All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia, which creates legal uncertainty for designers, fire safety experts, and regulatory authorities. The key contradiction lies in the choice between cables of the нг-FRHF design, which better protect equipment from corrosion due to the absence of halogens, and cables of the нг-FRLSLTx design, which provide maximum safety for people due to low toxicity and smoke formation. The article points out the need to unify the requirements and, possibly, to make changes to the set of rules SP 6.13130 based on comprehensive field tests, in order to eliminate the existing ambiguity of interpretations and choose a universal, most safe solution.

Key words: fire safety, protected object, fire-resistant cables, cable products, fire protection systems, legal uncertainty.

Пожары – достаточно частое, к сожалению, явление в нашей жизни, которое несет людям потери человеческих жизней и имущества, ухудшение экологических показателей среды обитания и даже сопутствующие техногенные катастрофы. Как свидетельствует практика, подавляющее число пожаров (не менее 95-98 % от их общего числа) происходят по вине людей, в результате их действий или бездействия. Поэтому человечество всегда стремилось и стремится не только научиться быстро и эффективно бороться с возникшим пожаром, но и уметь предотвращать пожары, избегать их возникновения, ограничивать возможное развитие и распространение. С этой целью в том числе ведущим научным институтом в области пожарной безопасности разрабатываются нормативные документы в области пожарной безопасности.

Согласно статистическим данным с 2022 года до настоящего времени одной из основных причин возникновения пожара является «Неисправность электротехнического оборудования» (2023 год – 60875 пожаров (аналогичный период прошлого года 59783 (+1,1 %); 2024 год – 64799 пожаров (аналогичный период прошлого года 60875 (+ 6,4 %)). Стоит отметить, что статистические данные свидетельствуют о неуклонном, к сожалению, росте числа пожаров по рассматриваемой причине.

Обеспечение пожарной безопасности при проектировании электрических систем стоит на одном из первых мест по приоритетности выполняемых работ при строительстве, капитальном ремонте или техническом перевооружении на объекте защиты. Основным нормативным правовым актом в области пожарной безопасности, регламентирующим требования в рассматриваемой области является Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – ФЗ №123-ФЗ). В частности, в части 2 статьи 82 этого закона установлено, что «кабельные линии и электропроводка систем противопожарной защиты [1] должны сохранять работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для выполнения их функций» [1]. Это означает, что при проектировании систем противопожарной защиты (далее – СПЗ) необходимо использовать кабельные изделия, способные сохранять работоспособность заданное время при пожаре. Также стоит заметить, что в силу части 13 «правила применения электрооборудования в зависимости от степени его взрывопожарной и пожарной опасности в зданиях и сооружениях различного назначения, а также показатели пожарной опасности электрооборудования и методы их определения устанавливаются техническими регламентами для данной продукции, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», для данной продукции и (или) нормативными документами по пожарной безопасности» [1]. При этом правовая основа технического регулирования закреплена в Федеральном законе от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и Федеральном законе от 31.07.2020 № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» (последний определяет порядок разъяснения коллизий обязательных требований).

Для реализации положений ФЗ №123-ФЗ Росстандарт приказом от 13 февраля 2023 года № 318 утвердил новый Перечень документов по стандартизации, применение которых на добровольной основе обеспечивает соблюдение Технического регламента. В этот Перечень включено 146 документов, в том числе нормативные документы, посвящённые электротехнической продукции и кабельным изделиям. Так, согласно п. 125 Перечня ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» (далее - ГОСТ 31565-2012) подтверждаемыми требованиями стандарта в части применения его на добровольной основе являются требования отражённые в разделе 4, разделе 5, таблицы 2. Согласно раздела 1

ГОСТ 31565-2012 распространяется на кабельные изделия, к которым предъявляются требования по пожарной безопасности, предназначенные для прокладки в зданиях и сооружениях, и устанавливает классификацию, требования пожарной безопасности, преимущественные области применения.

В силу ГОСТ 31565-2012 (п. 5.11), кабельные изделия подразделяются на типы исполнения по пожарной опасности: - нг(...), нг(...)-LS, нг(...)-HF, нг(...)-FRLS, нг(...)-FRHF, нг(...)-LSLTx, нг(...)-HFLTx, нг(...)-FRLSLTx, нг(...)-FRHFLTx. В зависимости от типа исполнения кабельные изделия обладают такими свойствами как: не распространяющие горение, пониженное дымо- и газовыделение, не выделяющие коррозионно-активных газов при горении; огнестойкие с пониженным дымо- и газовыделением, огнестойкие безгалогенные (не выделяющие коррозионных газов), огнестойкие исполнения с различной комбинацией низкой токсичности (LTx), дымообразования и отсутствия коррозионных продуктов.

При этом таблицей 2 «Преимущественные области применения кабельных изделий с учётом их типа исполнения» ГОСТ 31565-2012 регламентирован выбор типов кабельных изделий в зависимости от функционального назначения объекта (с трудом, но можно назвать данный выбор с учетом класса функциональной пожарной опасности (ст. 32 [1])), а также в зависимости от количества нахождения на объекте людей («В части применения кабельной продукции в соответствии с ГОСТ 31565, объектом с массовым пребыванием людей принято считать объект, на котором может одновременно находиться 50 и более человек, согласно п. 7 Правил противопожарного режима в Российской Федерации» [7]). Стоит заметить, что указанным нормативным документом регламентировано применение на объектах защиты не только кабельных изделий, используемых для систем противопожарной защиты, но и для кабельных изделий, предназначенных для разных целей (силовые кабели и слаботочные кабели).

Однако на практике требования ГОСТ 31565 осложняются технологическими ограничениями. Производители указывают, что в настоящее время Российскими заводами изготовителями не освоено промышленное изготовление кабельных изделий исполнения «нг(...)-HFLTx (кабельные изделия, не распространяющие горение при групповой прокладке, не выделяющие коррозионно-активные газообразные продукты при горении и тлении и с низкой токсичностью продуктов горения) и нг(...)-FRHFLTx» (кабельные изделия огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке, не выделяющие коррозионно-активных газообразных продуктов при горении и тлении и с низкой токсичностью продуктов горения). В связи с этим ведущий научный институт в области пожарной безопасности ВНИИПО МЧС России в письмах от 01 апреля 2019 года № 485-1-29-13-3 и от 14.10.2019 № 6991-13-3-2 разъяснили, что специалисты института считают допустимым применение кабельных изделий исполнений нг(...)-LSLTx и нг(...)-FRLSLTx.

При этом в указанных разъяснениях речь идет о зданиях детских дошкольных образовательных учреждений.

При этом в настоящее время большинство проектировщиков руководствуясь указанными письмами закладывает для всех линий связи электрических систем объектов с массовым пребыванием не являющихся зданиями детских дошкольных и образовательных учреждений, специализированных домах престарелых и инвалидов, больницах, в спальнях корпусов образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений кабельные изделия исполнением нг(...)-LSLTx и нг(...)-FRLSLTx. Стоит отметить, что согласно требованиям таблицы 2 ГОСТ 31565 кабельные изделия для объектов с массовым пребыванием должны быть заложены исполнением нг(...)-HF и нг(...)-FRHF. Кроме того, это также подтверждается письмом ВНИИПО МЧС России от 17 октября 2017 года №5396-12-3-3.

В то же время сотрудники органа государственного пожарного надзора, находящимися в ведении федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области пожарной безопасности, равно как и государственные, аттестованные эксперты в области пожарной безопасности федеральных государственных бюджетных учреждений «Судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы «Испытательных пожарных лабораторий по субъектам Российской Федерации» трактуют применение кабельных изделий исполнением нг(...)-LSLTx и нг(...)-FRLSLTx в зданиях с массовым пребыванием людей не относящихся к зданиям детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домах престарелых и инвалидов, больницах, спальнях корпусов образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений, как нарушение требований пожарной безопасности.

Стоит обратить внимание, что и судебная практика по данному вопросу складывается в пользу надзорных органов и экспертов в области пожарной безопасности.

Таким образом, складывается ситуация, когда на объекте с массовым пребыванием людей смонтирован кабель исполнением нг(...)-LSLTx и нг(...)-FRLSLTx, а проектная документация прошла экспертизу (экспертизу проектно-сметной документации, грубо говоря просто по количественной составляющей, а не по соответствию нормативным требованиям). При этом специалистами ВНИИПО МЧС России в письме от 23.08.2025 №34809188 дается разъяснение, что применение кабелей с более низкими показателями пожарной опасности, например, кабелей типа исполнения «нг(...)-FRLSLTx» взамен «нг(...)-FRHF» для систем противопожарной защиты и других систем, которые должны сохранять свою работоспособность в условиях пожара, в зданиях общеобразовательных организаций (класс функциональной пожарной опасности Ф4.1) не является нарушением требований пожарной безопасности, что в принципе противоречит требованию таблицы 2 ГОСТ 31565 и

предыдущим разъяснениям специалистов ведущего института в области пожарной безопасности.

Возникает положение, когда одни специалисты настаивают на применении кабельных изделий исполнения нг(...)-HF и нг(...)-FRHF, а другие допускают использование нг(...)-LSLTx и нг(...)-FRLSLTx. Получается, что одно и то же техническое решение может быть признано соответствующим или нарушающим требования в области пожарной безопасности. В настоящее время возникает правовая неопределённость, которая приводит к коллизии при проектировании, монтаже и проведении контрольных (надзорных) и профилактических мероприятий в части проверки условий соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности.

Данная ситуация может привести к тому, что при проведении судебных заседаний сотрудники одного ведомства будут сталкиваться, разбираясь в норме права, что в первую очередь может сказаться на репутации самого ведомства

В рамках написания статьи были получены разъяснения технологов как от заводов изготовителей кабельных изделий, так и производителей полимерных компаундов и пластикатов для кабельной и электротехнической промышленности. С технической точки зрения кабели разных исполнений имеют отличные свойства. Кабели исполнения нг(...)-FRHF (огнестойкие безгалогенные) изначально разрабатывались для помещений с чувствительным электрооборудованием (серверные, аппаратурные, лаборатории), где критично не допустить коррозии компонентов. Их главное преимущество – минимальное выделение коррозионно-активных газов и значительно пониженное дымообразование по сравнению с «классическими» кабелями исполнения нг(...)-FRLS. Таким образом использование кабеля исполнения нг(...)-FRHF обеспечивает минимум выделения коррозионных газов и значительно меньшее дымовыделение по сравнению с кабелем исполнения нг(...)-FRLS. Благодаря этому оборудование, органы управления, технические средства в том числе СПЗ лучше защищены от повреждений. В то же время исполнения нг(...)-FRLSLTx демонстрируют ещё более низкую токсичность и дымообразование.

Если рассмотреть зарубежный опыт, то в Европе, например, от кабелей типа нг-LS (с пониженным дымом, но галогеносодержащих) отказались из-за высокой коррозионной активности и большого, относительно, дымовыделения. Их заменили на безгалогенные нг-FRHF [11].

Таким образом, в настоящее время только теоретически, можно заключить, что кабель исполнения нг(...)-FRHF обеспечивает более хорошую защиту оборудования, при этом кабель исполнения нг(...)-FRLSLTx – максимальную безопасность людей. И это опять ж таки только формально и сугубо теоретически, если проводить натурные испытания, на примере тех, которые провели сотрудники ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области с учетом реальной вещной обстановки на объекте защиты кабельные изделия по время пожара не выдерживают и 8 минут от начала возникновения горения в

помещении. При этом кабельные изделия были проложены как открытым способом, так и в кабеленесущей системе (ОКЛ). Создается закономерный вопрос: «А если нет существенной разницы в том какого исполнения используется кабель, если срок их работоспособности при пожаре примерно одинаков, то почему нельзя использовать на объекте защиты один универсально безопасный кабель исполнения нг(...)-FRLSLTx. Ведь человеческие жизни всегда в большем приоритете, чем сохранность приборов и оборудования.

Однако нормативная база пока говорит обратное, закрепляя общие требования к выбору кабельных изделий.

В текущей ситуации видится одним решение на основе натурных испытаний, внести в свод правил 6.13130 «Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности», утвержденный приказом МЧС России от 06.04.2021 № 200, изменения в которых отразить кабельное изделие одного типа исполнения, выбрать универсальный кабель, самый безопасный для объектов защиты. Полагаем, что при массовом выпуске универсального кабельного изделия стоимость его уменьшится до показателей кабеля типа исполнения нг(...)-LS. Таким образом, будет раз и навсегда решён вопрос с выбором кабеля для объектов защиты как для систем противопожарной защиты, так и для других электрических сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
3. Приказ Росстандарта от 13 февраля 2023 г. № 318 «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”».
4. ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности».
5. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации».
6. Письмо ФГБУ «ВНИИПО» МЧС России от 17 октября 2017 года №5396-12-3-3.
7. Письмо ФГБУ «ВНИИПО» МЧС России от 01.04.2019 № 485-1-29-13-3.
8. Письмо ФГБУ «ВНИИПО» МЧС России от 14.10.2019 № 6991-13-3-2.
9. Письмо ФГБУ «ВНИИПО» МЧС России от 23.08.2025 № 34809188.
10. Решение Арбитражного суда Свердловской области от 11 июня 2020 года №А60-4054/2020 (<https://ptm01.ru/reshenie-arbitrazhnogo-suda-sverdlovskoj-oblasti-ot-11-iyunya-2020-goda-%E2%84%96a60-4054/2020>).
11. Неплохов И.Г. Огнестойкий кабель FRLS и FRHF: в чем разница? / Неплохов И.Г. // В журнале: Системы безопасности, 2012. С. 86-88.

12. Кузнецов Р.Г. Кабели с пониженной токсичностью продуктов горения/ Кузнецов Р.Г.// На официальном сайте ООО НПП «Спецкабель»: <https://spetskabel.ru/about/experts/articles/2013/17/>.

УДК 614.8

В. А. Комельков, А. Л. Никифоров, В. В. Серов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СОЛЕВЫЕ ОГНЕТУШАЩИЕ СОСТАВЫ: ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

В данной статье рассматривается эволюция огнетушащих составов, основанных на неорганических солях — от первых опытов XIX века до актуальных направлений разработки универсальных систем пожаротушения. Анализируются основные химические принципы тушения, основанные на солевых составах, их преимущества и ограничения. Основное внимание уделено эффективности тушения, безопасности, экологичности и экономической доступностью.

Ключевые слова: универсальное огнетушащее вещество, солевые составы, инертные газы, процесс горения.

V. A. Komelkov, A. L. Nikiforov, V. V. Serov

UNIVERSAL SALINE FIRE-EXTINGUISHING COMPOSITIONS: PRINCIPLES OF FORMATION AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

This article examines the evolution of fire-extinguishing compositions based on inorganic salts, from the first experiments in the 19th century to the current trends in the development of universal fire-extinguishing systems. It analyzes the main chemical principles of fire-extinguishing based on salt compositions, their advantages, and limitations. The focus is on the effectiveness of fire-extinguishing, safety, environmental friendliness, and economic accessibility.

Key words: universal fire extinguishing agent, salt compositions, inert gases, combustion process.

В XXI веке появилось огромное число новых технологий, меняющих окружающий мир. Какие-то из них просто облегчают жизнь человека, другие вносят в неё кардинальные перемены. Есть и такие, что уже в ближайшем будущем коренным образом способны изменить всю структуру мировой

экономики. Однако наравне с быстроразвивающимися технологиями возрастает опасность техногенных пожаров. Согласно статистическим данным с 2022 года до настоящего времени одной из основных причин возникновения пожара является «неисправность электротехнического оборудования» (2023 год – 60 875 пожаров (аналогичный период прошлого года — 59 783 (+1,1 %); 2024 год – 64 799 пожаров (аналогичный период прошлого года — 60 875 (+6,4%)). Стоит отметить, что статистические данные свидетельствуют о неуклонном, к сожалению, росте числа пожаров по рассматриваемой причине.

В связи с этим возрастают требования к огнетушащим составам, которые должны быть: универсальными (работать на разных классах пожара: А, В, С, D, Е, F [1]), экологически безопасными, экономически доступными.

Исходя из этого, составы на основе неорганических солей представляют собой перспективное направление: они обеспечивают стабильность, предсказуемость реакции, возможность многофункционального действия — например, охлаждение очага, подавление горения за счёт выделения газов или ингибирование (замедление) химической реакции горения.

Первый официально запатентованный солевой огнетушащий состав в России датируется 13 ноября 1863 года. Учёный Д. Ляпунов получил привилегию на порошок из нашатыря, поваренной соли и поташа, который следовало растворять в воде и подавать в очаг насосом. Его идея была проста: использовать доступные химикаты, разлагающиеся при нагреве с выделением газов, снижающих концентрацию кислорода.

В конце XIX века инженер Н. Б. Шефталъ создал «Пожарогас» — взрывной огнетушитель, заполняемый двууглекислой содой, квасцами или сернокислым аммонием. Его подрывали с помощью бикфордова шнура с хлопушками. Данная система эффективно справлялась как с задержкой выброса огнетушащего состава, так и с оповещением людей о пожаре.

В 1871 году американец Генри Харден запатентовал «Гранату Хардена № 1». Она представляла собой стеклянную ампулу с солевым раствором, которую бросали вручную в очаг возгорания. Это был прообраз современных автоматических термочувствительных систем.

Эти изобретатели заложили прообраз современного огнетушащего вещества, которое должно быть химически активным, стабильным в хранении и безопасным в применении. И все они сделали ставку на соли как на доступные и многофункциональные соединения.

В середине XX века в огнетушащих порошках для огнетушителей широко применялся бикарбонат натрия (NaHCO_3) (позже стали применять бикарбонат калия (KHCO_3)) как более эффективное вещество. Если рассматривать общий механизм тушения данным веществом, то он выглядел следующим образом: при нагреве бикарбонат выделяет CO_2 и H_2O , поглощает тепло, снижая температуру очага и количество активных частиц, которые участвуют в процессе горения.

Более современные работы показывают, что аэрозоли из водных растворов солей или их композиций также могут быть эффективны для тушения сложных очагов (например, аккумуляторных батарей, а также высокотемпературных очагов пожара).

Таким образом, солевые системы имеют значительную историю и научное обоснование, что является важным фактором при разработке «универсального» состава.

На наш взгляд, для разработки надёжного огнетушащего солевого состава важно понимать, каким образом будет осуществляться тушение данным составом и какую роль при тушении огня сыграют соли. В первую очередь при попадании огнетушащего состава в очаг возгорания должно происходить охлаждение очага пожара за счёт поглощения тепла огнетушащим составом, замедление химической реакции горения посредством выделения инертных газов, как, например, это делает бикарбонат калия. Далее важно не допустить повторное возгорание горючих веществ, поэтому необходимо создание защитной плёнки (барьера) на горящей поверхности. Данная плёнка может быть шлакоподобной или иметь вязкую консистенцию.

Солевые огнетушащие составы прошли большой путь от простых растворов XIX века до современных композитных систем и аэрозолей. К их достоинствам можно отнести относительную простоту изготовления, стабильность результата при тушении пожара, возможность применения для различных классов пожаров. В то же время существуют и значительные проблемы в их применении — в первую очередь это касается коррозионной активности солей.

Солевые огнетушащие составы представляют собой перспективное направление развития в области пожарной безопасности. Их дальнейшее совершенствование связано с переходом к экологически безопасным и экономически эффективным решениям, основанным на принципах «зелёной химии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Композиция для получения огнетушащего огнезащитного геля (варианты) / Патент на изобретение № 2784106 / Опубликовано: 23.11.2022 Бюл. № 33.
3. Чудинов, Е.А. Применение литий-железо-фосфатных аккумуляторных батарей в составе СОПТ на распределительных подстанциях и электростанциях / Е. А. Чудинов, А. Н. Ворошилов, С.В. Кучак // Энергоэксперт: информационно-аналитический журнал – Москва: Издательский дом «Вся электротехника», 2016 – № 2 – С. 46 – 54.
4. Харламенков А.С. Пожарная опасность применения литий-ионных аккумуляторов в России // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 3. С. 96–102.

5. Jiang J, Dahn J, Electrochem. Comm. 6, 1, 39-43, 2003.
6. Takahashi M., Tobishima S., Takei K., Sakurai Y. Solid State Ionics, 3-4, 283-298, 2002.
7. Crafts C, Borek T, Mowry C, “Safety Testing of 18650-Style Lithium-ion Cells,” Sandia National Laboratories, SAND2000-1454C, May 2000.
8. Roth EP, Crafts CC, Doughty DH, McBreen J, “Advanced Technology Development Program for Lithium-Ion Batteries: Thermal Abuse Performance of 18650 Li-Ion Cells,” Sandia Report: SAND2004-0584, March 2004.
9. Елисеев Ю.Н., Мокряк А.В. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей // Вестник Санкт-Петербургского Университета ГПС МЧС России. 2020. № 3. С. 14–17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44108898>.
10. Способ тушения и/или предотвращения пожара, включая возгорание литий-ионных аккумуляторов/ Патент на изобретение от 23.11.2022 № 2784095/ Опубликовано: 23.11.2022 Бюл. №33.
11. Portable fire extinguishers – Performance requirements, test methods and marking for suitability for extinguishing lithium battery fires/ NTA 8133 (nl)/ Nederlandse technische afspraak/ ICS 13.220.10, November 2021, 21 p.
12. Lithium-ion batterijbranden [Электронный ресурс]: Thermal runaway blocker. URL: <https://asaps-fire.com/nta-8133> (дата обращения: 15.10.2023).
13. Харламенков А.С. Современные способы тушения литий-ионных аккумуляторов. Часть 1. Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2023;32(1):89-96.
14. Харламенков А.С. Системы защиты ячеек и батарейных блоков с литий-ионными аккумуляторами. Часть 1 // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 4. С. 76-79. URL: <https://www.fire-smi.ru/jour/article/view/1142>
15. Харламенков А.С. Системы защиты ячеек и батарейных блоков с литий-ионными аккумуляторами. Часть 2 // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2022. Т. 31. № 5. С. 83-86. URL: <https://www.fire-smi.ru/jour/article/view/1152>
16. Malek S., Christophy M.C., Kole J.M. US Patent No. 8,808,895 B2. August 19, 2014.
17. Ярмоленко О.В., Юдина А.В., Игнатова А.А. Современное состояние и перспективы развития жидких электролитных систем для литий-ионных аккумуляторов // Электрохимическая энергетика. 2016. Т. 16. № 4. С. 155-195. <https://doi.org/10.18500/1608-4039-2016-4-155-195> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29289314>
18. Gond R., van Ekeren W., Mogensen R., Naylor A.J., Younesi R. Non-flammable liquid electrolytes for safe batteries // Journal is The Royal Society of Chemistry. 2021. Vol. 8. Issue 11. Pp. 2913-928. <https://doi.org/10.1039/d1mh00748c>
19. Огнетушащие порошки//Пожарная безопасность. Энциклопедия. - М.:ФГУ ВНИИПО, 2007
20. Абдурагимов И. М., Говоров В. Ю., Макаров В. Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров — М.: Высшая инженерная пожарно-техническая школа МВД СССР, 1980
21. Собурь С. В. Установки пожаротушения автоматические. — М.: Спецтехника, 2003. — С. 49—59.
22. Титков Виктор Иванович. Средства пожаротушения // Четвертая стихия : Из истории борьбы с огнем. — М.: Галерея, 1998. — 191 с.

23. https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_bicarbonate?utm_source=chatgpt.com

24. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4645633

УДК 614.841

Н. П. Копылов, Е. Ю. Сушкина, А. С. Тарбеев, В. Н. Баклыков, В. И. Новикова
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

НОРМАТИВНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОДАЧИ РАСТВОРОВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ТУШЕНИИ ГОРЮЧИХ ПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Горючие полярные жидкости широко применяются в различных отраслях промышленности. В современной научно-технической литературе они классифицируются по семи группам: спирты, кетоны, сложные эфиры, карбоновые кислоты, амины, альдегиды, простые эфиры. В последнее время к ним добавляют нитрилы. В инженерной практике они чаще всего хранятся в вертикальных стальных резервуарах. Для тушения полярных горючих жидкостей необходимо использовать спиртоустойчивые пенообразователи. Определение характеристик горения полярных горючих жидкостей и норм подачи на их тушение различных пен проведено экспериментально на модельных очагах площадью 4,67 м². Для использования полученных значений интенсивности подачи растворов пенообразователей для тушения пожара на реальных резервуарах применяется коэффициент масштабирования равный 2,2.

Ключевые слова: полярные горючие жидкости, интенсивность подачи растворов пенообразователей, моделирование горения и тушения полярных горючих жидкостей.

N. P. Kopylov, E. Y. Sushkina, A. S. Tarbeev, V. N. Baklykov, V. I. Novikova

NORMATIVE INTENSITY OF SUPPLY OF SOLUTIONS OF FOAMING AGENTS AT EXTINGUISHING OF COMBUSTIBLE POLAR LIQUIDS

Flammable polar liquids are widely used in various industries. In modern scientific and technical literature, they are classified into seven groups: alcohols, ketones, esters, carboxylic acids, amines, aldehydes, and esters. Recently, nitriles have been added to them. In engineering practice, they are most often stored in vertical steel tanks. Alcohol-resistant foaming agents must be used to extinguish polar flammable liquids. The determination of the combustion characteristics of polar combustible liquids and the norms for the supply of various foams to their extinguishing was carried out experimentally on model foci with an area of 4.67 m². To use the obtained values of the intensity of the supply of foam solutions for fire extinguishing on real tanks, a scaling factor of 2.2 is used.

Key words: polar combustible liquids, intensity of supply of solutions of foaming agents, modeling of combustion and extinguishing of polar combustible liquids.

Горючие полярные жидкости широко применяются в различных отраслях промышленности. Они хранятся так же, как и водонерастворимые нефтепродукты (бензин, дизельное топливо, керосин и т. д.), в резервуарах различной емкости: от сотен до десятков тысяч кубических метров [1].

По зарубежным источникам пожары в резервуарах с этанолом в 1990-х–2000-х годах были достаточно серьезными и их количество составляло от 15 до 20 случаев в год. Более того, указывается, что если использовать стандартные действия по тушению таких пожаров, то это не приведет к успеху [2]. Проблема тушения горючих полярных жидкостей возникла достаточно давно.

До появления спиртоустойчивых пенообразователей тушение полярных жидкостей проводилось в основном методом разбавления. В России с использованием устаревших и снятых с производства пенообразователей ПО-1Д, ПО-3АИ, «Сампо», «Универсальный», «Форэтол» [3]. Создание спиртоустойчивых пенообразователей типа AFFF/AR, FFFP/AR, S/AR и др. активизировало исследования по определению их огнетушащих свойств при тушении полярных жидкостей.

В современной нормативно-технической литературе полярные жидкости классифицируются по семи группам [4]: спирты, кетоны, сложные эфиры, карбоновые кислоты, амины, альдегиды, простые эфиры. Нормы расхода (интенсивность и время подачи раствора пенообразователя) являются одним из наиболее важных показателей для проектирования систем пожаротушения. Рекомендации по числовым значениям этого показателя приведены в [5, 6]. Что касается полярных жидкостей, то в отечественном своде правил СП 155.13130.2014 [7] информация по ним отсутствует.

В зарубежных стандартах отмечается, что рекомендуемые нормы привязаны к результатам испытаний, полученным на маломасштабных модельных очагах пожара, а для реальных условий применения необходимо учитывать коэффициент масштабирования. Выбор размеров и характеристик маломасштабной модели пожара имеет очень большое значение. К факторам, влияющим на характеристики модели, прежде всего, относятся площадь очага пожара, его геометрическая форма (круглая, квадратная), толщина и высота стального борта модельного очага, параметры пеногенерирующего устройства, место его установки, способ нанесения пены на очаг горения.

В отечественном нормативном документе различают «мягкую» и «жесткую» подачу пены [7]. Способ «мягкой» подачи заключается в подаче пены на стенку резервуара, по которой пена плавно стекает на поверхность горючей жидкости и растекается по ней. Данный способ реализуется при подаче пены с помощью стационарно установленных пенокамер на верхнем поясе резервуара. Способ «жесткой» подачи заключается в подаче струи пены непосредственно на поверхность горючей жидкости. Этот способ реализуется

при подаче струй пены с помощью водопенных мониторов, ручных стволов и пеногенераторов, установленных на пеноподъемнике.

В NFPA 11 рассматриваются три типа подачи пены: I, II, III. Типы I и II подпадают под способ «мягкой» подачи. При этом тип II полностью соответствует данному выше определению «мягкой» подачи. Тип I – подача на поверхность горючего «мягко», без перемешивания с топливом. Тип III полностью соответствует определению «жесткого» способа подачи.

Алгоритмы проведения испытаний на модельных очагах пожара горючих полярных жидкостей описаны в стандартах: ГОСТ Р 53280.1-2010, NFPA 11, EN 1584-4, UL 162, ISO 7203-3, а также в отчетах по нестандартным исследованиям [8]. В [9] представлена методология экспериментального исследования тушения горючих полярных жидкостей.

В [8] показано, что количество топлива, время предварительного горения, тип применения и норма расхода могут оказывать значительное влияние на эффективность тушения из-за разбавления топлива водой при использовании огнетушащих пен. В связи с этим важно понимать, что разработка конкретного метода испытаний – это всегда компромисс между многими факторами. Например, затраты на испытания среди других факторов должны быть сбалансированы с учетом соответствия сценария испытаний реальным условиям с точки зрения масштаба, количества топлива, времени свободного горения топлива и т.д.

В США в стандарте NFPA 11 с учетом стандарта UL 162 для проведения тестовых испытаний пенообразователей рекомендуется использовать квадратный поддон площадью $4,67 \text{ м}^2$. Водорастворимое полярное топливо тестируется с использованием II типа подачи пены. При этом интенсивность подачи раствора пенообразователя не должна быть меньше $2,4 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$, а с учетом введенного в UL 162 коэффициента масштабирования, равного 1,67, минимальная интенсивность подачи раствора пенообразователя должна быть не менее $4,0 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$.

В Европейском стандарте EN 1568-4 для водосмешивающихся топлив используется поддон площадью $1,73 \text{ м}^2$ и интенсивность подачи раствора пенообразователя должна составлять не менее $6,6 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$. В соответствии с EN 1568-4 масштабный коэффициент колеблется от 1,21 до 1,82. Это означает, что для горючего полярного топлива расчетная интенсивность подачи раствора пенообразователя находится в диапазоне $8,0 \div 12,0 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ ($0,13 \div 0,2 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$), а при использовании коэффициента масштабирования UL 162 эта величина составит $12,0 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ ($0,183 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$).

Приведенные выше значения превосходят рекомендуемую в отечественных рекомендациях по тушению полярных жидкостей в резервуарах нормативную интенсивность $0,13 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, записанную для всех классов водорастворимых полярных жидкостей.

На практике для водорастворимых жидкостей коэффициент масштабирования (безопасности) должен иметь значение 2,2. В отечественных рекомендациях коэффициент безопасности равен 2,3 [10], что практически совпадает с приведенным значением.

В рассмотренных зарубежных работах для тушения горючих полярных жидкостей исследовалась и рекомендуется к использованию в основном пена низкой кратности. С одной стороны, эффективность тушения горючих полярных жидкостей, как справедливо указывается в стандартах, зависит от конкретного вида пенообразователя, и рекомендуется запрашивать нормы его применения у производителя. С другой стороны, рекомендуемые разными производителями классификации по нормам применения растворов пенообразователей типа AR с использованием способа подачи II типа для тушения водорастворимых полярных жидкостей отличаются друг от друга.

Различная классификация тушения пожаров горючих полярных жидкостей у разных производителей свидетельствует о сложности пенного тушения таких жидкостей и различиях в понимании физической сущности тушения AR пенами.

Для более четкой классификации пенного тушения водорастворимых полярных жидкостей необходимо понять, какие физические свойства этих жидкостей определяют эффективность тушения. В [1] показано, что плотность и теплота сгорания водорастворимых (полярных) жидкостей оказывают важное влияние на процесс их тушения, а давление насыщенных паров горючей жидкости оказывает большое влияние на тушения пожара у борта поддона.

В [1] описаны эксперименты по тушению, по существу, всех видов образцов горючих полярных жидкостей современными спиртоустойчивыми пенообразователями. Испытываемые жидкости соответствовали классам горючих полярных жидкостей, рекомендованным [4], т. е. представляли собой спирты, альдегиды, сложные эфиры, простые эфиры, кетоны, амины. К ним был добавлен еще один класс – нитрилы. В перечень жидкостей вошли: спирт этиловый, n-бутанол, метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), монометил этиленгликоля (ЭГМЕ), пропиональ-альдегид, ацетон, метилэтиленкетон (МЭК), метилизобутиленкетон (МИБК), ацетатэтилен, бутилацетат, метилакрилат, диэтиламин, ацетонитрил. Испытания проводились на оборудовании и в соответствии с требованиями ISO 7203-3-2011. Площадь круглого поддона составляла 1,73 м² при толщине борта 2,5 мм.

Во ВНИИПО в 2019 г. проведены эксперименты по тушению метанола самовспенивающейся газоаэрозоленополненной пеной (СПП) [11, 12]. С учетом полученных данных показано, что для получения более репрезентативных результатов целесообразно использовать поддон площадью больше 3 м² и с толщиной борта ~6 мм. Наиболее подходящим в этом случае является поддон, рекомендуемый UL 162, а именно: квадратный площадью 4,67 м² с толщиной борта 6 мм. Квадратная форма поддона усложняет процесс тушения из-за необходимости транспортирования пены в углы поддона. На необходимость

учитывать эти явления указывается и в работах английских исследователей, но ими искусственные преграды для растекания пены создавались специально установленными в круглом поддоне пластинами.

С учетом этой методологии [9] на полигоне Оренбургского филиала проведено экспериментальное исследование горения и тушения представителей полярных горючих жидкостей, входящих в представленные выше группы. В качестве тестовых топлив использовались бутилацетат – сложный эфир, изопропиловый эфир и метил-трет-бутиловый эфир – простые эфиры, изопропиловый и метиловый спирты, ледяная уксусная кислота – карбоновые кислоты, ацетон (диметилкетон) - кетоны. Эксперименты проводились на квадратном поддоне площадью 4,58 м² и толщиной борта 6 мм. В качестве спиртоустойчивых пенообразователей были использованы фторированный AFFF/AR (3 %) и синтетический S/AR (6%). Подача раствора пенообразователя осуществлялась двумя способами с применением стволов воздушно-пенных СВП и установок импульсного пожаротушения УПАТ 30 (2 шт.) и УПАТ 60. Стволы СВП и насадки установок импульсного пожаротушения размещались на стойках с ориентацией струи на середину отбойника. Расходные характеристики и интенсивности подачи стволов СВП: ствол №1 – 0,3 л·с⁻¹ (0,066 л·м⁻²·с⁻¹); ствол №2 - 0,6 л·с⁻¹ (0,131 л·м⁻²·с⁻¹); ствол №3 - 0,85 л·с⁻¹ (0,186 л·м⁻²·с⁻¹). Характеристика работы УПАТ 30 – объем раствора пенообразователя 30 л, интенсивная подача в течении 70 с, полный выпуск огнетушащего вещества 120 с. Соответственно УПАТ 60 – объем 60 л, интенсивная подача 60 с, полный выпуск 120 с. кратность пены для обоих типов пенообразователя и двух типов подачи (СВП и УПАТ) - 10÷11. В ходе экспериментов измерялась температура в двух точках всех 4-х бортов поддона и тепловые потоки на расстоянии от очага пожара 1 м, 2 м, 3 м и на высоте 1 м. Горючая нагрузка – полярные жидкости 250 л. Основной объем раствора пенообразователя для стволов СВП – 140 л.

В результате выполненных экспериментов по изложенной выше методологии получены нормативные интенсивности для тушения горючих полярных жидкостей, представленные в таблице.

**Таблица. Нормативные интенсивности
для тушения горючих полярных жидкостей**

Вид горючей полярной жидкости	Нормативная интенсивность подачи раствора пенообразователя, л·м ⁻² ·с ⁻¹	
	S/AR	AFFF/AR
Метиловый спирт	0,45	0,45
Изопропиловый, этиловый и другие спирты	0,72	0,72
Эфиры простые (изопропиловый эфир и другие, кроме метил-третбутилового эфира)	-	0,72
Эфиры сложные (бутилацетат и другие)	0,42	0,42
Карбоновые кислоты (ледяная уксусная кислота и др.)	0,15	0,15

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
МАТЕРИАЛЫ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Вид горючей полярной жидкости	Нормативная интенсивность подачи раствора пенообразователя, л·м ⁻² ·с ⁻¹	
	S/AR	AFFF/AR
Кетоны (диметилкетон и другие)	0,42	0,42
Альдегиды (пропионовый альдегид и др.)	-	0,38
Метиловый спирт	60,26	30,13
Изопропиловый, этиловый и др. спирты	60,26	60,26
Эфиры сложные (бутилацетат)	60,26	60,26
Карбоновые кислоты (ледяная уксусная кислота и др.)	14,95	14,95
Кетоны (диметилкетон (ацетон) и др.)	60,26	60,26

Выводы:

1. Экспериментально полученные на модельных очагах горения значения интенсивности подачи растворов со спиртоустойчивыми пенообразователями для реальных пожаров должны быть увеличены на величину коэффициента масштабирования.
2. На характеристики горения и тушения полярных горючих жидкостей существенное влияние оказывают их плотность, теплота сгорания, давление насыщенного пара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huiqiang Zhi, Youquan Bao, LuWang and Yixing Mi. Extinguishing performance of alcohol-resistant firefighting foams on polar flammable liquid fires // Journal of Fire Sciences 2020, vol. 38(1), pp. 53–74.
2. ETANKFIRE - Fire extinguishing tests of ethanol tank fires in reduced scale URL: https://www.brandforsk.se/wp-content/uploads/2021/04/Brandforsk_604-121_Rapport.pdf (дата обращения 28.02.2024)
3. Тушение нефти и нефтепродуктов / И.Ф. Безродный, А.Н. Гилетич, В.А. Меркулов, В.П. Молчанов, А.Н. Швырков. Москва: ВНИИПО, 1996. 214 с.
4. UL Standard for Safety for Foam Equipment and Liquid Concentration UL 162. Seventh Edition, Dated March, 1994
5. NFPA 11. Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam. URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-11-standard-development/11> (дата обращения: 01.07.2024).
6. EN1568-4:2008. Fire extinguishing media — Foam concentrates — Part 4: Specification for low expansion foam concentrates for surface application to water-miscible liquids. URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/e4ed90f8-464e-40e1-8703-6e47aa51e572/en-1568-4-2008> (дата обращения: 01.07.2024).
7. Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах. Москва: ВНИИПО, 2007. 58 с.
8. Lastfire fire test specification water miscible fuels revision a may 2015. URL: https://lastfire.co.uk/uploads/WM%20LASTFIRE%20Test%20Protocol_Rev%20A.pdf (дата обращения: 21.01.2022).

9. Методология экспериментального исследования тушения пожаров водорастворимых полярных горючих жидкостей / Н.П. Копылов, Д.В. Федоткин, Е.Ю. Сушкина и др. // Пожарная безопасность. 2024. № 2 (115). С. 14–22.

10. Методика определения огнетушащей эффективности воздушно механической пены. Москва: ВНИИПО, 1974. 17 с.

11. Противопожарная защита резервуаров с метанолом самовспенивающейся газоаэрозоленасыщенной пеной / Н.П. Копылов, С.Н. Копылов, Д.В. Федоткин, Е.Ю. Сушкина // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 5. С. 63–68.

12. Экспериментальное определение нормативной интенсивности тушения метанола самовспенивающейся газоаэрозоленасыщенной пеной/ Н.П. Копылов, Д.В. Федоткин, В.И. Безбородов, Б.В. Кононов // Пожарная безопасность. 2022. № 1 (106). С. 40–51.

УДК 699.814

В. Р. Коржова, В. И. Соболева, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ ОБРАЗЦОВ ДРЕВЕСИНЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Древесина хвойных пород широко используется в строительстве, производстве мебели и отделочных материалов. Однако одним из её слабых мест является высокая воспламеняемость, что требует тщательной оценки параметров воспламеняемости для обеспечения пожарной безопасности. В данной статье рассматривается определение показателей воспламеняемости образцов древесины хвойных пород – критической поверхностной плотности теплового потока и времени воспламенения.

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

V. R. Korzhova, V. I. Soboleva, S. N. Nakonechnyy, A. G. Azovtsev

DETERMINATION OF THE FLAMMABILITY OF CONIFEROUS WOOD SAMPLES

Softwood is widely used in construction, furniture production, and finishing materials. However, one of its weaknesses is its high flammability, which requires careful assessment of its flammability parameters to ensure fire safety. This article focuses on determining the flammability characteristics of softwood samples, such as the critical surface heat flux density and ignition time.

Key words: softwood; flammability; flammability indicators; critical surface heat flux density; ignition time.

Древесина хвойных пород (сосна, ель, лиственница и др.) отличается пористой структурой, высоким содержанием смол и относительно низкой плотностью по сравнению с лиственными породами. Эти особенности влияют на её горение: смолы способствуют быстрому воспламенению и интенсификации горения, а пористость обеспечивает быстрый прогрев и распространение огня. Оценка параметров воспламеняемости необходима для:

- разработки огнезащитных обработок и материалов;
- выбора конструктивных решений и огнезащитных барьеров;
- нормирования требований по пожарной безопасности зданий и сооружений;
- научных исследований горения веществ и материалов.

Различные породы древесины содержат разные соединения, которые могут повышать или снижать пожароопасность материала (табл. 1). Например, содержание смолы и летучих веществ может существенно повлиять на показатели горючести древесины. Некоторые породы, такие как сосна, имеют высокое содержание смолы, что делает их более склонными к воспламенению [1].

Таблица 1. Состав исследуемых пород древесины

№, п/п	Образец	ρ , кг/м ³	Целлюлоза/ гемицеллюлоза, %	Лигнин, %	Экстрактивные вещества
1	Ель	430	62,7	27,3	10,0
2	Сосна	450	62,9	28,0	9,1
3	Лиственница	560	65,0	27,5	7,5

При проведении испытаний определяют несколько основных показателей воспламеняемости:

1) Время воспламенения – временной интервал от начала воздействия заданного теплового потока до момента возникновения видимого пламени или устоявшегося самоподдерживающегося горения. Этот параметр показывает, насколько быстро материал может перейти в состояние горения под действием теплового источника.

2) Критическая поверхностная плотность теплового потока – это минимальная плотность теплового потока, при которой на испытательном образце наступает устойчивое воспламенение и дальнейшее самоподдерживающееся горение. КППТ выражается в кВт/м² и является важнейшим критерием оценки устойчивости древесного образца к внешнему тепловому воздействию.

Для определения параметров воспламеняемости применяются стандартные методы испытаний, среди которых распространены лабораторные исследования с использованием теплоисточников контролируемой плотности потока. Для воспроизведения таких испытаний широко используется установка ВСМ. Установка ВСМ позволяет плавно регулировать поверхностную плотность теплового потока, воспроизводя условия воздействия от малых до

критических значений, и фиксировать момент воспламенения и сопутствующие параметры (КПТП и время воспламенения).

Типичная процедура испытания на установке ВСМ включает следующие этапы:

1. Подготовка образцов древесины хвойных пород (сосна, ель, лиственница, пихта): размер, ориентация волокон, предварительная сушка до заданной влажности и кондиционирование при стандартных условиях.
2. Размещение образца на испытательной платформе и выравнивание сенсоров (термопары, тепловые датчики, фото- или видеорегистрация).
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.

Такая методика обеспечивает воспроизводимость результатов и позволяет сравнивать образцы разных пород в одинаковых условиях.

В настоящее время существует ряд исследований в области пожарной опасности древесины [2-4]. В данной работе в продолжение исследований [1, 5] в качестве объектов были рассмотрены образцы древесины хвойных пород.

В качестве образцов рассматривались образцы древесины сосны, ели и лиственницы, использовавшиеся при испытаниях. Испытания проводились по методике ГОСТ 30402-96 [6]. Изучение параметров воспламеняемости проводилось на 3-х образцах для каждого уровня теплового внешнего воздействия.

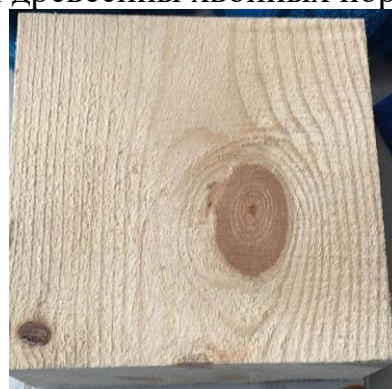


Рис. 1. Образец древесины сосны до проведения испытаний

Первоначально мы провели обработку результатов проведенной проверки испытательного оборудования – установки «ВСМ». По полученным данным был построен график зависимости значений плотности теплового потока от температуры $q_{пттп}, \text{кВт/м}^2 = f(t, ^\circ\text{C})$ и проведена экстраполяция графика данных. Более подробно градуировка испытательного оборудования рассмотрена ранее в [1].

Затем мы исследовали процессы воспламенения образцов древесины хвойных пород (полученные средние значения представлены в табл. 2), а также провели исследование процесса самовоспламенения для образцов при 15- и 30-минутном нагреве до $T = 1000\text{ }^\circ\text{C}$ (полученные средние значения представлены в табл. 3).

Таблица 2 Средние значения времени воспламенения образцов хвойных пород при различных уровнях воздействия внешнего теплового потока

Образец ($\tau_{\text{вс}}$)	(КППТП), кВт/м ²				
	20,0	25,0	30,0	40,0	50,0
Сосна	82	67	39	17	2
Ель	89	69	42	19	3
Лиственница	112	84	51	25	4

Таблица 3 Средние значения КППТП и времени самовоспламенения образцов хвойных пород при 15- и 30-минутном нагреве до температур $T=1000$ °C

Время нагрева, мин	Сосна		Ель		Лиственница	
	$q_{\text{св}}$, кВт/м ²	$\tau_{\text{св}}$, сек	$q_{\text{св}}$, кВт/м ²	$\tau_{\text{св}}$, сек	$q_{\text{св}}$, кВт/м ²	$\tau_{\text{св}}$, сек
15	35	614	37	638	39	645
30	36	1212	39	1240	42	1322

На основе испытаний, проведённых на установке ВСМ, можно выделить следующие общие тенденции:

1) образцы древесины сосны: часто демонстрируют относительно низкое значение КППТП и короткое время воспламенения из-за высокого содержания смол и рыхлой структуры древесины. Пламя может развиваться интенсивно при достижении критического потока.

2) образцы древесины ели: обычно имеют чуть более высокое значение КППТП по сравнению с сосной, время воспламенения может быть дольше при равной влажности; горение менее интенсивно, но устойчиво при превышении критического потока.

3) образцы древесины лиственницы: из-за повышенной плотности и смолистости могут иметь высокую теплоёмкость и отличную от сосны и ели кинетику пиролиза; значение КППТП несколько выше, но при воспламенении выделяется значительное количество тепла.

Целью систематических работ является определение параметров воспламеняемости для образцов древесины хвойных и лиственных пород, изучение влияния состава на полученные параметры, определение возможных зависимостей и систематики между составом и показателями свойств пожарной опасности. Поэтому дальнейшие исследования будут направлены на изучение других пород древесины.

Определение параметров воспламеняемости древесины хвойных пород имеет практическое применение:

- выбор материалов для конструкций и отделки с учётом пожарной опасности.

- разработка противопожарной защиты (пропитки, огнезащитные покрытия), которые повышают значения КППТП и увеличивают время воспламенения.

- оценка риска распространения огня в зданиях и лесных массивах, а также моделирование развития пожаров.

Определение показателей воспламеняемости является важным этапом оценки пожарной опасности древесины хвойных пород. Корректно проведенные испытания с учётом влажности, ориентации волокон и структуры материала позволяют получить воспроизводимые параметры, которые используются для улучшения огнезащиты, проектирования безопасных конструкций и разработки нормативов. Понимание влияния смол, плотности и поверхностных обработок помогает целенаправленно снижать воспламеняемость и снижать пожарную опасность изделий из древесины хвойных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

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. Бельцова Т. Г., Корольченко О. Н. Показатели воспламеняемости огнезащищенной древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2008. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-vosplamenyayemosti-ognezashchennoy-drevesiny> (дата обращения: 01.11.2023).

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.

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

УДК 614.841.11

Е. Г. Коробейникова

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ РАСЧЕТА НИЗШЕЙ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ АЗОТ, ФОСФОР И СЕРУ

Рассмотрены расчетные методы определения теплоты сгорания веществ, содержащих азот, серу и фосфор. Показана возможность расчета величины теплоты сгорания через коэффициент горючести. Предложена усовершенствованная формула для расчета коэффициента горючести.

Ключевые слова: соединения, содержащие азот, фосфор и серу, теплота сгорания, коэффициент горючести

E. G. Korobeynikova

COMPARATIVE EVALUATION OF METHODS FOR CALCULATING THE LOWEST HEAT VALUE OF COMBUSTION OF COMPOUNDS CONTAINING NITROGEN, PHOSPHORUS AND SULFUR

The calculation methods for determining the heat of combustion of substances containing nitrogen, sulfur and phosphorus are considered. The possibility of calculating the value of the heat of combustion using the flammability coefficient is shown. An improved formula for calculating the flammability coefficient is proposed.

Key words: compounds containing nitrogen, phosphorus and sulfur, heat of combustion, flammability coefficient

Теплота сгорания вещества – одна из важнейших его характеристик. ГОСТ 12.1.044 - 2018 включает его как показатель пожарной опасности, характеризующий вещество как обладателя определенных индивидуальных пожаро-взрывоопасных свойств [1]. Федеральный закон ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» выделяет два схожих показателя – низшую рабочую теплоту сгорания (кДж/кг) и удельную теплоту сгорания (кДж/кг) [2].

Экспериментально теплоту сгорания определяют в калориметрической бомбе, однако эти данные приведены в справочниках только для нескольких тысяч веществ из известных более 250 миллионов [3,4]. Основными методами оценки теплоты сгорания являются расчетные методы.

Наиболее точным из них является вычисление энтальпии горения по 1 следствию закона Гесса. Для этого метода необходимо знание величины энтальпии образования вещества, справочные значения которых известны для незначительного числа соединений, а значит для большинства веществ этот способ не применим.

Для веществ, в состав которых входят атомы углерода, водорода, кислорода, азота и серы можно воспользоваться формулой Д.И.Менделеева

$$Q_H = 339,4 w(C) + 1257w(H) - 108,9(w(N) - w(S) + w(O)) - 25,1 \cdot 9 \cdot w(H), \text{ кДж/кг} \quad (1)$$

где $w(C)$, $w(H)$, $w(N)$, $w(O)$, $w(S)$ – массовые доли элементов в веществе, %.

Усовершенствованная формула Менделеева (формула Земского) учитывает атомы других элементов при расчете низшей теплоты сгорания

$$Q_H = 418[(81 \cdot M(C) \cdot n(C) + 246 \cdot M(H) \cdot n(H) + 26(M(N) \cdot n(N) + M(S) \cdot n(S) + M(P) \cdot n(P) + M(Se) \cdot n(Se) + M(Te) \cdot n(Te) + M(Si) \cdot n(Si) + M(B) \cdot n(B) - M(O) \cdot n(O)]/M(\text{в} - \text{ва}), \text{ кДж/кг} \quad (2)$$

где $M(C)$, $M(H)$, $M(N)$, $M(S)$, $M(P)$, $M(Se)$, $M(Te)$, $M(Si)$, $M(B)$, $M(O)$ – молярные массы атомов соответствующих элементов, г/моль;

$n(C)$, $n(H)$, $n(N)$, $n(S)$, $n(P)$, $n(Se)$, $n(Te)$, $n(Si)$, $n(B)$, $n(O)$ – число атомов соответствующих элементов в веществе [5].

В табл. 1 приведены данные расчета низшей теплоты сгорания для трех групп веществ тремя способами (по 1 следствию закона Гесса, по формулам (1) и (2)).

Таблица 1. Результаты расчета низшей теплоты сгорания различными методами

Вещества	$\Delta H_{\text{обр}}$, кДж/моль	$\Delta H_{\text{гор}}$, кДж/моль по 1 след. закона Гесса	$Q_H =$ $\frac{ \Delta H_{\text{гор}} }{M}$ кДж/кг	Q_H , кДж/кг по формуле Менделеева	δ_1 , %	Q_H , кДж/кг по формуле Земского	δ_2 , %
Соединения, содержащие азот							
NH ₃	-46,2	-316,7	18629	9231	50,4	27096	45,5
CH ₅ N	-23,0	-969,0	31258	24851	20,5	34600	10,7
C ₃ H ₉ N	-23,9	-2244,7	38046	33850	11,0	38924	2,3
C ₆ H ₇ N	-31,1	-3238,4	34822	32401	7,0	35588	2,2
C ₁₀ H ₁₄ N ₂	-39,3	-5666,9	34981	32133	8,1	35845	2,5
Соединения, содержащие серу							
H ₂ S	-20,4	-518,6	15253	16313	6,9	16277	6,7
CH ₄ S	-22,9	-1151,0	23979	24334	1,5	24279	1,3
(CH ₃) ₂ S ₂	-23,8	-2082,4	22153	22659	2,3	22608	2,1
NH=CS	-123,4	-936,7	15876	11968	24,6	16111	1,4

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
МАТЕРИАЛЫ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Вещества	$\Delta H_{\text{обр}},$ кДж/моль	$\Delta H_{\text{гор}},$ кДж/моль по 1 след. закона Гесса	$Q_H =$ $= \frac{ \Delta H_{\text{гор}} }{M}$ кДж/кг	$Q_n,$ кДж/кг по формуле Менделеева	$\delta_1,$ %	$Q_n,$ кДж/кг по формуле Земского	$\delta_2,$ %
Соединения, содержащие фосфор							
PH_3	+5,4	-1120,0	32956	—	—	18982	42,4
$(\text{CH}_3)_3\text{P}$	-96,1	-2924,6	38482	—	—	32648	15,2
$(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{P}$	-117,0	-8621,4	42680	—	—	39549	7,3
$(\text{CH}_3\text{O})_3\text{P}$	-698,1	-2322,6	18731	—	—	15803	15,6

Для веществ, содержащих азот и серу, расхождение результатов, полученных по трем формулам, не превышает 8,0 %. Исключение составляют неорганические соединения (сероводород, аммиак и фосфин).

Для фосфорсодержащих соединений картина иная. Воспользоваться формулой Д. И. Менделеева невозможно, а погрешность расчета по формуле Земского составляет 12,8 %. При отсутствии экспериментальных данных теплоты сгорания и неизвестной энтальпии образования для веществ, содержащих атомы фосфора, кремния, бора (и число органических соединений с этими элементами значительно) задача определения значения теплоты сгорания требует решения.

Для оценки возможности вещества к горению используется показатель – коэффициент горючести

$$K = 4 \cdot n(\text{C}) + 4 \cdot n(\text{S}) + n(\text{H}) + n(\text{N}) - 2 \cdot n(\text{O}) - 2 \cdot n(\text{Cl}) - 3 \cdot n(\text{F}) - 5 \cdot n(\text{Br}) \quad (3)$$

где $n(\text{C})$, $n(\text{S})$, $n(\text{H})$, $n(\text{N})$, $n(\text{O})$, $2 n(\text{Cl})$, $n(\text{F})$, $n(\text{Br})$ – число атомов углерода, серы, водорода, азота, кислорода, хлора, фтора и брома в молекуле вещества.

По формуле (3) для веществ, содержащих азот и серу, был рассчитан коэффициент горючести, результаты приведены в табл. 2.

Сравнение значений коэффициента горючести и энтальпии сгорания, рассчитанных по 1 следствию закона Гесса позволили предположить, что эти две величины связаны соотношением

$$K_{\text{гор}} \cong \frac{|\Delta H_{\text{гор}}|}{100}, \text{ кДж/моль.} \quad (4)$$

Данное соотношение показывает, что коэффициент горючести не является безразмерной величиной, а, как и энтальпия горения, имеет размерность – кДж/моль. Дополнительная проверка для более 70 веществ подтвердила, что эта закономерность выполняется для различных классов органических соединений.

В развитие этого положения была предпринята попытка уточнить значения коэффициентов перед С, Н, О, S, N в выражении (3). Коэффициенты были рассчитаны через энтальпии сгорания простых веществ. Азот в этом случае имеет коэффициент 0, а кислород – минус 2.

Полученное выражение имеет вид

$$K=3,94n(C)+2,97n(S)+8,59n(Si)+1,21(H)+6,39n(B)+7,52n(P)-2n(O)-n(Hal). \quad (5)$$

В таблице 2 приведены результаты расчетов энтальпии сгорания по 1 следствию закона Гесса и через коэффициенты горючести по формулам (3) и (5).

**Таблица 2. Результаты расчетов энтальпии сгорания
через коэффициенты горючести**

Вещества	$\Delta H_{гор}$, кДж/моль по 1 след. закона Гесса	$K_{гор}$ по ф-ле (3)	$\Delta H_{гор} =$ $100 \cdot K_{гор} (3)$, кДж/моль	δ_1 , %	$K_{гор}$ по ф-ле (5)	$\Delta H_{гор} =$ $100 \cdot K_{гор} (5)$, кДж/моль	δ_2 , %
Соединения, содержащие азот							
NH ₃	-316,7	4	-400	26,6	3,63	-363	14,6
CH ₅ N	-969,0	10	-1000	3,2	9,99	-999	3,1
C ₃ H ₉ N	-2244,7	22	-2200	2,0	22,71	-2271	1,2
C ₆ H ₇ N	-3238,4	32	-3200	1,2	32,11	-3211	0,8
C ₁₀ H ₁₄ N ₂	-5666,9	56	-5600	1,2	56,34	-5634	0,6
Соединения, содержащие серу							
H ₂ S	-518,6	6	-600	15,8	5,39	-539	3,9
CH ₄ S	-1151,0	12	-1200	4,3	11,75	-1175	2,1
(CH ₃) ₂ S ₂	-2082,4	22	-2200	5,6	21,08	-2108	1,2
NH=CS	-936,7	10	-1000	6,8	8,12	-812	13,3
Соединения, содержащие фосфор							
PH ₃	-1120,0	—	—	—	11,15	-1115	0,4
(CH ₃) ₃ P	-2924,6	—	—	—	30,23	-3023	3,4
(C ₄ H ₉) ₃ P	-8621,4	—	—	—	87,47	-8747	1,5
(CH ₃ O) ₃ P	-2322,6	—	—	—	24,23	-2423	4,3

Анализ результатов расчетов энтальпии сгорания, проведенных различными методами, показывает, что наиболее точными следует считать расчеты по формуле (5), погрешность составляет 3,8 %. Появилась возможность расчета энтальпии сгорания (и удельной теплоты сгорания) по усовершенствованной формуле коэффициента горючести для веществ, содержащих гетероатомы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.044-2018. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: справ.-правовая система «КонсультантПлюс»
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. Режим доступа: справ.-правовая система «КонсультантПлюс»
3. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность вещества и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. — 2-е изд, перераб. и доп. Москва, Асс. «Пожнаука», 2004. - Ч.1 - 713 с.; Ч.2 - 774 с.
4. Термодинамические свойства индивидуальных веществ / под ред. В.П. Глушко. Москва : Изд-во АН СССР, 1962. Т. 2. 916 с.
5. Земский Г.Т. Огнеопасные свойства неорганических и органических материалов. Справочник. – М., 2016. – 972 с.

УДК 614.841.411

А. А. Кочетова, И. А. Румянцев, Я. В. Янова, С. А. Шабунин, С. Н. Ульева
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОДХОДЫ К ОГНЕЗАЩИТЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ

Помимо материалов из цельной древесины, в строительстве используются и искусственные древесные материалы, которые значительно отличаются по эксплуатационным и физико-химическим свойствам. Многие из них представляют собой композиты, для изготовления которых используется древесное сырьё и различные связующие компоненты, что значительно меняет их поведение и в условиях термического воздействия. Материалы различной природы и назначения требуют изучения их поведения в условиях воздействия высоких температур для выбора соответствующих эффективных методов огнезащиты.

Ключевые слова: древесина и ее производные, огнезащитные составы, повышение пожарной безопасности древесины.

A. A. Kochetova, I. A. Rumyancev, Ya. V. Yanova, S. A. Shabunin, S. N. Uleva

APPROACHES TO FIRE PROTECTION OF WOOD-BASED BUILDING MATERIALS

In addition to solid wood materials, artificial wood materials are also used in construction, and they have significantly different performance and physical and chemical properties. Many of these materials are composites that use wood as a raw material and various binding components, which can significantly affect their behavior under thermal stress. Understanding the behavior of different materials under high-temperature conditions is crucial for selecting effective fire protection methods.

Key words: wood and its derivatives, fire-retardant compounds, improving the fire safety of wood.

Древесина – строительный конструкционный материал известный человеку с древнейших времен, который обладает целым комплексом уникальных свойств, определяющих его высокую востребованность в строительстве, в том числе в современном мире, несмотря на развитие технологий производства новых технологичных материалов и конструкций. Древесина и материалы, производимые на её основе, такие как ориентированно-стружечные плиты (ОСБ), ламинированные древесно-стружечные плиты (ЛДСП) и фанера, обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые определяют их применение, механическую прочность и устойчивость к внешним воздействиям, включая пожарную опасность.

Однако, у деревянных материалов и конструкций имеются значительные недостатки, серьезно ограничивающие возможности их применения в строительстве – низкая устойчивость к воздействию дереворазрушающих грибов и микроорганизмов и высокая пожарная опасность, что определяет задачи поиска эффективных путей комплексной защиты с одновременным обеспечением сохранения положительных свойств, в том числе декоративных характеристик древесины.

Древесина представляет собой сложный по химическому составу и структуре материал, состоящий из молекул целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, смолистых и экстрактивных веществ. Эти компоненты определяют её физико-механические характеристики. В отличие от натурной древесины, свойства материалов на её основе в значительной степени зависят от технологии производства. Например, ОСБ изготавливаются из древесных стружек, ориентированных определенным образом и склеенных между собой синтетическими смолами, что придаёт им высокую прочность и устойчивость к деформациям. Для производства ДСП используется более мелкая щепка, по сравнению с ОСБ. Фанера состоит из нескольких слоёв древесины, которые склеены между собой в перпендикулярных направлениях, что обеспечивает ей высокую прочность при относительно небольшой массе. Следует отметить, что для придания заданной формы и определенных свойств в качестве склеивающих агентов используются синтетические смолы, от содержания которых зависит в том числе и водопоглощение данных материалов (для композитных материалов водопоглощение значительно ниже).

Известно, что пожарная опасность деревянных материалов зависят от таких факторов, как плотность, влажность, пористость, содержание смолистых веществ. Высокая влажность древесины снижает её способность воспламеняться от источников зажигания, а синтетические горючие клеящие вещества, входящие в состав композитных материалов (например, ЛДСП) могут повысить их способность воспламеняться.

Кроме того, деревянные материалы характеризуются высокой дымообразующей способностью высокой скоростью распространения пламени по поверхности, токсичностью продуктов горения, которая в случае композитных материалов может быть выше, по сравнению с природной древесиной.

Значительное различие в физических свойствах и химическом составе между композитными деревянными материалами и природной древесиной определяет их различное поведение при воздействии источника огня (рис. 1).

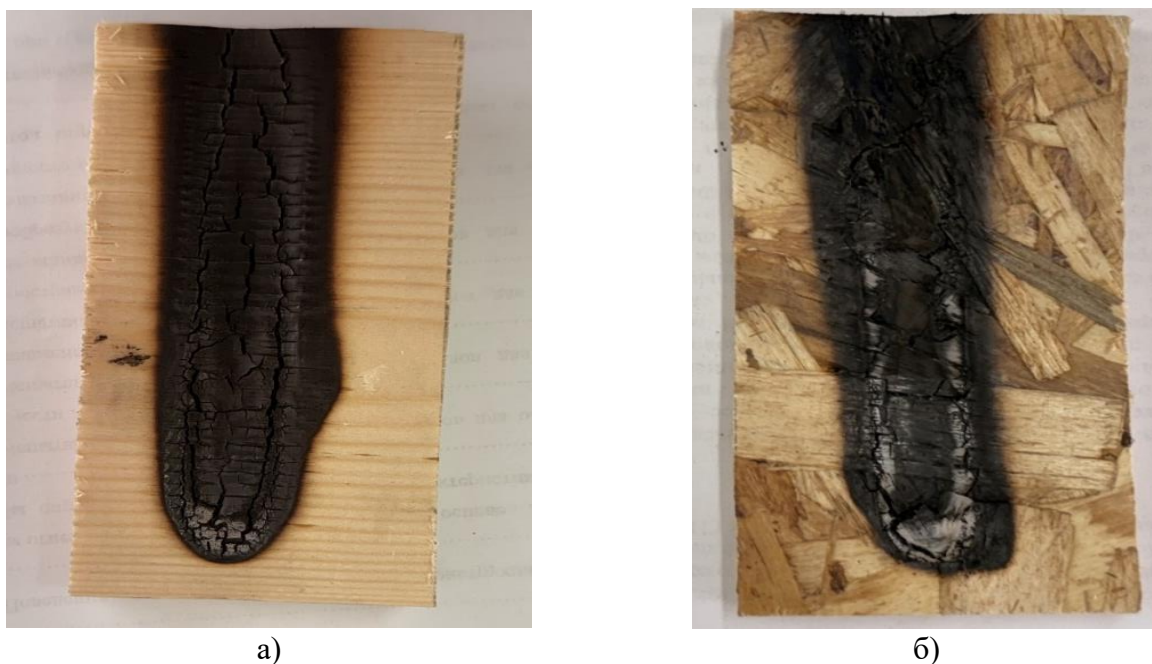


Рис. 1. Результаты воздействия пламени газовой горелки:

- а) древесина сосны, максимальная глубина обугливания составила 2,5 мм;
- б) OSB-3 плита, максимальная глубина обугливания составила 7,7 мм.

Такое различие в свойствах между натуральной древесиной и деревянными композитными материалами предопределяет различные подходы к их огнезащите.

Традиционным способом придания древесины огнезащитных свойств является их пропитка огнезащитными составами. В результате такой обработки исключается возможность самостоятельного горения древесины. Для композитных деревянных материалов такой способ обработки не подходит, поскольку они обладают более высокой плотностью и влагостойкостью, по

сравнению с натурной древесиной. По этой причине невозможно глубокое проникновение компонентов огнезащитного состава внутрь материала, исключая возможность качественной обработки.

Для таких материалов придание огнезащитных свойств с помощью использования специальных синтетических смол, используемых при производстве таких материалов. Однако, данная операция приведёт к усложнению и удорожанию технологии производства.

Для защиты таких материалов подходит использование прозрачных огнезащитных вспучивающихся покрытий, способных образовывать под воздействием огня теплоизолирующий слой. Использование таких покрытий позволяет исключить распространение пламени по поверхности и защитить материал от термической деструкции, что подтверждается снижением максимальной глубины обугленного слоя как минимум в 2 раза, по сравнению с необработанным материалом.

Однако, учитывая относительно невысокую температуру начала деструкции органических компонентов древесины (200-250⁰С) для максимальной защиты требуется специальный подбор компонентов вспучивающегося состава, обеспечивающих начальную температуру вспучивания и большой коэффициент вспучивания в данном интервале температур, и сохраняющих декоративные качества защищаемого деревянного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трушкин Д.В., Корольченко О.Н. Бельцова Т.Г. Горючесть древесины, обработанной огнезащитными составами // Пожаровзрывобезопасность. 2008, том 17, № 1, С. 29-33.
2. Никифоров А. Л., Легкова И. А., Ульева С. Н., Шарабанова И. Ю. Актуальные вопросы огнезащиты целлюлозных материалов Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 298-301.
3. 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) 2024 г. С. 207-212.
4. СП 452.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций. Правила проектирования» С.6-15
5. Павлович А.В., Дринберг А.С. Состав и свойства огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных покрытий. – М.: ООО «Издательство «ЛКМ- пресс», 2020. – 400 с.

УДК 614.841

Е. А. Крашенинникова, А. А. Ефимова, К. С. Красильникова, К. С. Степанова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ

Целью данной статьи является изучение пожарной опасности древесины на примере определения параметров ее воспламеняемости. В статье рассматриваются работы по определению критической поверхностной плотности теплового потока и времени воспламенения хвойных и лиственных пород древесины с использованием стандартных методик.

Ключевые слова: хвойные породы; лиственные породы; воспламеняемость; показатели воспламеняемости; критическая поверхностная плотность теплового потока; время воспламенения.

E. A. Krashennnikova, A. A. Efimova, K. S. Krasilnikova, K. S. Stepanova

FIRE HAZARD OF WOOD: DETERMINING THE PARAMETERS OF FLAMMABILITY

The purpose of this article is to study the fire hazard of wood by determining its flammability parameters. The article discusses the work on determining the critical surface density of the heat flux and the ignition time of coniferous and deciduous wood using standard methods.

Key words: coniferous species; deciduous species; flammability; flammability indicators; critical surface heat flux density; ignition time.

Древесина – один из самых распространённых и традиционных строительных материалов, применяемый во многих сферах: от жилого и общественного строительства до производства мебели и декоративных изделий. Несмотря на свои многочисленные преимущества, древесина обладает одной существенной характеристикой – высокой пожароопасностью. Это обусловлено её органическим составом и физико-химическими свойствами, которые способны влиять на скорость возгорания, распространение огня и выделение токсичных продуктов горения.

Данная статья посвящена анализу пожарной опасности древесины через призму параметров воспламеняемости хвойных и лиственных пород древесины. Параметры воспламеняемости позволяют количественно оценить способность древесины к возгоранию, тем самым обеспечивая более точный подход к проектированию систем пожарной безопасности, выбору материалов и мерам противопожарной защиты. Воспламеняемость древесины является важным

аспектом, который нельзя игнорировать при её использовании в строительстве или производстве предметов интерьера. Хвойные и лиственные породы древесины значительно различаются по параметрам пожарной опасности, что делает необходимым внимательное изучение их свойств и применение соответствующих мер защиты.

Древесина по своему составу состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, экстрактивных веществ и воды.

Целлюлоза – полисахарид, определяющий прочность и структуру древесины. При нагревании разлагается с образованием горючих газообразных продуктов. Гемицеллюлоза более термолабильна по сравнению с целлюлозой, начинает разлагаться при более низких температурах, способствуя образованию горючих газов. Лигнин – вещество, придающее древесине структурную жёсткость и устойчивость. При термическом воздействии разлагается с образованием смолистых веществ, которые могут интенсифицировать горение. Присутствие воды в древесине влияет на тепловой режим возгорания, замедляя процесс воспламенения за счёт потребления тепла на испарение влаги. Таким образом, соотношение компонентов состава, порода древесины и её влажность существенно влияют на параметры воспламеняемости.

Воспламеняемость – это свойство материала легко начинать горение при воздействии теплового потока и поддерживать процесс горения при наличии источников зажигания и кислорода (окислителя). Для древесины воспламеняемость характеризуется не только температурой воспламенения, но и динамическими параметрами, показывающими скорость перехода от нагрева к устойчивому горению. По своим характеристикам древесина относится к группе воспламенения ВЗ в соответствии с действующим законодательством [1].

Критическая поверхностная плотность теплового потока – минимальное значение теплового потока, при котором данный образец способен воспламениться при длительном воздействии. Это пороговая величина, ниже которой воспламенение не происходит, а выше – воспламенение становится возможным при конечном времени воздействия.

Время воспламенения – это интервал времени от начала воздействия заданного теплового потока до момента устойчивого появления пламени на поверхности образца. Этот параметр зависит от интенсивности теплового потока, толщины и плотности образца, влажности и химического состава поверхности.

Методика определения параметров воспламеняемости состоит в следующем (по ГОСТ [2]):

- образец древесины фиксируют перед источником направленного теплового потока (например, инфракрасной лампой или электрическим нагревателем);
- устанавливают заданную поверхностную плотность теплового потока (обычно в кВт/м²), воздействуют на образец;

- регистрируют момент появления видимого пламени и/или устойчивого горения, фиксируя время до воспламенения.

Пожарная опасность древесины и материалов на ее основе изучается различными научно-исследовательскими группами авторов [3-5]. В частности, рассматриваются вопросы тепловыделения [6], дымовыделения [7], образования токсичных продуктов горения [8]. Большое внимание уделяется вопросам определения параметров воспламеняемости древесины лиственных и хвойных пород [9].

Исходя из работ [10-11] при КППТП 30 кВт/м² время воспламенения для хвойной древесины может составлять несколько секунд; при 10 кВт/м² воспламенение может вообще не наступать. Лиственная древесина с более плотной структурой может иметь большее время воспламенения при умеренных потоках, но при высоких потоках различия нивелируются.

Хвойные породы древесины, такие как сосна, ель, лиственница, кедр, широко применяются в строительстве и отделочных работах. Характерной особенностью хвойной древесины является высокая концентрация смолистых веществ, которые значительно увеличивают её воспламеняемость. Смолы, находящиеся в структуре древесины, обладают низкой температурой воспламенения и создают дополнительные условия для быстрого распространения огня. Скорость горения хвойных пород древесины выше, чем лиственных, что связано с её физико-химическими особенностями. Температура начала воспламенения хвойных пород варьируется в диапазоне от 260 до 290 °С. При этом объем выделяемого тепла выше, что повышает риск быстрого распространения огня в случае пожара.

Исследования подтвердили, что хвойная древесина обладает меньшей устойчивостью к нагреву. Важно отметить, что обработка древесины антипиренами способна значительно снизить её воспламеняемость, однако такие покрытия могут быть токсичными. Комбинация физических и химических методов обработки древесины позволяет добиться оптимального уровня её огнестойкости, сохраняя базовые свойства материала.

Лиственные породы древесины, к которым относятся дуб, бук, ольха, берёза, характерны большей плотностью по сравнению с хвойными породами. Эта особенность снижает скорость горения и уменьшает риск воспламеняемости материала. Лиственная древесина часто применяется в производстве мебели, паркетных покрытий и других изделий, где важны такие характеристики, как прочность и фактурность.

В исследованиях [9, 11] подчеркивается, что лиственные породы древесины имеют относительно высокую температуру начала воспламенения – от 270 до 320 °С. Это делает их более безопасными с точки зрения горючести. Плотная структура древесины замедляет процесс распространения огня, что имеет особенно важное значение при использовании лиственных пород в строительстве. Интересным фактом является то, что определённые породы, например, дуб, выделяют меньше продуктов горения с высоким уровнем

токсичности. Таким образом, использование лиственных пород древесины предпочтительно в жилых помещениях, где важны экологическая безопасность и долговечность материалов.

Для снижения пожарной опасности древесину обрабатывают различными антипиренами – веществами, замедляющими горение или препятствующими воспламенению [12-14]. Среди распространённых способов:

- антипирены: химические составы, модифицирующие пиролиз и повышающие значения времени воспламенения, особенно при низких значениях КППТП.

- защитные облицовки из негорючих материалов и слоёв: металл, гипсокартон, керамика.

- контроль влажности и условий хранения: снижение риска самовозгорания в штабелях и складах.

- проектные решения: применение противопожарных преград – разделение огнестойкими перегородками, соблюдение расстояний до источников тепла.

Обработка антипиренами и другими защитными составами существенно снижает воспламеняемость древесины, но требует тщательного контроля, чтобы минимизировать риски загрязнения окружающей среды. Добавление специальных химических составов, которые препятствуют воспламенению, позволяет снизить пожарную опасность древесины. Такие составы проникают в структуру материала, создавая защитную плёнку.

Пожарная опасность древесины является одной из важных характеристик, требующих тщательного изучения и учёта при её применении в строительстве. Параметры воспламеняемости, такие как критическая поверхностная плотность теплового потока и время воспламенения, служат базой для оценки и классификации пожарной опасности древесных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).
2. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.
3. 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>
4. Гальченко Т.А. Определение показателей пожарной опасности древесины и материалов на ее основе / Т.А. Гальченко, С.Н. Наконечный // 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. 69-73.

5. Янова Я.В. Определение показателей пожарной опасности органических теплоизоляционных строительных материалов / Я.В. Янова, С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // 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.

6. Серков Б.Б. Тепловыделение при горении древесины / Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков, Буй Динь Тхань, Р.М. Асеева // Лесной вестник, 2003, № 5 (30). С. 74-79.

7. Григорьева М.П. К вопросу об оценке дымообразующей способности напольных покрытий / М.П. Григорьева, Т.Ю. Еремина, Н.И. Константинова // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Том 25. - №8. – С. 34 – 42.

8. Серков Б.Б. Исследование токсичности продуктов древесины различных пород / Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков, Б.Д. Тхань, Р.М. Асеева // Лесной вестник, 2004, № 5(36). С. 145-150.

9. Янова Я.В. Влияние породы древесины на параметры воспламеняемости / Я.В. Янова, С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2023. – С. 331-335.

10. Наконечный С.Н. Изучение поведения древесины ели при воздействии высоких температур / С.Н. Наконечный, А.Г. Азовцев, В.Н. Михалин // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Иваново, 14 октября 2021 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2021. – С. 87-91.

11. Гальченко Т. А. Определение показателей пожарной опасности древесины березы / Т.А. Гальченко, С.Н. Наконечный // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 20 апреля 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 154-158.

12. Степанова К.С. Влияние жидкого стекла и суперфосфата на параметры воспламеняемости древесины / К.С. Степанова, К.С. Красильникова, А.А. Ефимова, С.Н. Наконечный // 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. 714-718.

13. Бельцова Т.Г., Корольченко О.Н. Показатели воспламеняемости огнезащитной древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2008. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-vosplamenyayemosti-ognezashchennoy-drevesiny>.

14. Толова Ю.Е. Влияние огнезащитных составов на показатель кислородного индекса древесины / Ю.Е. Толова, С.Н. Наконечный // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности

объектов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 20 апреля 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 503-507.

УДК 614.84

Д. С. Крузин, А. Е. Шкондин, М. А. Заболотских

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАСЧЕТА ОГНЕСТОЙКОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются основные факторы предела огнестойкости и методы их расчета, приведен алгоритм для расчета температуры незащищенных металлических конструкций и номограмма для определения предела огнестойкости металлических конструкций в зависимости от температуры и толщины металла

Ключевые слова: металлические конструкции, требования пожарная безопасность, огнестойкость.

D. S. Krusin, A. E. Shkondin, M. A. Zabolotskih

JUSTIFICATION OF THE NEED TO CALCULATE THE FIRE RESISTANCE OF INDIVIDUAL METAL STRUCTURES

The article discusses the main factors of the fire resistance limit and methods for calculating them, provides an algorithm for calculating the temperature of unprotected metal structures, and a nomogram for determining the fire resistance limit of metal structures depending on the temperature.

Key words: metal structures, fire safety requirements, fire resistance.

Несущая способность металлоконструкций при пожаре снижается из-за падения прочностных и упругих характеристик металла при высокотемпературном воздействии. Дополнительным негативным фактором выступает возникновение пластических деформаций, ведущих к изменению геометрии, а также деформаций, обусловленных тепловым расширением материала [1].

Совокупное влияние этих причин приводит к достижению предельного состояния конструкции, которое выражается либо в исчерпании прочности (потеря способности воспринимать эксплуатационные нагрузки), либо в утрате устойчивости (прогибы, искривления или обрушение из-за снижения

жесткости). Каждому из этих сценариев соответствует своя критическая температура. Ее величина является производной от множества параметров: вида элемента (балка, колонна и пр.), его геометрических характеристик (длина, площадь и форма сечения), марки стали, демонстрирующей различное поведение при нагреве, метода опирания и уровня приложенной нормативной нагрузки. Закономерность такова: рост температуры напрямую коррелирует со скоростью потери конструкцией работоспособности и риском обрушения [2].

В практике нормирования применяются два подхода к установлению огнестойкости: экспериментальный и аналитический. Расчетная методика обладает значительным превосходством, поскольку исключает потребность в организации ресурсоемких и сложных натурных испытаний полноразмерных образцов.

Установление предела огнестойкости металлических элементов — это комплексная проблема, объединяющая статический и теплотехнический аспекты. Суть статической составляющей заключается в вычислении критической температуры. Теплотехническая часть решения сводится к моделированию временного интервала, для прогрева металла до этой заданной критической температуры в условиях стандартного пожара [3]. Данный расчет принимает во внимание интенсивность теплового воздействия, свойства огнезащитных или теплоизоляционных материалов (при их наличии), геометрию профиля и иные параметры, воздействующие на скорость теплопередачи. Следовательно, комплексная оценка огнестойкости включает определение двух ключевых величин: критической температуры (статический расчет) и времени до ее достижения (теплотехнический расчет). Лишь их совместный анализ позволяет получить достоверную оценку периода, в течение которого конструкция будет сохранять функциональность в огне.

Высокий коэффициент температуропроводности металла способствует очень быстрому выравниванию температуры по всему объему сечения. Это позволяет принять допущение о ее равномерном распределении. Количество тепловой энергии, поглощенное конструкцией за промежуток времени Δt через поверхность, подверженную нагреву, эквивалентно увеличению ее теплосодержания. Таким образом, температура элемента по истечении расчетного интервала может быть определена по формуле:

$$t_{cm,\Delta\tau} = t_{cm} + \frac{\alpha \cdot (t_g - t_{cm}) \cdot \Delta\tau}{C_{tem} \cdot \rho \cdot t_{red}}$$

где $t_{cm,\Delta\tau}$ — температура стержня через расчетный интервал времени;
 α — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·°C);
 t_g — температура по стандартной кривой, °C;
 t_{cm} — температура стержня, °C;
 $\Delta\tau$ — время, с;
 C_{tem} — коэффициент теплоемкости стали, Дж/(кг·°C);

ρ – плотность стали, кг/м³;

t_{red} – приведенная толщина металла, м.

Данное выражение представляет собой алгоритм для расчета температурного поля незащищенных металлоконструкций. Как следует из уравнения, температура нагрева находится в зависимости от одного ключевого параметра – приведенной толщины металла t_{red} [4].

Величина приведенной толщины вычисляется как отношение площади поперечного сечения элемента к периметру его обогреваемой поверхности:

$$t_{red} = \frac{A}{u},$$

где u – обогреваемый периметр рекомендуется определять для двутавра и швеллера при обогреве с четырех сторон:

$$u = 2h + 4b - 2s,$$

где h – высота сечения элемента;

b – ширина сечения (полки);

s – толщина стенки.

Схема участка фермы (балка 25Б1 двутавр, марка стали С255) приведена на рис.1.

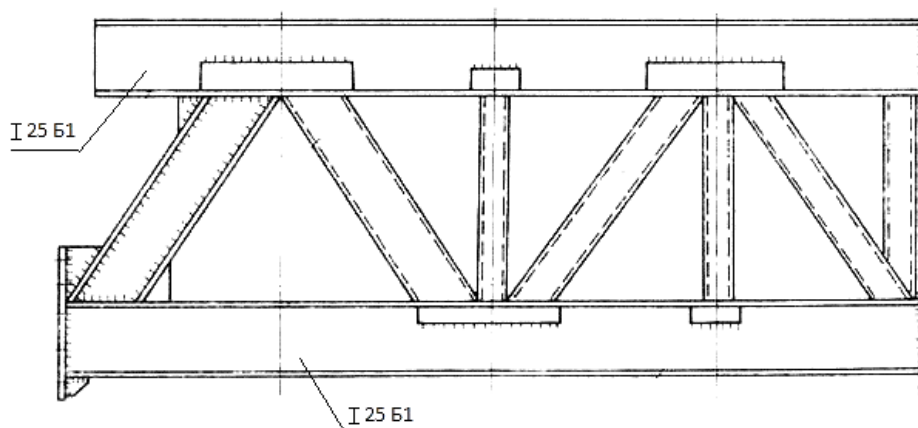


Рис. 1. Схема участка фермы

После нахождения критической температуры, соответствующей потере несущей способности, и с использованием графика зависимости температуры от времени и приведенной толщины металла (рис. 2), определяется продолжительность нагрева до этой температуры, что и представляет собой фактический предел огнестойкости конструкции [5].

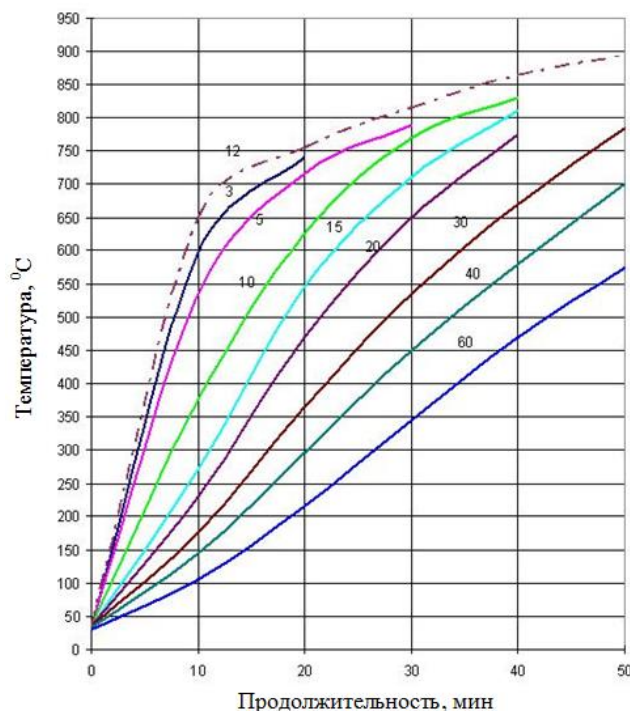


Рис. 2. Номограмма для определения предела огнестойкости металлических конструкций в зависимости от температуры и толщины металла

Для верификации соответствия здания требуемой степени огнестойкости в соответствии с Федеральным законом необходимо выполнить ряд расчетов: определить изгибающий момент от нормативной нагрузки, коэффициент загрузки элемента, его критическую температуру.

На следующем этапе вычисляется обогреваемый периметр и для двутаврового профиля при четырехстороннем тепловом воздействии и рассчитывается приведенная толщина металла.

Установленная расчетным путем степени огнестойкости здания подлежит сравнению с нормативными требованиями. Используя таблицу 21 приложения к Федеральному закону [4], определяется соответствие между степенью огнестойкости здания и требуемыми пределами огнестойкости применяемых строительных конструкций. В соответствии с этими требованиями, несущие элементы каркаса и лестничных клеток должны обладать пределом огнестойкости не ниже R45, прогоны покрытий – не менее REI 45, а элементы бесчердачных покрытий (фермы, балки) – не менее R15.

Проведенный комплекс расчетов позволяет обосновать необходимость проведения мероприятий по огнезащите, как того требует пункт 5.4.3 СП 2.13130.2012 [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрюшкин А.Ю., Прогнозирование срока службы антикоррозионных покрытий металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов / А.Ю. Андрюшкин, Е.Б. Буцикин, Е.Н. Кадочникова // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 3 (67). С. 79-88.
2. Маликовский В.А. Расчет строительных конструкций на огнестойкость: учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 2000.
3. Цудиковский С.М. Огнестойкость строительных конструкций: монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013.
4. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
5. Орлянский В.А., Цудиковский С.М. Огнестойкость строительных конструкций // Пожаровзрывобезопасность. – 2018 – Т. 27, № 5.
6. СП 2.13.130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
7. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции (Актуализированная редакция СНиП II-23-81)

УДК 614.849

В. С. Кулешова, Е. В. Ширяев

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АВАРИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД ЗА ПЕРИОД 2014–2024 ГГ.

Проведен анализ статистических данных аварий на магистральных газопроводах с 2014 по 2024 год, на основании которых сделан вывод о причинах прироста/снижения аварий.

Ключевые слова: газопровод, протяженность, авария, причина.

V. S. Kuleshova, E. V. Shiryayev

STATISTICAL ANALYSIS OF ACCIDENTS ON MAIN GAS PIPELINES IN THE RUSSIAN FEDERATION IN THE PERIOD 2014-2024

The analysis of statistical data on accidents on main gas pipelines from 2014 to 2024 was carried out, based on which a conclusion was made about the reasons for the increase/decrease in accidents.

Key words: gas pipeline, length, accident, cause.

Магистральный газопровод – это инженерно-техническая система трубопроводного транспорта, предназначенная для транспортировки природного газа на большие расстояния при высоком давлении и большом диаметре труб, обеспечивая надежную и безопасную доставку газа от мест добычи или хранения к потребителям, а также играя ключевую роль в энергетической безопасности нашей страны [6].

Безопасность магистральных газопроводов – критический элемент энергобезопасности и экологической безопасности Российской Федерации. Аварии на магистральных газопроводах приводят к человеческим жертвам, разрушениям инфраструктуры, крупным экономическим потерям и экологическим последствиям.

Несмотря на частые диагностические работы и ремонтные работы, в наше время присутствует большая вероятность происхождения аварий на магистральных газопроводах.

Для дальнейшего анализа рассмотрим статистические данные по авариям на магистральных газопроводах, приведенные Ростехнадзором (рисунок 1) [5].

Как можно заметить на графике количество аварий на магистральных газопроводах с каждым годом снижается и самый пик аварий пришелся на 2015 год. В этом году большое количество аварий произошло по причине коррозионного износа.



Рис. 1. Динамика изменения количества аварий на магистральных газопроводах в период с 2014 по 2024 год

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
МАТЕРИАЛЫ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Большинство магистральных газопроводов введены в эксплуатацию еще в 80–90 х. гг. прошлого века и преодолели срок эксплуатации, что соответственно влияет на рост аварий, связанных с коррозионным износом, ведь на состояние газопровода влияют многие факторы, например:

- климатические условия – в регионах с высокой влажностью и перепадами температур коррозия развивается быстрее;
- качество воды в почве – агрессивные грунтовые воды ускоряют износ подземных коммуникаций;
- качество монтажа и материалов – недобросовестное исполнение обязанностей при создании, а также некачественные материалы могут привести к авариям [3].

Также зачастую коррозионный износ и механическое воздействие при проведении каких-либо работ провоцируют разгерметизацию и разрушение, вследствие которых возникают пожары и выбросы опасных веществ.

Помимо вышеописанных причин, аварии на магистральных газопроводных наступают вследствие других основных причин, которые предлагаю рассмотреть далее (таблица).

Таблица. Статистические данные основных причин, вследствие которых произошли аварии на магистральных газопроводах в период с 2014 по 2024 год

Год Причина	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Коррозионный износ	6	5	6	3	6	4	2	2	2	2	2
Механическое воздействие	4	3	4	3	2	1	1	3	0	1	0
Несоблюдение правил эксплуатации и регламентов технического обслуживания	0	4	0	1	0	0	0	0	3	2	0
Ненадлежащее выполнение строительно-монтажных работ	0	2	0	0	0	1	0	0	1	2	1
Природные явления	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Итого	10	16	10	7	8	6	3	6	6	7	3



Рис. 2. Процентное соотношение основных причин, вследствие которых произошли аварии на магистральных газопроводах, в период с 2014 по 2024 год

На рис. 2 показано процентное соотношение основных причин, вследствие которых произошли аварии на магистральных газопроводах [6].

Можно заметить, что почти половина аварий на магистральных газопроводах, возникли из-за коррозионного износа, который представляет одну из наиболее серьёзных угроз их безопасной эксплуатации. Коррозия приводит к истончению стенок труб, образованию свищей и трещин, вызывает утечки природного газа, что создаёт риск взрывов и пожаров, снижает прочность трубопровода и его расчетный срок службы, а также увеличивает вероятность аварий с тяжёлыми экологическими и экономическими последствиями. Для снижения аварий, связанный с коррозией, можно использовать антикоррозионные покрытия (битумные, эпоксидные, полиэтиленовые, полиуретановые), которые помогут магистральным газопроводам создать основной барьер от контакта металла с агрессивной средой. Но, и, конечно, не стоит забывать про постоянные проверки и техническое обслуживание [1].

Анализ статистики показал, практически, треть основных причин аварий занимает механическое воздействие. Несанкционированные земляные работы вблизи трассы (строительство, сельхозтехника, бурение), повреждения тяжёлой техникой при пересечении трассы, врезки и хищения газа вызывают деформацию трубопровода. Для снижения количества аварий необходимо соблюдать строгий контроль охранных зон, технический мониторинг и применение инженерных защит [2]. Меньшую часть занимают аварии, произошедшие из-за несоблюдения правил эксплуатации и регламентов технического обслуживания. Плановые осмотры, диагностика и ремонт в установленные сроки, регулярное обучение, аттестация, тренировки действий в чрезвычайных ситуациях снизят количество аварий [4].

Кроме того, дефекты сварных швов, нарушение технологии укладки, плохая изоляция, применение некачественных материалов, оползни, подмывы рек, сейсмические колебания, наводнения и просадки почвы также влияют на магистральные газопроводы. Для снижения количества аварий по данным причинам необходимо качественное проектирование, надёжный строительный контроль и постоянный мониторинг технического состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзорные публикации по снижению аварийности трубопроводного транспорта // SciLead.ru. – 2024. – URL: <https://scilead.ru> (дата обращения: 28.09.2025).
2. Ретроспективный анализ причин аварий на магистральных трубопроводах // CyberLeninka. – 2024. – URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 28.09.2025).
3. СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. – М.: Минрегион России, 2011.
4. Технические комитеты по стандартизации нефтегазовой отрасли. Обзоры аварийности и методов защиты трубопроводов. – 2023–2024.
5. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Ростехнадзор. Уроки, извлеченные из аварий. 2013-2025. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения 28.09.2025).
6. Федеральный закон от 31.03.1999 № 69-ФЗ «О газоснабжении в Российской Федерации».

УДК 614.842.612:001.891.53

К. Н. Лабинский, М. К. Томилов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ СУЛЬФАТА КАЛИЯ И КАРБАМИДА В СОСТАВЕ ВОДНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ЕЕ ОГNETУШАЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

Экспериментально подтверждено рациональное соотношение жидкого стекла, сульфата калия и карбамида в водной композиции для повышения ее огнетушащей способности. Проведены огневые испытания разработанного состава, и подтверждена эффективность его использования в качестве огнетушащего средства.

Ключевые слова: жидкое стекло, сульфат калия, карбамид, огнетушащая способность, критерии процесса тушения, время тушения, удельный расход, интенсивность подачи, огневые испытания

K. N. Labinsky, M. K. Tomilov

DETERMINATION OF THE COMBINED EFFECT OF POTASSIUM SULFATE AND CARBAMIDE IN AN AQUEOUS COMPOSITION ON ITS FIRE-EXTINGUISHING CAPACITY

The rational ratio of liquid glass, potassium sulfate and urea in the water composition for increasing its fire-extinguishing ability has been experimentally confirmed. Fire tests of the developed composition have been carried out, and the effectiveness of its use as a fire-extinguishing agent has been confirmed.

Keywords: liquid glass, potassium sulfate, urea, fire-extinguishing capacity, extinguishing process criteria, extinguishing time, specific consumption, flow rate, fire tests

Наиболее доступным, дешевым и безвредным средством тушения пожаров является вода. Вода, отличающаяся сочетанием факторов, обуславливающими ее достоинства как огнетушащего средства, относится к наиболее распространенным средствам тушения пожаров. Вода является самым первым огнетушащим веществом в истории. Ее применяли для ликвидации возгораний задолго до изобретения пенообразователей и порошковых составов. Однако, несмотря на все свои преимущества вода, как средство тушения, имеет ряд недостатков, которые сужают область ее использования. Для повышения огнетушащей способности в воду вводят добавки в виде смачивателей, антипиренов, загустителей или смеси этих веществ.

Экспериментальными исследованиями [1] было проанализировано улучшение огнетушащей способности воды при помощи добавления различных неорганических солей. Результаты дали возможность выявить в качестве эффективного модификатора для применения при тушении пожара сульфат калия. При этом использование 8 – 10 % добавки карбамида также дала положительный эффект (огнетушащая способность водного раствора жидкого стекла повышалась в 1,6 раз [1, 2]).

Перспективным направлением исследований является оценка совместного влияния сульфата калия и карбамида в составе водной композиции. При совместном применении карбамида и сульфата калия можно ожидать комбинированного эффекта, который может изменить эффективность тушения. Например, улучшение проницаемости воды, связанное с карбамидом, в сочетании с повышенной проводимостью и теплоемкостью, обусловленной сульфатом калия, может привести к более эффективному подавлению пламени.

Для подтверждения указанного утверждения сначала проводилась серия лабораторных экспериментов, согласно методике, подробно описанной в [1]. Разница была в том, что помимо 10 % жидкого стекла и основной части воды использовались 0 – 13 % сульфата калия при различном содержании карбамида (0 – 13 %). В качестве критерия оценки огнетушащей способности водной композиции было выбрано количество распылений водного раствора из пульверизатора, ушедшие на полное подавление пламени.

На основании полученных результатов был построен график (рисунок), оценивающий влияние содержания сульфата калия на огнетушительную способность водных композиций при различных добавках карбамида.

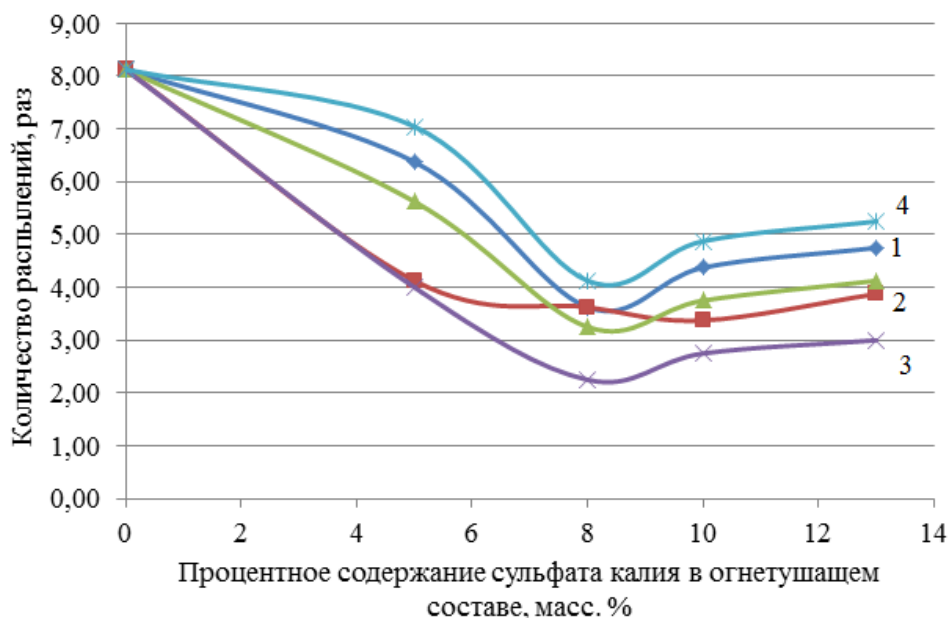


Рис. Зависимость огнетушащей способности водной композиции от совместного содержания в ней сульфата калия и карбамида
1 – состав, содержащий 0 % карбамида; 2 – состав, содержащий 5 % карбамида;
3 – состав, содержащий 10 %; 4 – состав, содержащий 13 %

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что огнетушащая способность водной композиции с использованием сразу двух модификаторов значительно выше, чем использования их отдельно. Так, с использованием состава, содержащий 10 % карбамида, можно добиться повышения огнетушащей способности в 6 раз выше, чем при использовании воды без модифицирующих добавок.

Плотность полученного раствора, определенного методами, представленными выше, составила 1,5 г/см³. Добавка к разработанной огнетушащей водной композиции 10 % карбамида также дает незначительный положительный эффект на значение коэффициента поверхностного натяжения. С ее использованием можно добиться снижения коэффициента поверхностного натяжения с 0,030 Н/м до 0,021 Н/м, что было определено в рамках лабораторных исследований поверхностного натяжения методом отрыва капель, подробно описанного выше.

Таким образом содержание в водной композиции одновременно сульфата калия и карбамида имеет положительный эффект на огнетушащую способность воды и ее физико-химические свойства.

Дальнейшие исследования включали количественную характеристику процесса тушения, в результате чего определяли время локализации и тушения пламени модельного очага пожара согласно методикам, приведенных в [3, 4].

По результатам эксперимента рассчитывали удельный расход водной композиции для тушения единицы площади поверхности горящей жидкости.

Огневые испытания проводились согласно [5]. Модельный очаг пожара представлял собой деревянный штабель, который размещали на твердой опоре. В качестве горючего материала используют бруски хвойных пород с влажностью 20 %. В штабель модельного очага было уложено 9 слоев брусков по 5 шт. Площадь пожара в этом случае составляла 2,37 м². В зависимости от площади был установлен класс модельного очага пожара – 0,5А [6].

Для начала проводилось тушения очага технической водой. В дальнейшем использовалась сравнительная оценка применения в качестве огнетушащего средства состава, разработанного в [1] и состава, который модифицированный дополнительно 10 % карбамида. Рецептуры представленных компонентов приведены в табл 1.

**Таблица 1. Рецептуры водорастворимых составов,
используемых в рамках огневых испытаний**

№	Компонент	Содержание, масс. %	Плотность вещества, г/см ³	Масса, кг, в зависимости от V раствора	
				V ₁ = 10 л	V ₂ = 19 л
1	Вода	82	1,000	8,20	15,58
	Жидкое стекло	10	1,400	1,40	2,66
	Сульфат калия	8	2,660	2,13	4,04
2	Вода	72	1,000	7,20	13,68
	Жидкое стекло	10	1,400	1,40	2,66
	Сульфат калия	8	2,660	2,13	4,04
	Карбамид	10	1,320	1,32	2,51

Перед началом испытаний взвешивали пустой ранцевый огнетушитель и ранцевый огнетушитель с приготовленным огнетушащим раствором. Полученное значение массы фиксировали для дальнейшей обработки результатов. Модельный очаг поджигали с помощью факела на длинной ручке. После поджигания давали очагу разгореться в течение 3 – 5 минут.

В качестве показательности эффективности тушения был выбран расход огнетушащей жидкости. В процессе тушения модельного очага, с помощью секундомера, фиксировали время, затраченное на прекращение горения. Затем взвешивали количество оставшегося огнетушащего раствора в ранцевом огнетушителе. Эти значения в дальнейшем использовались для определения расхода огнетушащей жидкости.

Результаты огневых испытаний по сравнительной оценке огнетушащей способности воды и разработанных водных составов приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Результаты огневых испытаний по сравнительной оценке
огнетушащей способности воды и разработанной водной композиции
при тушении пожара класса 0,5А**

№	Состав, %				Площадь свободной поверхности модельного очага, м ²	Время тушения		Объем огнетушащего вещества, ушедшего на тушение пламени модельного очага, л	Удельный расход, $\frac{\text{л}}{\text{м}^2}$	Среднее значение удельного расхода огнетушащего вещества, $\frac{\text{л}}{\text{м}^2}$
	Вода	Жидкое стекло	Сульфат калия	Карбамид		сек	мин			
1	100	0	0	0	2,37	553	9,21	35,0	82,95	85,35
2	100	0	0	0		569	9,48	36,0	85,32	
3	100	0	0	0		584	9,74	37,0	87,69	
4	82	10	8	0		363	6,06	23,0	54,51	56,49
5	82	10	8	0		371	6,32	23,5	55,70	
6	82	10	8	0		395	5,79	25,0	59,25	
7	72	10	8	10		340	5,66	21,5	50,96	47,00
8	72	10	8	10		316	5,27	20,0	47,40	
9	72	10	8	10		284	4,74	18,0	42,66	

Приведенные испытания показали, что использование в качестве огнетушащего вещества воды, модифицированной жидким стеклом и сульфатом калия (разработанный состав № 1), позволяет повысить эффективность тушения пламени в 1,5 раза, что заметно сказывается на процессе тушения и снижения удельного расхода огнетушащего вещества.

Добавление к этому же составу 10 % карбамида (разработанный состав № 2) снижает значение удельного расхода воды в 1,8 раз, что оказывает еще лучший огнетушащий эффект на процесс тушения пламени модельного очага.

В результате проведенных лабораторных исследований было экспериментально установлено рациональное соотношение компонентов в водной композиции. На основании полученных данных были подготовлены и проведены полевые эксперименты по гашению модельных очагов пожара класса 0,5А (горящая древесина) с помощью ранцевой установки для тушения локальных очагов пожара тонкораспыленной водой. Результаты проведенных экспериментов подтвердили, что с помощью данного метода и найденных пламегасителей можно подавить как пламенное, так и тлеющее горение.

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что комбинация сульфата калия и карбамида оказывает положительное влияние на огнетушащую способность, при этом наблюдается синергетический эффект – эффективность тушения превышает огнетушащую способность каждой из компонент в отдельности. Согласно исследованиям, оптимальное содержание солей калия составляет 8 мас.%, а карбамида – 10 мас.%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабинский, К.Н., Определение огнетушащей способности водных растворов, модифицированных неорганическими соединениями / К.Н. Лабинский, М.К. Томилов // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2024. – № 4(61). – С. 18–25.
2. Лабинский, К.Н., Обоснование процесса повышения огнетушащей способности водных композиций за счет введения в их состав неорганических соединений / К.Н. Лабинский, М.К. Томилов // Сборник научных трудов IV форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков «Проблемы горного дела». – 2024. – С. 165–169.
3. Дегаев, Е. Н., Подслойное тушение нефтепродуктов пеной различной кратности / Е. Н. Дегаев // Строительство – формирование среды жизнедеятельности. – 2015. – С. 468–470.
4. Дегаев, Е. Н., Исследование роли добавок карбамида на огнетушащую эффективность низкократной пены из лаурилсульфата натрия / Е. Н. Дегаев // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – № 2(2). – С. 45 – 50.
5. ГОСТ Р 51057-2001 Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов. 2001. – 48 с.
6. Эффективная технология тушения пожаров с помощью аэрозолей растворов солей / А.Г. Шмаков, О.П. Коробейничев, А.А. Чернов, В.М. Шварцберг, К.П. Куценогий, В.И. Макаров // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2009. – № 2. – Т. 4. – С. 9–13.

УДК 614.849

А. А. Лазарев, Е. А. Аверина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПО УЧЕТУ РЕЗУЛЬТАТОВ НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье проводится анализ современных реформ в сфере государственного контроля (надзора) в Российской Федерации, ключевым элементом которых стало создание Единого реестра контрольных (надзорных) мероприятий (КНМ). Рассматриваются его цели, структура, состав сведений, порядок внесения данных и предоставления доступа.

Ключевые слова: контрольно-надзорная деятельность, государственный контроль, цифровизация, прозрачность, риск-ориентированная модель, защита прав предпринимателей.

A. A. Lazarev, E. A. Averina

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR IMPROVING TECHNOLOGY FOR ACCOUNTING THE RESULTS OF SUPERVISORY ACTIVITIES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

The article analyzes modern reforms in the field of state control (supervision) in the Russian Federation, the key element of which is the creation of the Unified Register of Control (Supervisory) Measures (CSM). The article examines its goals, structure, content, and procedure for entering data and providing access.

Keywords: control and supervisory activities, state control, digitalization, transparency, risk-based model, and protection of entrepreneurs' rights.

Совершенствование контрольно-надзорной деятельности является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации [1-10]. Целью проводимых реформ является поиск баланса между эффективным государственным надзором за соблюдением обязательных требований и созданием благоприятных условий для ведения бизнеса, минимизацией административного давления. Внедрение риск-ориентированного подхода, закрепленного Федеральным законом от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (далее-ФЗ-248), потребовало создания современных цифровых инструментов, обеспечивающих реализацию новых принципов.

Таким инструментом стал Единый реестр контрольных (надзорных) мероприятий, создание и порядок ведения которого регламентированы Постановлением Правительства РФ от 16 апреля 2021 г. № 604 (далее – Правила). Данная информационная система призвана кардинально изменить подходы к планированию, проведению и учету КНМ, сделав этот процесс максимально прозрачным и технологичным.

Исследование основано на анализе опыта реализации нормативно-правовой базы, регламентирующей функционирование Единого реестра КНМ, включая Постановление Правительства РФ № 604 и прилагаемых к нему Правил. Применялись методы системного анализа, юридического толкования и сравнительно-правового подхода для выявления существенных характеристик и новелл вводимого механизма.

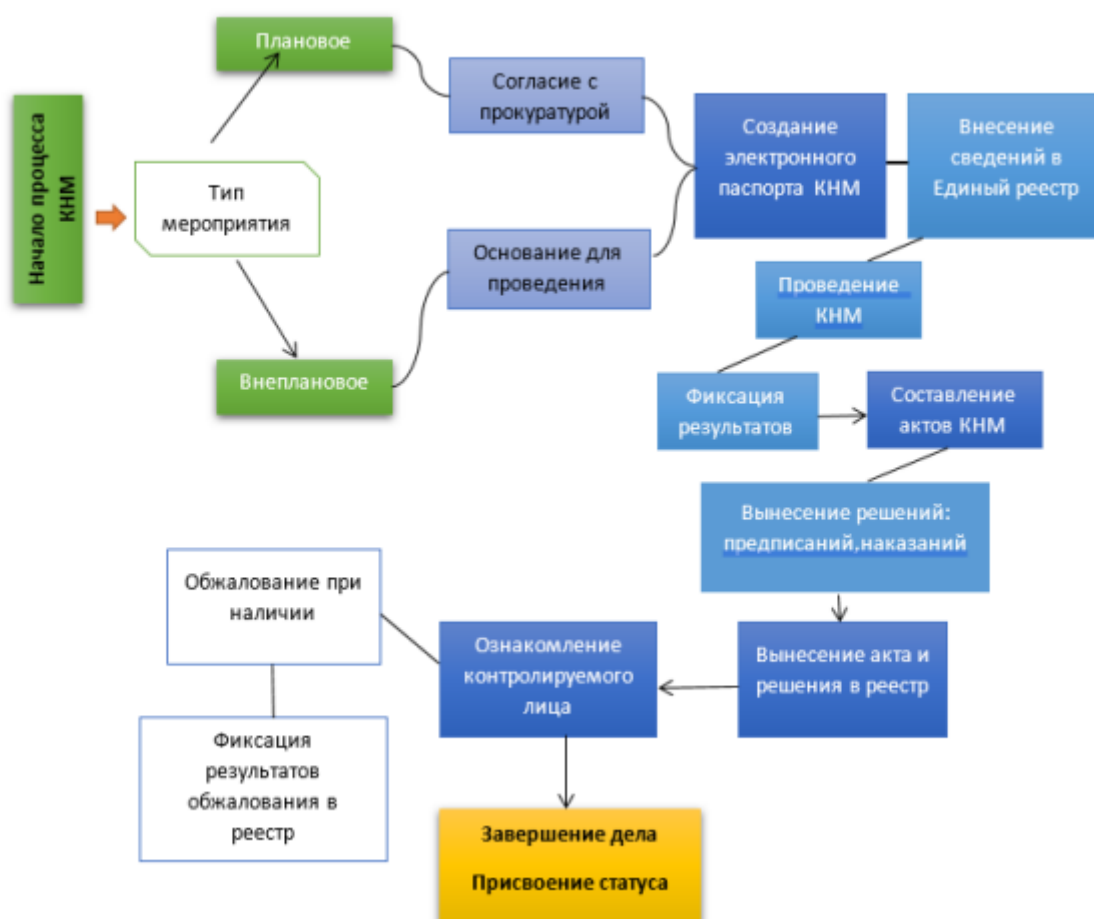
Единый реестр является не просто базой данных, а многофункциональной платформой, которая охватывает полный жизненный цикл КНМ, для совершенствования которой предлагается алгоритм, изложенной в блок-схеме. Согласно п. 5 Правил, реестр включает в себя сведения о:

- проводимых КНМ, профилактических мероприятиях и специальных режимах контроля;
- мерах, принятых по пресечению нарушений;
- актах КНМ и решениях, принятых по их результатам;

- ходе и результатах согласования с органами прокуратуры (как плановых, так и внеплановых мероприятий);
- привлечении к ответственности по результатам КНМ;
- жалобах на решения и действия контрольных органов и результатах их рассмотрения;

Электронный паспорт КНМ следует рассматривать как ключевой элемент рассматриваемой системы. Центральным понятием в системе учета является «электронный паспорт» КНМ или профилактического мероприятия. Каждому паспорту присваивается уникальный неизменяемый учетный номер сложной структуры, включающий код региона, год проведения, вид контроля, номер контрольного органа и порядковый номер мероприятия.

Электронный паспорт служит единой точкой ввода и хранения всей информации, связанной с конкретным мероприятием, на всех его стадиях – от планирования до завершения и обжалования. Это обеспечивает целостность данных и их привязку к конкретному объекту контроля.



Одной из ключевых задач реестра является обеспечение прозрачности. Именно поэтому реализована гибкая система настройки видимости:

- виден всем: информация о плановых проверках, итоговые результаты;

- доступен только контролируемому лицу, в том числе персональные данные, некоторые процессуальные документы;
- не виден до окончания события: применяется для внеплановых проверок, не требующих согласования с прокуратурой, чтобы не нарушать принцип внезапности.

Важным инструментом является нанесение QR-кода на документы КНМ, что позволяет контролируемым лицам и иным заинтересованным сторонам оперативно получать доступ к соответствующей записи в реестре (п. 21 Правил).

Таким образом, внедрение Единого реестра КНМ знаменует собой качественно новый этап цифровой трансформации контрольно-надзорной деятельности в России. Он является не просто техническим новшеством, а инструментом системных изменений, способствующих:

1. Повышению прозрачности и подотчетности. Открытость данных о планируемых и проведенных КНМ снижает коррупционные риски и позволяет бизнесу быть более информированным.

2. Снижению административной нагрузки. Автоматизация процессов согласования, учета и отчетности высвобождает ресурсы контрольных органов.

3. Внедрению риск-ориентированного подхода. Централизованные данные позволяют проводить более точную аналитику и принимать решения о необходимости проведения КНМ, основываясь на реальных оценках риска.

Совершенствованию защиты прав предпринимателей:

Упрощается процедура обжалования, обеспечивается доступ к полной истории взаимодействия с контрольными органами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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», Ивановская пожарно-спасательная академия, 2017, С. 203-210. - EDN: ZVUQZR

2. 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

3. Салихова А. Х. [и др.] Применение программных средств прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации в деятельности государственного пожарного надзора. Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Иваново, 2017. – С.164-168. - EDN: YXWIIХ

4. Романова О.С. [и др.] О пожарной безопасности населенных пунктов, подверженных угрозе ландшафтных (природных) пожаров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI

Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 341-346. – EDN: ODBFRW

5. Лазарев А.А. [и др.] Анализ результатов контрольной деятельности в области пожарной безопасности в 2023-2024 годах // В сборнике: 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. Осмоловская А.А. [и др.] Регламентация и структурирование специальных технических условий по пожарной безопасности // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 295-299. – EDN: CWNEPR

7. Липинская А.А. [и др.] Анализ судебной практики приведения в пожаробезопасное состояние торговых центров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 254-257. - EDN: OPEJFE

УДК 699.814

Р. Р. Лайпанова, М. И. Шавшин, С. Н. Наконечный, А. Г. Азовцев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МАРКИРОВКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО ОГНЕСТОЙКОСТИ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Огнестойкость и пожарная опасность являются критически важными пожарно-техническими свойствами зданий и сооружений, напрямую влияющими на безопасность людей и сохранность имущества в случае возникновения пожара. Для обеспечения надлежащего информирования и предупреждения об этих параметрах следует предусмотреть возможность установления в России системы обязательной маркировки объектов капитального строительства.

Ключевые слова: огнестойкость; степень огнестойкости; здания; сооружения; предел огнестойкости; маркировка.

R. R. Laipanova, M. I. Shavshin, S. N. Nakonechnyy, A. G. Azovtsev

MARKING OF BUILDINGS AND STRUCTURES ACCORDING TO FIRE RESISTANCE AND FIRE HAZARD

Fire resistance and fire hazard are critical fire-technical properties of buildings and structures that directly affect people's safety and the preservation of property in the event of a fire. To ensure proper information and warning about these parameters, it is necessary to

consider the possibility of establishing a mandatory labeling system for capital construction projects in Russia.

Key words: fire resistance; fire resistance degree; buildings; structures; fire resistance limit; marking.

Обеспечение пожарной безопасности – одна из ключевых задач государства, органов местного самоуправления, владельцев зданий и сооружений. В условиях постоянного усложнения инженерных систем и увеличения плотности застройки важным шагом на пути снижения рисков является внедрение обязательной маркировки объектов табличками, содержащими информацию о степени огнестойкости, классе конструктивной пожарной опасности и классе функциональной пожарной опасности. Эта мера повышает информированность ответственных лиц, служб спасения и самих граждан, способствует своевременной реакции при ЧС и упрощает планирование профилактических мероприятий в соответствии с действующим законодательством [1, 2, 3].

Степень огнестойкости здания или сооружения определяется способностью его строительных конструкций противостоять воздействию огня и высоких температур в течение определенного времени. Данная характеристика играет ключевую роль в оценке пожарной безопасности объекта и возможности успешной эвакуации людей при возникновении пожара.

Наряду со степенью огнестойкости, важным показателем пожарной безопасности является класс конструктивной пожарной опасности здания или сооружения. Данная характеристика отражает способность строительных конструкций противостоять распространению огня и опасных факторов пожара в случае возникновения пожара.

Фактическая степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности может быть, как выше, чем требуемые (допустимые) значения, так и ниже, особенно если вносятся какие-либо конструктивные изменения в объекте в процессе его эксплуатации. Поэтому пожарно-технические характеристики зданий и сооружений следует наносить в виде маркировки в соответствии со ст. 29 Федерального закона [1]. 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. Это позволит избежать гибели пожарных, осуществляющих тушение пожара непосредственно в самом здании. Любое конструктивное решение должно отражаться на предложенной маркировке, чтобы пожарные подразделения имели представление о возможном поведении основных несущих (прежде всего вертикальных) строительных конструкций [4, 5].

Для визуального обозначения степени огнестойкости здания или сооружения следует предусматривать специальные таблички. Их следует размещать у основного входа, на фасаде объекта рядом с адресной табличкой в легкодоступном для обозрения месте.

Таблички, отображающие степень огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности объекта, должны соответствовать ряду технических, экономических и эргономических требований, к примеру:

- размер таблички - не менее 300х400 мм.
- материал изготовления - негорючий (металл, керамика и др.).
- контрастное цветовое оформление, обеспечивающее четкую читаемость информации, устойчивость к внешним воздействиям.
- нанесение данных в соответствии с установленными обозначениями (I, II, III, IV, V – для степени огнестойкости; C0, C1, C2, C3 – для класса конструктивной пожарной опасности; Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 и Ф5 – для класса функциональной пожарной опасности).

Важно, чтобы применяемая терминология и обозначения соответствовали действующим нормативным документам и были единообразны на всей территории страны.

Наличие подобной маркировки должно являться обязательным требованием для всех объектов капитального строительства. Она может служить важным источником информации для пожарных и спасательных служб, а также позволяет собственникам, посетителям и жильцам оценить уровень пожарной безопасности объекта.

Рассмотрим положительные стороны пожарно-технической маркировки зданий и сооружений:

1. Повышение оперативности действий при пожаре: прибывшие на место пожарные подразделения и аварийно-спасательные службы должны в кратчайшие сроки оценить риски и выбрать тактику тушения. Наличие ясно видимой таблички со сведениями о степени огнестойкости и классе конструктивной пожарной опасности позволяет быстро определить допустимые нагрузки, возможные пути распространения огня и оптимальные способы воздействия (например, необходимость предотвращения обрушения конструкций).

2. Прозрачность для владельцев и арендаторов: часто собственники зданий и арендаторы помещений недостаточно осведомлены о параметрах огнестойкости конструкций и о том, какую нагрузку они могут выдерживать при пожаре. Маркировка табличками делает эти данные доступными в любой момент, способствует соблюдению предписаний по эксплуатации, планированию ремонта и модернизации.

3. Облегчение проведения инспекций и аудита: для проверяющих органов стандартизированная табличная информация упрощает процесс оценки соответствия объекта нормам и снижает субъективность при вынесении предписаний.

4. Профилактика человеческих жертв и материального ущерба: информирование о пожарно-технических характеристиках зданий и сооружений помогает правильно организовать эвакуацию, размещение пожарных кранов и средств первичного пожаротушения, а также минимизировать риски обрушения при ведении огневых работ.

К основным проблемам внедрения маркировки следует отнести:

1) Затраты на внедрение: производство и установка табличек требуют средств. Однако затраты несоизмеримы с возможным ущербом от масштабного пожара и риском для человеческих жизней. Государственные программы субсидирования, штрафные санкции и стимулирующие меры для частных владельцев помогут ускорить внедрение.

2) Обновление информации: показатели могут меняться при реконструкции или ремонте. Основное решение – вводить требования по обязательному обновлению табличек после каждого значимого изменения состояния объекта и вести централизованный реестр, доступный инспекторам.

3) Вандализм и порча табличек: использование прочных материалов, защищённых мест установки, дублирование информации в электронных реестрах и периодическая проверка состояния табличек уменьшают проблему.

Маркировка зданий и сооружений по степеням огнестойкости и классам конструктивной и функциональной пожарной опасности может играть важную роль в обеспечении пожарной безопасности. Данная система обозначений позволит оперативно информировать всех заинтересованных лиц об основных характеристиках объекта, что особенно важно в чрезвычайных ситуациях. Соблюдение требований к размещению и оформлению соответствующих табличек является залогом эффективной реализации механизма предупреждения и защиты от пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

2. Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения" (ТР ЕАЭС 043/2017).

3. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

4. Фролов М.А., Сизов Н.А., Наконечный С.Н. О необходимости определения фактической степени огнестойкости здания / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – 594 с. ISBN 978-5-907492-53-0.

5. Сизов Н.А., Фролов М.А., Наконечный С.Н. Изучение вопроса определения параметров огнестойкости строительных конструкций / Современные

пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – 594 с. ISBN 978-5-907492-53-0.

УДК 614.8.084

Ле Ань Туан

Институт пожарной безопасности и борьбы с пожарами Вьетнама

**РИСКИ ВОЗГОРАНИЯ И ВЗРЫВА АККУМУЛЯТОРОВ
ДВУХКОЛЁСНЫХ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
ВО ВЬЕТНАМЕ: АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ
И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В 2023–2025 годах во Вьетнаме зарегистрировано более 500 пожаров и взрывов аккумуляторов двухколёсных электромобилей, что привело к тяжёлым последствиям для жизни людей и имущества. Исследование выявляет основные причины инцидентов и предлагает комплекс практических мер пожарной безопасности, направленных на снижение рисков и обеспечение устойчивого развития экологичного транспорта.

Ключевые слова: возгорание аккумуляторов, двухколёсные электромобили, литий-ионные аккумуляторы, пожарная профилактика, пожаротушение, безопасность, Вьетнам, тепловой разгон

Le Anh Tuan

**FIRE AND EXPLOSION RISKS OF BATTERIES
IN TWO-WHEELED ELECTRIC VEHICLES IN VIETNAM:
CURRENT STATUS AND FIRE SAFETY MEASURES**

From 2023 to 2025, Vietnam recorded over 500 incidents of fires and explosions involving batteries in two-wheeled electric vehicles, resulting in significant human casualties and property losses. This study analyzes the underlying causes—primarily substandard batteries, unauthorized modifications, and unsafe charging practices—and proposes a set of practical fire safety measures. These include prevention, early detection, and effective suppression strategies tailored to Vietnam’s urban context. The findings aim to raise public awareness, support evidence-based policymaking, and contribute to the safe and sustainable development of green transport.

Keywords: battery fire, two-wheeled electric vehicles, lithium-ion batteries, fire prevention, fire suppression, safety, Vietnam, thermal runaway.

Двухколёсные электротранспортные средства в последние годы приобрели широкое распространение во Вьетнаме, особенно в мегаполисах, таких как Ханой и Хошимин, что обусловлено их низкими эксплуатационными затратами и экологической приемлемостью. Согласно прогнозам Министерства транспорта, к 2025 году количество эксплуатируемых двухколёсных электромобилей превысит 5 миллионов единиц, что будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов и снижению уровня транспортной загруженности [1].

Однако столь интенсивный рост сопряжён с увеличением риска возгораний и взрывов литий-ионных аккумуляторов, являющихся основным источником энергии для данных транспортных средств. Несмотря на высокую энергоёмкость, данные аккумуляторы подвержены риску перегрева, короткого замыкания и структурных повреждений, что может инициировать процесс «thermal runaway» (неконтролируемый тепловой разгон), сопровождающийся интенсивным горением и взрывами. Температура горения литий-ионных аккумуляторов способна превышать 600 °C, выделяя при этом токсичные продукты термического разложения, что обуславливает высокую скорость распространения огня и затрудняет его тушение [2].

Во Вьетнаме начиная с 2023 года наблюдается существенный рост числа пожаров и взрывов аккумуляторов электромобилей, которые приводят к значительным имущественным потерям и человеческим жертвам, особенно в условиях высокой плотности городской застройки. Согласно статистическим данным Министерства общественной безопасности, зарегистрированы сотни инцидентов, связанных с возгоранием электромобилей, ключевыми причинами которых являются низкое качество аккумуляторных батарей и недостаточная информированность населения в области обеспечения пожарной безопасности. Настоящая работа направлена на анализ актуальных рисков, связанных с использованием аккумуляторов двухколёсных электротранспортных средств во Вьетнаме, а также на выработку предложений по совершенствованию систем пожарной профилактики и тушения.

1. Текущее состояние пожаров, связанных с аккумуляторами двухколёсных электромобилей во Вьетнаме

Пожары и взрывы аккумуляторов электровелосипедов и электромотоциклов во Вьетнаме достигли уровня, вызывающего серьёзную обеспокоенность, при этом количество инцидентов резко возросло в период с 2023 по 2025 годы. По данным Департамента пожарной безопасности и спасательных операций (ПБ и СО), с 2023 года по август 2025 года зафиксировано более 500 случаев возгораний, связанных с двухколёсными электротранспортными средствами, что привело к материальному ущербу свыше 200 млрд донгов и не менее чем 20 смертельным исходам. Электровелосипеды составляют около 40 % от общего числа происшествий вследствие их низкой стоимости и распространённости в сельских районах, тогда как электромотоциклы доминируют в городских условиях.

В 2023 году зарегистрирован ряд характерных инцидентов. Так, 13 июля 2023 года в квартале Чунгшон города Шамшон (провинция Тханьхоа) электровелосипед, находившийся на зарядке в закрытом гараже, взорвался, вызвав гибель двух человек от отравления дымом. 19 июля 2023 года в магазине «Ань Зыонг» (уезд Хоайдюк, Ханой) произошёл пожар, уничтоживший десятки

транспортных средств и причинивший ущерб на сумму около 500 млн донгов; причиной стал перегрев литий-ионного аккумулятора при ночной зарядке.

В 2024 году количество происшествий возросло на 50 %, при этом наиболее тяжёлый случай произошёл 6 ноября в квартале 5 города Вунгтау, где возгорание аккумулятора электромотоцикла привело к гибели двух человек и распространению огня на соседние здания. 20 декабря 2024 года в Ханое взрыв электровелосипеда с повреждённым в результате удара аккумулятором вызвал травмы у трёх человек.

В 2025 году ситуация продолжает усугубляться. 26 мая в квартале Танфу города Хошимин электромотоцикл полностью выгорел из-за короткого замыкания в аккумуляторе. 19 июля электровелосипед взорвался у жилого дома, вызвав панику среди жителей. 22 августа трое школьников получили тяжёлые ожоги вследствие взрыва электровелосипеда, находившегося под воздействием высокой температуры на солнце [3].

К основным причинам возгораний относятся: использование контрафактных аккумуляторов низкого качества, не соответствующих требованиям стандарта; незаконная переделка батарей, нарушающая положения Постановления № 168/2024/NĐ-CP [4]; а также зарядка аккумуляторов в замкнутых помещениях, рядом с легковоспламеняющимися материалами. Подобные пожары сопровождаются разлётом фрагментов на расстояние до 30 метров, температурой свыше 500 °C и возможным повторным возгоранием в течение нескольких дней. По аналогии с Китаем, где с мая по декабрь 2024 года было зарегистрировано более 9 000 случаев возгораний электротранспорта, Вьетнам сталкивается с сопоставимыми рисками ввиду недостаточного контроля импорта аккумуляторной продукции.

2. Предложения по обеспечению пожарной безопасности

Для минимизации рисков возгораний и взрывов необходимо внедрение комплексных мер пожарной безопасности, включающих профилактику, раннее обнаружение и эффективное тушение пожаров, с учётом специфики условий Вьетнама. Предлагаемые меры основаны на руководящих документах Министерства общественной безопасности и международном опыте, при этом основной акцент делается на литий-ионные аккумуляторы, которые используются примерно в 90 % двухколёсных электромобилей.

Профилактика рисков

Рекомендуется приобретать транспортные средства у надёжных производителей, с аккумуляторами, соответствующими стандарту. Следует избегать несанкционированных модификаций аккумуляторов, поскольку такие действия подлежат административным санкциям в соответствии с Постановлением № 168/2024/NĐ-CP. Зарядку необходимо производить только фирменными устройствами, поддерживая уровень заряда в пределах 20–80 % ёмкости, не превышая 8 часов, исключая ночную зарядку и зарядку под прямым солнечным излучением. Зарядка должна осуществляться в проветриваемом помещении, на расстоянии не менее 3 метров от легковоспламеняющихся материалов. Рекомендуется ежемесячная проверка состояния аккумуляторов: при выявлении признаков вздутия, утечек или аномального нагрева эксплуатацию следует прекратить и обратиться в сервисный центр.

На бытовом уровне рекомендуется установка датчиков дыма и тепла для раннего выявления пожароопасных ситуаций. Контролирующие органы должны усилить надзор за импортом аккумуляторов через Департамент экологической безопасности и охраны труда, а также организовать масштабные образовательные кампании посредством СМИ. Производителям следует внедрять технологии огнестойких аккумуляторов, оснащённых предохранительными клапанами и керамической теплоизоляцией.

Тушение пожара и аварийное реагирование

При обнаружении возгорания необходимо немедленно эвакуировать людей и имущество и вызвать службу спасения (номер 114). Использование воды недопустимо из-за риска поражения электрическим током; следует применять огнетушители класса D (для металлов) или порошковые огнетушители ABC, с расстояния 4–5 метров. При малом масштабе пожара допускается перемещение транспортного средства в открытую зону и использование противопожарного одеяла, смоченного водой, однако такие действия должны выполняться только лицами, прошедшими соответствующую подготовку.

Пожарные подразделения должны использовать специализированные автомобили с пенными системами на основе FM-200. Рекомендуется изолировать территорию в радиусе 20 метров и засыпать аккумулятор сухим песком для предотвращения повторного возгорания. На национальном уровне целесообразно создание центров переработки использованных аккумуляторов в крупных провинциях по образцу европейских стран, а также проведение регулярных научно-практических конференций по проблемам литий-ионных батарей. Внедрение систем мониторинга аккумуляторов на основе искусственного интеллекта позволит повысить уровень безопасности высокомоощных электромоторциклов.

3. Заключение

Пожары и взрывы аккумуляторов электровелосипедов и электромоторциклов во Вьетнаме в период с 2023 по 2025 годы привели к серьёзным последствиям, включая сотни случаев возгораний и многочисленные человеческие жертвы. Основными причинами выступают использование аккумуляторов низкого качества, незаконные модификации и небезопасные практики зарядки.

Указанные факторы могут быть эффективно контролируемы посредством реализации комплекса мер пожарной безопасности: применение сертифицированных аккумуляторов, соблюдение правил зарядки и использование специализированных средств пожаротушения. Согласованное взаимодействие пользователей, производителей и государственных органов позволит защитить общество, укрепить доверие к электротранспорту и содействовать достижению целей устойчивого развития и «зелёного» курса до 2050 года. Неотложные действия представляются необходимыми для обеспечения того, чтобы электротранспорт стал безопасным и устойчивым видом передвижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инфографика: Доклад о развитии экологически чистого транспорта во Вьетнаме / Минь Кхой - URL: <https://baochinhphu.vn/phat-trien-phuong-tien-giao-thong-xanh-chi-tiet-ro-trach-nhiem-co-trong-tam-trong-diem-102240806125231288.htm>, (дата

обращения: 06.08.2025). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный

2. Аккумулятор электровелосипеда загорелся и взорвался, разлетевшись на 30 метров, температура превысила 500 °С. Как его тушить?/ Динь Хиеу - URL: <https://vietnamnet.vn/pin-xe-dien-chay-gay-no-vang-ha-30m-nong-hon-500-do-c-dap-tat-the-nao-2216370.html>, (дата обращения: 18.11.2023). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный

3. Статистика пожаров и взрывов электромобилей за 2023-2025 годы/ Департамент полиции по предотвращению пожаров, тушению пожаров и спасательным операциям, (дата обращения: 05.9.2025).

4. Постановлением № 168/2024/NĐ-CP: Положение о наложении административных взысканий за нарушения порядка и безопасности дорожного движения в сфере автомобильного транспорта; система списания и восстановления штрафных баллов водительского удостоверения/ NĐ 168/2024/NĐ-CP.

УДК 32.816

П. А. Леонова, П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

САМОХОДНАЯ ПЛАТФОРМА ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОСТРАДАВШИХ

В данной статье рассматривается проблема транспортировки пострадавших и раненных. Для транспортировки пострадавших из зоны ЧС традиционно используются носилки различного типа, однако они имеют ряд существенных недостатков, включая высокую нагрузку на персонал, недостаточную жесткость конструкции, проблемы с использованием в стеснённых пространствах и необходимость наличия нескольких человек для перемещения пострадавшего. Современные тенденции направлены на разработку специализированных платформ для эвакуации, включая роботизированные устройства, позволяющие транспортировать пострадавших одним человеком или даже автоматически.

Ключевые слова: самоходная платформа, транспортировка пострадавших, колесный движитель, роботизированное устройство.

P. A. Leonova, P. V. Puchkov

SELF-PROPELLED OFF-ROAD PLATFORM FOR TRANSPORTING VICTIMS

This article discusses the problem of transporting the injured and injured. Stretchers of various types are traditionally used to transport victims from an emergency zone, but they have a number of significant disadvantages, including a high workload on staff, insufficient structural rigidity, problems with use in confined spaces and the need for several people to move the victim. Current trends are aimed at developing specialized evacuation platforms, including robotic devices that allow victims to be transported by one person or even automatically.

Key words: self-propelled platform, transportation of victims, wheeled propulsion, robotic device.

Транспортировка пострадавших и раненых с места происшествия является одной из важнейших задач оказания экстренной медицинской помощи. От оперативности и правильности действий медицинских работников зависит здоровье и жизнь пациентов. Однако этот процесс сопряжен с рядом сложностей, обусловленных особенностями состояния пострадавших, условиями окружающей среды и техническими возможностями транспортных средств.

Организация эффективной эвакуации требует тщательной подготовки и координации усилий различных служб — от спасателей и врачей скорой помощи до сотрудников правоохранительных органов и водителей специальных автомобилей. Необходимо учитывать такие факторы, как удаленность места происшествия, состояние дорог, погодные условия и доступность медицинского оборудования. Важно также обеспечить комфорт и безопасность пострадавшего во время перевозки, минимизировать риск осложнений и ухудшения состояния здоровья. Все эти аспекты делают транспортировку пострадавших и раненых сложной задачей, решение которой требует высокого уровня профессионализма и ответственности.

Для транспортировки пострадавших в основном используют носилки: каркасные, мягкие, тактические бескаркасные, складные и др. Однако у носилок есть множество недостатков. Рассмотрим некоторые из них:

- высокая нагрузка на транспортирующих людей при большом весе пациента;
- недостаточная жёсткость конструкции некоторых носилок, что может приводить к «провисанию» пострадавшего при транспортировке.
- невозможность использовать носилки в тесных, узких и ограниченных пространствах из-за жёстких направляющих (боковых брусьев) в рёбрах жёсткости.
- неудобная конструкция транспортировочных ручек, которые при переноске пострадавшего «врезаются» в руку.
- невозможность транспортировать пострадавшего при наличии только одного транспортирующего человека.

Поэтому в настоящее время для решения транспортировки пострадавших ведется работа по конструированию устройств для эвакуации раненных и пострадавших из зоны ЧС. Следует отметить, что разработано не мало

интересных конструкций тележек, в том числе и роботизированных платформ для транспортировки раненных и травмированных людей из зоны ЧС. Данные устройства позволяют транспортировать пострадавшего одним человеком или вовсе без участия человека, такие платформы обычно изготавливаются с применением гусеничных или колесных движителей (рис.1).

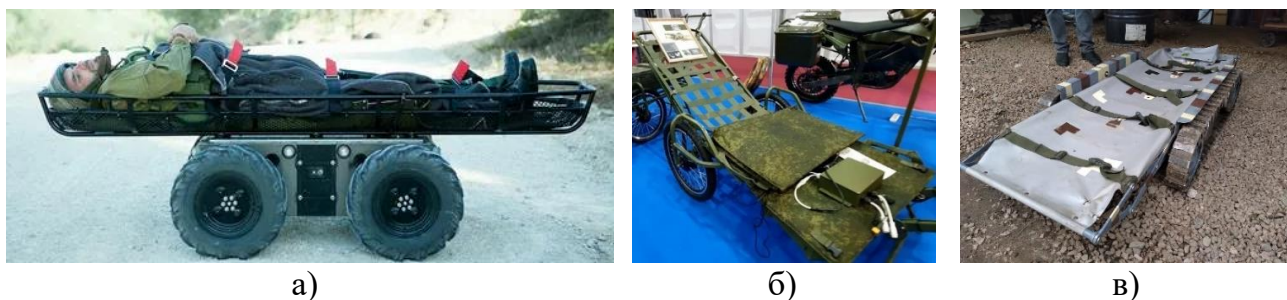


Рис.1. Платформы для транспортировки пострадавших:
а, б – на колесных движителях; в - на гусеничном движителе [1, 2, 3]

Однако у платформ, представленных на рис. 1 есть один общий недостаток – они не могут преодолевать высокие препятствия на своем пути, броды, поваленные деревья, валуны и т.д.

Поэтому предлагается идея создания самоходной платформы повышенной проходимости для транспортировки пострадавших (рис. 2).

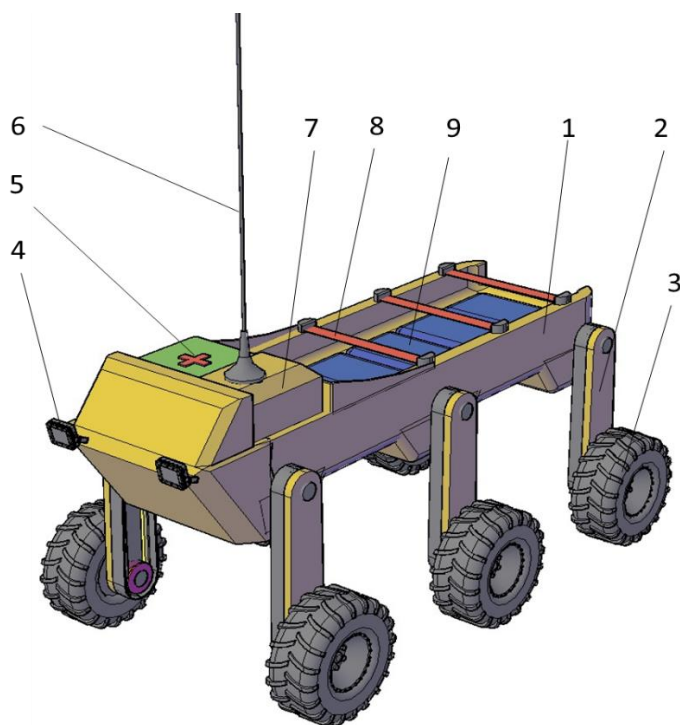


Рис. 2. Самоходная платформа повышенной проходимости для транспортировки пострадавших:
1 - корпус платформы; 2 - рычаг;
3 - колесный движитель; 4 - фара;
5 - аптечка первой помощи;
6 - антенна; 7 - блок управления;
8 - фиксирующие ремни;
9 - матрас медицинский

Колесные движители данного устройства установлены на подвижных поворотных рычагах. Поворачивая рычаги можно изменять клиренс самоходной платформы от низкого маршевого до высокого для преодоления препятствий. Данное устройство оснащено 3-мя парами колес на рычагах, что позволяет ему постепенно переползать через препятствие. По болотистой местности самоходная платформа может передвигаться, опустившись в топь днищем корпуса и загребая рычагами как веслами сможет передвигаться вперед.

Рассмотрим некоторые достоинства такой самоходной платформы:

1. Повышенные внедорожные характеристики;
2. Дистанционное управление, радиоканал, возможность полуавтономного движения, что снижает риск для спасателей;
3. Установка датчиков навигации, препятствий, видеокамеры;
4. Встроенное освещение для работы в ночное время суток;
5. Модульность данной конструкции: возможность установи медицинских, разведывательных и грузовых блоков;
6. Работа в сложных климатических условиях;
7. Универсальность применения в условиях города, леса, горной местности, болотистой почвы и снежного покрова;
8. Экологичность.

Потенциальной областью применения самоходной платформы повышенной проходимости является не только транспортировка пострадавших из труднодоступных мест, но и доставка медикаментов, оборудования, продовольствия, разведки маршрутов, применение в составе мобильных спасательных отрядов медицины катастроф МЧС России, военных и гуманитарных миссий.

В перспективе самоходную платформу можно дооснастить дополнительным оборудованием:

Установка баллона с кислородом или фильтрующей установки для подачи воздуха пострадавшим при эвакуации из задымленной местности; автоматической вентиляции внутреннего пространства при транспортировке;

Медицинское усовершенствование: мониторинг жизненных показателей пострадавшего (пульс, дыхание, температура) с передачей данных оператору; возможность подогрева или охлаждения при переохлаждении/тепловом ударе;

Установка средств защиты и безопасности: установка экранированного отсека для транспортировки пострадавших при риске химического или радиационного заражения;

Увеличение автономности: применение солнечных панелей.

Вывод: самоходная платформа с повышенными внедорожными характеристиками для транспортировки пострадавших является перспективным и инновационным решением для оснащения подразделений МЧС России современными средствами спасения и эвакуации, которая способна повысить скорость реагирования, эффективность и безопасность спасательных операций.

В перспективе данное устройство может стать универсальным многофункциональным спасательным комплексом, способным эффективно действовать в условиях природных и техногенных катастроф, пожаров, а также для военных и гуманитарных миссий в труднодоступных районах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://en.topwar.ru/66993-nazemnye-roboty-ot-zabrasyvaemyh-sistem-dobezlyudnyh-transportnyh-kolonn-chast-4.html>.
2. https://yandex.ru/images/search?pos=7&from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fi.ytimg.com%2Fvi%2FK_mY-cxOUI%2Fmaxresdefault.jpg%3F7857057827&text=устройства+для+транспортировки+раненых&rpt=simage&lr=5
3. https://yandex.ru/images/search?p=4&text=устройства+для+транспортировки+раненых&pos=29&rpt=simage&img_url=https%3A%2F%2Fstatic.ukrinform.com%2Fphotos%2F2023_05%2F1682933343-346.jpg&from=tabbar&lr=5
4. Зумаев, О. О. Разработка универсальной складной мобильной тележки для транспортировки пожарного оборудования / О. О. Зумаев, П. В. Пучков // 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. 398-402. – EDN EUSPBM.
5. Анализ конструкций мобильных устройств для тушения ландшафтных пожаров / А. А. Покровский, В. В. Киселев, П. В. Пучков, А. А. Сидоров // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 3(52). – С. 53-61. – EDN BOXASD.
6. Рыбаков, Н. А. Разработка тележки для транспортировки и монтажа колес пожарной техники / Н. А. Рыбаков, П. В. Пучков // 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. 640-643. – EDN MGKIVI.
7. Иванов, И. В. Разработка концепции специальной пожарно-спасательной машины на базе бронетранспортера ГТМУ (ГАЗ-73) / И. В. Иванов, П. В. Пучков // Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники, Санкт-Петербург, 22 октября 2021 года / сборник научных трудов III Межведомственной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: ООО "Медиапапир", 2021. – С. 182-186. – EDN MOVTKC.

8. Пучков, П. В. К вопросу о применении различных движителей в роботизированных комплексах / П. В. Пучков // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 15 октября 2020 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2020. – С. 249-251. – EDN KIEBIN.

УДК 614.846

В. В. Логинов, Е. Г. Свидерский

Уральский институт ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

В статье проанализированы проблемные вопросы эксплуатации пожарной техники в пожарно-спасательных гарнизонах и вопросы её совершенствования на основе действующих документов технического регулирования. Предложены пути совершенствования образцов пожарных автомобилей.

Ключевые слова: тушение пожаров, пожарный автомобиль, пожарная автолестница, базовое шасси, техническое регулирование.

V. V. Loginov, E. G. Svidersky

PROBLEMS OF APPLICATION OF TECHNICAL REGULATIONS IN THE CREATION OF NEW MODELS OF FIRE-FIGHTING EQUIPMENT

This article analyzes the problematic aspects of fire-fighting equipment operation in fire and rescue garrisons and its improvement based on current technical regulations. Ways to improve fire truck models are proposed.

Key words: fire extinguishing, fire truck, fire ladder, basic chassis, technical regulations.

Необходимость развития пожарной техники обусловлена требованием её эффективного применения. В современных условиях для образца пожарной техники определяющей характеристикой является возможность выполнить широкий спектр задач с минимальным привлечением личного состава и низкими эксплуатационными расходами.

Анализ образцов техники находящихся в составе подразделений Нижнетагильского пожарно-спасательного гарнизона Государственной противопожарной службы МЧС России, показывает их достаточную эффективность при выполнении задач пожаротушения и проведении аварийно-спасательных работ. Вместе с этим нужно отметить ряд проблемных вопросов, требующих повышенного внимания со стороны разработчиков пожарно-спасательной техники:

- наличие в пожарно-спасательных гарнизонах пожарной техники с комплектующими зарубежного производства;
- длинный модельный ряд образцов пожарной техники с примерно одинаковыми тактико-техническими характеристиками;
- несоответствие возможности обеспечения тушения на высоте и спасения людей типовых пожарных автолестниц (типа АЛ-30) высотной застройке крупных городов.

В пожарно-спасательных гарнизонах имеется много хорошо зарекомендовавших себя образцов пожарной техники с комплектующими зарубежного производства или изготовленным по зарубежным технологиям. При этом следует отметить, что отечественные разработки, в том числе и по объективным причинам в некоторых случаях явно уступают зарубежным по эффективности применения. В современных условиях закрытия зарубежных рынков для отечественных производителей, встаёт вопрос о поддержании таких образцов в работоспособном состоянии и их постепенной замены.

Концепция обеспечения пожарной и специальной техникой предполагает участие в этом процессе значительного круга производителей, с разными возможностями по конструированию и производству (к примеру, в СССР такими разработками в основном занимались два крупных ОКБ) [1]. Деятельность производителей пожарной техники регламентируется соответствующими Государственными стандартами (ГОСТ). Сопоставляя требования ГОСТ и образцы пожарной техники по требованиям, которых они созданы, можно отметить, что технические параметры средств пожаротушения ограничиваются возможностями базового шасси пожарного автомобиля. Грубо говоря, при создании нового образца пожарной техники, базовое шасси выступает основой для конструирования, в подавляющем большинстве случаев оно берётся производителем без изменений или с минимальными доработками, касающимися пожарной надстройки.

Такой подход во многом оправдан при конструировании пожарного автомобиля общего применения, когда важны временные характеристики перемещения пожарного расчета, пожарного вооружения и огнетушащих веществ к месту пожара. Фактически для стандартного ряда базовых шасси, определяемого колесной формулой и грузоподъемностью, можно определить набор унифицированный набор пожарно-технического вооружения (включая насосное оборудование) и объем огнетушащих веществ. Опыт тушения пожаров показывает, достаточность установки на стандартный пожарный

автомобиль общего применения насоса производительностью по подаче воды 40 л/с и напором 100 м водяного столба (насос типа НЦПН-40/100). Для эффективного тушения пожаров, такой насос в пожарном автомобиле общего применения необходимо дополнить ступенью высокого давления, не уступающей по характеристикам зарубежному аналогу, используемым в пожарных частях и унифицированным для установки на базовое шасси.

В Нижнетагильском пожарно-спасательном гарнизоне при тушении пожаров и проведении спасательных работ используются пожарные автолестницы (типа АЛ-30) на различных базовых шасси. Такие автолестницы были приняты на вооружение пожарно-спасательных частей в 70-е года прошлого века и в дальнейшем совершенствовались за счет внедрения в соответствии с временем технологий производства и обеспечения безопасности. Базовая характеристика — длина лестницы, оставалась без изменений, в современных условиях эта характеристика, для городов с многоэтажной застройкой, является недостаточной для эффективных действий при спасении людей.

Учитывая многоэтажную городскую застройку города Нижний Тагил данный тип пожарных автолестниц не может обеспечить тушение пожаров и спасения людей выше десятого этажа зданий. Анализ литературных источников показал, что на практике автолестницы наиболее востребованы для работы на высоте до 55 метров, а рабочая высота 52...55 метров является предельной с точки зрения оптимального сочетания требований прочности и устойчивости с ограничениями по габаритным размерам и массе, накладываемыми на них условиями эксплуатации в стеснённых городских условиях, а также по относительному показателю – удельной стоимости (отношение цены изделия к высоте подъёма), характеризующей стоимость 1 метр подъёма [2]. В настоящее время, на вооружении пожарных частей 50 метровые автолестницы почти не состоят, несмотря на имеющуюся в них заинтересованность [3].

Основной причиной сдерживающий разработку и принятия на вооружения пожарных автолестниц с длиной лестницы 50 метров является несоответствие имеющихся базовых шасси автомобилей условиям установки лестничного оборудования. Такое базовое шасси, как правило, имеет колёсную формулу 6х6, стандартную ширину и грузоподъёмность обеспечивающую установку лестницы с обеспечивающими её работу системами. Базовое шасси, для установки 30 метровой лестницы имеет колёсную формулу 4х4 и характеристики примерно соответствующие параметрам пожарного автомобиля общего применения. Это позволяет вписываться в требования ГОСТ к пожарным автолестницам. Пожарные автомобили с колёсной формулой 6х6 недостаточно маневренны в плотной городской застройке, а при их использовании в качестве базового шасси для пожарной автолестницы или коленчатого автоподъемника, требуют значительной площади для развёртывания.

Не вызывает сомнения положение, что при внедрении новых технологий при создании пожарной техники, необходимо четко определить её потребность в определённых условиях применения. Анализируя статистику применения пожарных автолестниц, можно сделать вывод о том, 30 – метровые пожарные лестницы достаточно успешно справляются с задачами подачи огнетушащих веществ на высоту, обеспечивая тушение пожаров в высотных зданиях, у них определенные возможности по спасению людей оказавшихся в зоне пожара на верхних этажах зданий. В последнем случае успех спасательных действий будет зависеть от действий пожарных расчетов по организации эвакуации.

Более длинные пожарные автолестницы и пожарные автоподъемники с характеристиками подъема более 50 метров, используются в пожарных гарнизонах при выезде на сложные, не типовые пожары, обычно с задействованием на тушение значительных сил гарнизона и дополнительных сил соседних гарнизонов. Нужно отметить, что возникновение таких пожаров достаточно редко, тем не менее, современная городская застройка крупных мегаполисов требует увеличения такой техники.

Делая общий вывод по использованию и совершенствованию пожарных автомобилей можно заключить следующее:

- создание пожарных автомобилей общего применения, должно осуществляться на основе типового оборудования [4] (модульного принципа) на основе существующих ГОСТ и отечественных комплектующих;
- при создании техники с особыми характеристиками, к каким можно отнести 50 метровые пожарные автолестницы, целесообразно рассмотреть вопрос создания специального базового шасси, созданного под данный вид техники.

Отечественный и западноевропейский опыт создания пожарных автомобилей не имеет массового опыта создания такой специальной базы. Создание специального базового шасси, после проведения опытной эксплуатации, возможно, потребует уточнения требований соответствующих ГОСТ, но позволит расширить возможности оборудования и пожарно-технического вооружения пожарной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Навценя Н.В., Коловозников П.А., Старцев В.П. Актуальность проведения опытной эксплуатации новых разработок пожарных автомобилей // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, 24 апреля 2025 года, г. Красноярск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – С.46-50. [Электронный ресурс]. URL: /https://sibpsa.ru/public/2025_avpb.pdf (дата обращения 06.10.2025).

2. Преснов А.И., Марченко М.А., Лоран Н.М. Тенденции и перспективы развития производства высотно-спасательных автомобилей в России и ближнем зарубежье // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 3 (34). С. 234-242. – [Электронный ресурс]. URL: [https://doi.org/10.34987/ vestnik.sibpsa.2024.65.24.024](https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.65.24.024) (дата обращения 09.10.2025).

3. Рабочую группу по производству сверхдлинных пожарных автолестниц создадут РФ и Белоруссия: сайт/ Дзен новостной портал. – URL: <https://dzen.ru/a/Y3YyTMYT93qWgoVS/> (дата обращения 07.10.2025).

4. Логинов В.В., Зубарев И.А., Крудышев В.В., опарин И.Д. Увеличение возможностей пожарных автомобилей по выполнению задач пожаротушения на основе модульного принципа их конструирования // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 22 апреля 2022 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С.346-350. – [Электронный ресурс]. URL: chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclclefindmkaj/https://sibpsa.ru/public/2022_avpb.pdf/ (дата обращения 09.10.2025).

УДК 612.8:159.952-955

К. В. Лосев

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

РЕАЛИЗАЦИЯ КОГНИТИВНОЙ СФЕРЫ ЛИЧНОСТИ ОПЕРАТОРОВ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ КАК ОДИН ИЗ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье рассматривается когнитивная сфера личности операторов роботизированных комплексов и систем для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров через призму психологических характеристик познавательных психических процессов, обеспечивающих эффективность работы данных устройств.

Ключевые слова: познавательные психические процессы: память, внимание, мышление, речь, воображение, представление, ощущение; безопасные условия эксплуатации, инженерная психология, эргатическая система «человек – техника».

K. V. Losev

**IMPLEMENTATION OF THE COGNITIVE SPHERE
OF THE PERSONALITY OF OPERATORS OF ROBOTIC COMPLEXES
AND SYSTEMS FOR FIRE PROTECTION AND ELIMINATION
OF FIRE CONSEQUENCES AS ONE OF THE CRITERIA
FOR THE EFFICIENCY OF THEIR OPERATION**

The article discusses the cognitive sphere of the personality of operators of robotic complexes and systems for fire protection and elimination of fire consequences through the prism of psychological characteristics of cognitive mental processes that ensure the effectiveness of these devices.

Key words: cognitive mental processes: memory, attention, thinking, speech, imagination, representation, sensation; safe operating conditions, engineering psychology, ergatic system "man – technology".

Актуальность эксплуатации роботизированных комплексов и систем (далее – РКС) для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров несомненна. Обеспечение безопасности личного состава пожарно-спасательных отрядов и других подразделений федеральной и региональных противопожарных служб является самой главной задачей при тушении пожаров, спасении пострадавших и устранения их последствий. Несмотря на то, что в большей степени РКС используются без участия человека, но это не совсем так. Тактика их эксплуатации и адресного использования при тушении конкретного пожара полностью зависит от человека, а вернее, оператора, который контролирует процесс автономного пожаротушения. Для обеспечения постоянного контроля за действиями подразделений и обстановки на пожаре необходимо использовать средства видеонаблюдения и дистанционного контроля параметров развития пожара и состояния технологических установок при помощи штатных технических средств пожарных подразделений. В зависимости от состава группировки РТС на месте пожара и поставленных задач возможны различные методы организации их применения: одиночное и групповое [4]. Управление, в основном, осуществляется через терминал с экраном, передающий изображение с видеокамер и данные о состоянии робота. Оператор может находиться в безопасности на расстоянии до 1 км. Несмотря на относительную отдаленность оператора от самих РКС, процесс контроля за автономными действиями комплексов и систем остается за ним [4]. В этой связи рассмотрим психологические критерии эффективности эксплуатации РКС. Основной объем данных показателей лежит в плоскости когнитивной (познавательной) сферы личности операторов РКС. Робот быстрее человека включается в работу, может находиться ближе к источнику возгорания и безошибочно выполняет поставленные задачи. Но, реализация превентивных функций по интегративной оценке чрезвычайной ситуации (далее – ЧС) и вариативность решения по ее ликвидации остается за человеком. В контексте

данного подхода рассмотрим структуру когнитивной сферы личности оператора как составляющие успешности эксплуатации РТС.

Структура когнитивной сферы личности составляют познавательные психические процессы. К ним относятся: внимание, память, мышление, речь, представление, воображение, ощущение [3]. Все эти процессы реализуются одновременно, но психические механизмы, их реализующие, активизируются иерархично, в зависимости от жизненных и профессиональных обстоятельств.

Рассмотрим каждый из процессов, а именно, те психологические и психофизиологические характеристики, которые влияют на успешность действий оператора РТС при их эксплуатации при ликвидации ЧС.

Первым из процессов будет рассмотрено внимание. Внимание – это направленность и сосредоточенность сознания на каком-нибудь предмете, явлении или деятельности [3]. В свою очередь, под направленностью психической деятельности следует подразумевать ее избирательный характер, т. е. выделение из окружения значимых для субъекта конкретных предметов, явлений или выбор определенного рода психической деятельности. Данная избирательность и является критерием эффективности эксплуатации РКС оператором. Такие характеристики внимания, как концентрация, объем, переключаемость играют важную роль. Средний объем внимания – шесть, семь объектов, которые видны человеком при его концентрации. Этот психический механизм внимания очень важен при определении очага пожара и подаче команды на выдвижение РКС для его ликвидации. Переключаемость внимания также необходимая характеристика при тушении пожаров, так как оценка динамики возгорания, его масштабности, играет ключевую роль в оперативности ликвидации ЧС. Также данная характеристика внимания актуальна если задействованы несколько РКС.

Следующий когнитивный процесс, который будет рассмотрен, это мышление. Мышление — высшая ступень человеческого познания; процесс познания окружающего реального мира, основу которого составляет образование и непрерывное пополнение запаса понятий, представлений; включает в себя вывод новых суждений (осуществление умозаключений) [3]. Мышление как когнитивный процесс подразделяется на следующие виды: по форме – наглядно-действенное, наглядно-образное и абстрактно-логическое; по характеру – теоретическое и практическое; по степени развернутости – дискурсивное и интуитивное; по степени новизны – репродуктивное и продуктивное. В контексте профессиональной деятельности операторов РКС доминируют абстрактно-логическое и наглядно-действенное виды мышления. Конкретные обстоятельства возникновения пожара и его динамика активизирует наглядно-действенное мышление оператора и заставляет его действовать и направлять РКС в наиболее опасные участки пожара, являющиеся его эпицентром или угрозой дальнейшего распространения. А реализация абстрактно-логического мышления происходит при

прогнозировании динамики пожара на предмет минимизации его последствий и количества пострадавших.

Далее рассмотрим характеристики познавательного психического процесса – памяти. Существуют следующие виды памяти: оперативная, кратковременная, долговременная и телесная. Основными характеристиками памяти являются: объем, быстрота запечатления, точность воспроизведения, длительность сохранения, готовность к использованию сохраненной информации [3]. В контексте деятельности оператора РКС преобладают оперативная, кратковременная и телесная виды памяти. При визуализации обстановки при пожаре на дистанции оператор запоминает маршрут выдвижения РКС к месту ликвидации возгорания и также оптимизирует путь отхода. Также оперативная память реализуется оператором, когда задействованы несколько РКС (групповое применение), и ему необходимо запомнить оперативную обстановку (причина возгорания, количество очагов горения (объектов)) и, соответственно, управлять РКС, исходя из приоритетности спасения людей. Также здесь уместно говорить и о телесной памяти. Пульт управления, клавиатура, те предметы, которыми управляют РКС должны использоваться оператором практически «вслепую», то есть практически не смотря на данные атрибуты управления, исходя из профессионального опыта.

Дальнейший познавательный психический процесс, о котором пойдет речь – воображение. Воображение — это процесс преобразования представлений, отражающих реальную действительность, и создание на этой основе новых представлений. В значительно большей степени деятельность воображения присутствует в формировании образов объектов или явлений, которых мы никогда не воспринимали. Так, воображение присутствует в любом виде нашей трудовой деятельности, поскольку, прежде чем создать что-либо, необходимо иметь представление о том, что мы создаем [2]. Образы, воссоздаваемые в процессе воображения, не могут возникать из ничего. Они формируются на основе нашего предшествующего опыта, на основе представлений о предметах и явлениях объективной реальности. В данном контексте профессиональной деятельности операторов РКС представление активизируется как оперативный анализ потушенных пожаров и нахождение оптимального варианта тушения возгорания с применением роботизированных систем.

Далее мы рассмотрим характеристики следующего когнитивного процесса – восприятия. Восприятие — это целостное отражение предметов, ситуаций, явлений, возникающих при непосредственном воздействии физических раздражителей на рецепторные поверхности органов чувств. Основным отличием восприятия от ощущения является предметность осознания всего, что воздействует на нас, т. е. отображение объекта реального мира в совокупности всех его свойств или, иными словами, целостное отображение предмета [1]. Если его рассматривать через призму деятельности

оператора РКС, то можно рассматривать данный процесс как комплексное восприятие пожара во всех его проявлениях: запах гари, ощущение высокой температуры горения, языки пламени (размеры, масштаб горения, площадь), возможные пути эвакуации пострадавших и т.д. Исходя из этого, системное восприятие оператором признаков пожара способствует принятию оптимальных решений по использованию РКС.

Представление, о котором пойдет речь далее, также является неотъемлемой частью когнитивной сферы человека. Представление — это психический процесс отражения предметов или явлений, которые в данный момент не воспринимаются, но воссоздаются на основе нашего предыдущего опыта [3]. Прежде всего, представления характеризуются наглядностью. Принято выделять следующие виды представлений: зрительные, слуховые, двигательные (кинестетические), осязательные, обонятельные, вкусовые, температурные и органические. С точки зрения деятельности операторов РКС доминируют зрительные и обонятельные. Зрительные и слуховые представления активируются путем реализации превентивной функции определения динамики пожара, его очага (возникновения новых очагов), на основе предыдущего профессионального опыта. Это очень важно, поскольку РКС направляются в самые опасные зоны пожара, где очень высок риск гибели пожарных и пострадавших, и их определение аннулируют (минимизируют) летальность при возгорании.

Ощущение, как когнитивный процесс в ходе деятельности операторов РКС реализуется минимально. Данный познавательный психический процесс реализуется через, так называемые, природные анализаторы — органы чувств (слуховой, зрительный, обонятельный, перцептивный и вкусовой). В контексте деятельности оператора РКС реализуется триада: визуализация обстановки пожара очно или через экран монитора; слуховой — констатация ухудшения динамики пожара (обвал перекрытий здания, кровли, треск материалов от горения и т.д.); перцептивный — управление системами через пульт.

И завершающий процесс, без которого не мыслим любой трудовой деятельность — это речь. Данный когнитивный процесс подразделяется на устную и письменную. В ходе тушения пожара с использованием РКС, безусловно, доминирует устная речь. Получение команд по средствам связи из оперативного штаба на использование РКС, обратная связь оператора. Все вышеприведенные когнитивные процессы реализуются через эргатическую систему «человек — техника», которая рассматривается инженерной психологией. Задание параметров работы РКС, в том числе по максимальному техническому потенциалу данных систем, управление ими с точки зрения оптимальных маршрутов выдвижения и выхода из эпицентра горения, все это функционал операторов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что несмотря на высокотехнологичный процесс пожаротушения в современных условиях с применением РКС, роль операторов, их эксплуатирующих, переоценить

невозможно. Роль когнитивной сферы личности оператора РКС в ходе тушения пожаров абсолютно первична, ибо только человек и его психологический потенциал является основой управления такими сложными образцами научно-технического прогресса, которыми являются роботизированные системы пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лернер Г.И. Психология восприятия объемных форм (по изображениям). — М.: Изд-во МГУ, 1980.
2. Лурия А. Р. Ощущения и восприятие. — М.: Изд-во МГУ, 1975.
3. Маклаков А.Г. Общая психология. – СПб: Речь, 2001.
4. Методические рекомендации по тактике применения наземных робототехнических средств при тушении пожаров. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015.

УДК 691.17

Т. Р. Магданов¹, О. И. Белобородова², Д. И. Масагутов³, А. И. Гимадеев³

¹ ООО «Инженерно-Техническая Фирма «АММ»

² ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

³ ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Республике Татарстан»

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА НАНЕСЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ НАГРЕВАНИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

Напыление огнезащитного покрытия на металлоконструкции механическим безвоздушным способом не всегда возможно и эффективно, и в изделиях сложной конфигурации с наличием труднодоступных мест и участков с малым сечением доля ручного нанесения весьма высока. В работе представлены сравнительные исследования по влиянию способа нанесения покрытия на огнезащиту металлических образцов.

Ключевые слова: металлоконструкция, огнезащита, интумесцентное покрытие, безвоздушное нанесение, шахтная печь, качество покрытия, коэффициент вспучивания

T. R. Magdanov, O. I. Beloborodova, D. I. Masagutov, A. I. Gimadeev

EFFECT OF THE METHOD OF APPLYING A FIRE-RESISTANT COATING ON ITS EFFECTIVENESS WHEN HEATING A METAL CONSTRUCTION

Spraying a fire-resistant coating on metal structures using a mechanical airless method is not always possible or effective, and in complex-shaped products with hard-to-reach areas and small cross-sections, the proportion of manual application is quite high. This paper presents comparative studies on the impact of the coating application method on the fire-resistant of metal samples.

Keywords: metal structure, fire protection, intumescent coating, airless application, shaft furnace, coating quality, swelling coefficient

Металлоконструкции широко используются в различных строительных объектах благодаря своей прочности, устойчивости и долговечности. Однако, известно, что при пожарах металл имеет свойство быстро нагреваться и терять свою несущую способность уже при температурах выше 400 °С вследствие пластической деформации. Поэтому несмотря на то, что металлоконструкции относят к негорючим строительным материалам, их огнезащита имеет большое значение для достижения требуемой огнестойкости [1, 2].

Одним из наиболее эффективных методов огнезащиты металла является нанесение на поверхность интумесцентных покрытий, способных при нагреве образовывать пористый слой пенококса с малой теплопроводностью.

В качестве объекта исследования выбран огнезащитный состав, который представляет собой однокомпонентный материал на основе метакрилатной смолы и также содержит толуол в качестве растворителя, гидрооксид алюминия (антипирен), окисленный графит (агент вспучивания) и бентонитовую глину (загуститель).

Состав предназначен для обеспечения требуемого предела огнестойкости элементов зданий в соответствии с СП 2.13130.2012 и повышения предела огнестойкости стальных строительных конструкций от 15 до 120 мин в соответствии с ГОСТ-Р 53295-2009 и от 90 до 150 мин в сочетании с теплоизоляционным огнезащитным материалом.

В соответствии с технологическим регламентом данный огнезащитный материал рекомендуется наносить методом безвоздушного распыления. Также имеется возможность нанесения данного огнезащитного материала ручным методом: кистью, шпателем или валиком. В соответствии с вышеуказанным технологическим регламентом данный вид нанесения рекомендуется выбирать только при локальном ремонте покрытия и при полосовом окрашивании сложных мест, таких как трубы небольшого диаметра, труднодоступные места, отверстия, болтовые соединения, монтажные стыки и т.д. Стоит также учесть, что для достижения нужной толщины огнезащитного покрытия может потребоваться большее количество слоев.

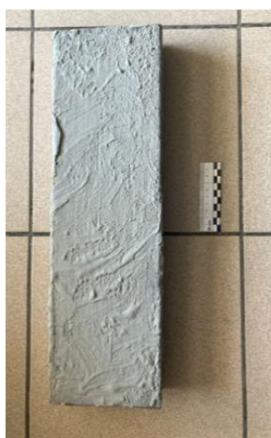
В работе проведен сравнительный анализ двух методов нанесения покрытия – ручного и механического (метод безвоздушного распыления). Для экспериментов было подготовлено два металлических образца в форме швеллера шириной 14,5 см, высотой 6,5 см и толщиной 11,5 мм.

Эффективность огнезащитного покрытия оценивали по следующим критериям:

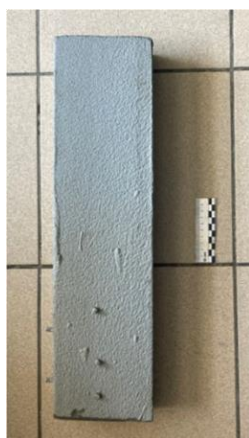
- внешний вид до и после испытаний;
- температура тыльной стороны поверхности образца во время испытаний;
- высота и коэффициент вспучивания покрытия в результате огневого воздействия;
- диаметр и глубина прогорания покрытия в месте наиболее интенсивного вспучивания.

Предварительная подготовка металлических образцов включает очистку и обезжиривание поверхности, нанесение грунта. Для безвоздушного распыления применяли установку безвоздушного распыления высокого давления DP-9600. Нанесение огнезащитного покрытия вручную осуществляли металлическим шпателем. Время высыхания между отдельными слоями составляло 1 сутки.

Внешний вид защищаемой поверхности и грунтовочного покрытия (равномерность цвета, шероховатость, наличие наплывов, царапин, непрокрашенных участков и других дефектов) оценивали визуально. Толщину огнезащитного покрытия определяли путем выборочных измерений толщиномером Константа К5 с усреднением результатов.



а



б

Рис. 1. Внешний вид образцов с ручным нанесением покрытия (а) и методом безвоздушного распыления (б) до испытаний

В ходе визуального осмотра исследуемых образцов было зафиксировано отсутствие необработанных мест, сквозных трещин и отслоений. На образце № 1 (рис. 1а) видны небольшие наплывы, средняя толщина покрытия составляет 1,76 мм, минимальная - 553 мкм. Образец № 2 (рис. 1б) имеет среднюю толщину огнезащитного покрытия 1,69 мм, минимальная толщина

составляет 1,15 мм. Таким образом, разница между средней и минимальной толщиной покрытия составляет для первого образца 68 %, для второго 32 %, что свидетельствует о наличии узких мест при ручном нанесении покрытия и может стать причиной потери огнестойкости в данной части металлоконструкции.

Для создания высокотемпературной среды была использована установка «Шахтная печь» зав. № 002006 (изготовлена ООО «НТЦ «КВАНТ») ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Республике Татарстан».

Шахтная печь представляет собой камеру сжигания с системой подачи воздуха и вентиляционной системы для удаления продуктов сгорания. Стенки камеры теплоизолированы и обеспечивают стабильность температурного режима при проведении эксперимента. Внутри камеры расположены источник зажигания, опорная рама и диафрагма; на передней стенке имеется дверца с остекленными проемами для визуального контроля за проведением исследования. Источником зажигания является газовая горелка, состоящая из четырех отдельных сегментов [1].

Образцы помещали горизонтально на опорную раму. Далее включали измерительные приборы, подачу воздуха, вытяжную вентиляцию и источник зажигания, после чего дверцу камеры закрывали. Продолжительность воздействия на образец пламенем от источника зажигания составила 15 мин. По истечении данного времени источник зажигания выключали.

После эксперимента оценивали эффективность огнезащиты образца по следующим критериям - диаметр и высота вспучивания покрытия, глубина и площадь повреждения. Измерение данных параметров осуществляли с помощью штангенциркуля и толщиномера. Показания бесконтактных термометров и результаты исследования представлены в таблице и на рис. 2.

Таблица. Режим и результаты исследований

Вид измерений	Образец № 1	Образец № 2
Среднее арифметическое значение результатов измерений толщины покрытия, мм	1,76	1,69
Минимальное значение результатов измерений толщины покрытия, мм	0,55	1,15
Максимальная температура газов зафиксированная в ходе исследования, °С	50	52
Средняя температура на поверхности образца, °С	128	136
Наибольшая температура на поверхности образца, °С	156	155
Наименьшая температура на поверхности образца, °С	100	96
Наибольшая толщина теплоизолирующего барьера на поверхности образца, мм	49,0	63,5
Коэффициент вспучивания	27,8	37,6
Наличие вздутий на поверхности образца	Имеются	Отсутствуют



Рис. 2. Внешний вид примыкавшей к горелке поверхности образцов 1 (а) и 2 (б)

В ходе исследования образцов максимальная температура газов в верхней части камеры составила 50-52 °С, что характерно при испытании негорючих образцов. Средняя температура на поверхности образцов составила 132±4 °С. Наибольшая температура на поверхности образцов составила 155-156 °С, точка с наибольшей температурой расположена в центральной части образца, где отсутствовало воздействие пламенем на образец. Наименьшая температура на поверхности образцов составила 98±2 °С в месте воздействия на образец пламенем, где зафиксировано вспучивание покрытия, которое и замедлило скорость прогрева металла.

Наибольшая толщина теплоизолирующего барьера составила 49 мм на поверхности образца № 1 и 63,5 мм на поверхности образца № 2.

Визуальный осмотр образцов также позволил выявить на тыльной поверхности образца № 1, не подвергавшейся прямому воздействию пламенем, но испытывающую высокотемпературный нагрев, вздутия покрытия разного размера. Наибольшее вздутие имеет диаметр 50,7 мм. На аналогичной поверхности второго образца вздутия отсутствовали.

Таким образом, анализ сравнительных испытаний ручного метода нанесения огнезащитного покрытия «Спектр» и метода безвоздушного распыления позволил сделать следующие выводы:

- при ручном нанесении средняя толщина покрытия выше, что может свидетельствовать о более рыхлом его слое;
- при ручном нанесении наблюдаются места с толщиной слоя в 3,2 раза ниже среднего значения;
- уровень фиксируемых в процессе проведения эксперимента температур отличается для разных образцов в пределах 5 %, что может входить в погрешность измерения;
- коэффициент вспучивания покрытия при нанесении методом безвоздушного распыления в 1,35 раз выше, чем при ручном методе;
- в результате термического воздействия на образцах с ручным нанесением покрытия образовались вздутия; при механическом способе нагреваемая поверхность ровная. Данный факт возможно объясняется

наличием остаточного растворителя или воздуха между слоями состава. Несмотря на то, что целостность покрытия не была нарушена, предполагаем, что ужесточение режима нагрева (увеличение температуры и/или времени теплового воздействия), может привести к его отслоению.

В дальнейшем запланированы исследования влияния метода нанесения покрытия с увеличением температуры нагрева; с увеличением продолжительности нагрева; испытания образцов под нагрузкой. Кроме того, будет проведена отработка режимов ручного нанесения покрытия, в частности, определение влияния внешней температуры, времени высыхания отдельных слоев и других факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53295-2009 Огнезащита стальных конструкций. Общие требования. Методы определения эффективности огнезащиты; утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 февраля 2009 г. № 71-ст, с изменениями от 01.11.2014 г.

2. СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты; утвержден приказом МЧС России от 12.03.2020 № 151.

УДК 614.841

М. С. Макаров, В. Б. Бубнов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ И УМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СИСТЕМУ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассматриваются трансформационные процессы, происходящие в системе технического регулирования в области пожарной безопасности под влиянием цифровизации, внедрения «умных технологий», и возможности повышения эффективности контроля, стандартизации и сертификации за счет автоматизации процессов, а также выявляются ключевые риски и барьеры, связанные с внедрением инноваций.

Ключевые слова: цифровизация, техническое регулирование, пожарная безопасность, МЧС России, умные технологии, искусственный интеллект.

M. S. Makarov, V. B. Bubnov

IMPACT OF DIGITALIZATION AND SMART TECHNOLOGIES ON THE SYSTEM OF TECHNICAL REGULATION OF FIRE SAFETY

The article examines the transformational processes taking place in the system of technical regulation in the field of fire safety under the influence of digitalization, the introduction of "smart technologies," and the possibilities of increasing the efficiency of control, standardization and certification through automation of processes, as well as identifying key risks and barriers associated with the introduction of innovations.

Key words: digitalization, technical regulation, fire safety, EMERCOM of Russia, smart technologies, artificial intelligence.

Система технического регулирования в области пожарной безопасности, основанная на Федеральном законе № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», столкнулась с вызовами, обусловленными стремительным развитием цифровых технологий и появлением «умных» материалов, зданий и систем [1]. В условиях стремительного технологического прогресса традиционные подходы к обеспечению пожарной безопасности сталкиваются с необходимостью модернизации. Цифровизация и "умные технологии" представляют собой мощный драйвер изменений, способный кардинально преобразовать как практическую реализацию мер пожарной безопасности, так и саму систему технического регулирования, делая ее более гибкой, эффективной и ориентированной на предотвращение рисков. Цифровая трансформация, проводимая под эгидой МЧС России, открывает новые возможности для повышения прозрачности, точности и оперативности регулирования, но одновременно порождает правовые, технические и организационные риски.

Цифровизация проникает во все аспекты системы пожарной безопасности. Одним из ключевых направлений является перевод нормативно-правовой базы в цифровой формат, что может повысить доступность, прозрачность и оперативность ее применения. Внедрение инновационных решений направлено на обеспечение устойчивости инфраструктуры к крупным пожарам [4]. Цифровые технологии позволяют автоматизировать многие традиционные, ручные задачи, связанные с управлением пожарной безопасностью, такие как инспекции и ведение записей. Централизованные цифровые платформы для хранения всех записей по пожарной безопасности помогают оптимизировать процессы и минимизировать риск потери или повреждения документов. Это напрямую влияет на соблюдение требований технического регламента, упрощая отслеживание соответствия и техническое обслуживание.

"Умные технологии", прежде всего на базе Интернета вещей (далее IoT), играют все более значимую роль. Умные датчики и подключенные устройства обеспечивают мониторинг в реальном времени критически важных элементов,

таких как обнаружение дыма, уровни температуры и состояние оборудования [2]. Это позволяет осуществлять активное управление рисками, сокращать время реагирования и обеспечивать более эффективные действия при чрезвычайных ситуациях. Умные детекторы дыма способны отправлять оповещения в реальном времени на смартфоны и часто оснащены функцией обнаружения угарного газа. Искусственный интеллект (далее ИИ) внедряется в системы для автоматизации процессов, улучшения точности обнаружения пожаров и анализа данных. Одним из ключевых преимуществ ИИ является возможность раннего обнаружения пожаров путем анализа данных с камер и различных датчиков [5]. Алгоритмы ИИ также могут минимизировать количество ложных срабатываний сигнализации, анализируя паттерны. Технологии больших данных и ИИ могут автоматически собирать данные о бесперебойной работе и техническом обслуживании систем.

Несмотря на очевидные преимущества, цифровизация и внедрение "умных технологий" сопряжены со значительными вызовами. Главным из них является кибербезопасность. С ростом темпов цифровизации растут и риски в этой области [6]. Успешные кибератаки могут привести к тому, что системы пожарной безопасности не смогут в полной мере гарантировать безопасность жизни или вызовут недоверие к их эффективности. Киберугрозы ставят под угрозу способность пожарных служб оперативно реагировать и защищать сообщества. Уязвимости в автоматизированных системах управления технологическими процессами представляют собой серьезную опасность для промышленных объектов [3]. Кроме того, существует необходимость в адаптации действующего законодательства [1] к новым технологическим реалиям, а также в разработке стандартов и методик для оценки и сертификации новых цифровых решений.

Цифровизация и "умные технологии" оказывают глубокое и многоаспектное влияние на систему технического регулирования пожарной безопасности. Они трансформируют ее из системы, основанной преимущественно на активном контроле, в проактивную, основанную на данных и прогнозировании. Внедрение IoT, ИИ и цифровых платформ позволяет значительно повысить эффективность мониторинга, управления рисками и соблюдения нормативных требований. Однако для полной реализации этого потенциала необходимо решить сопутствующие проблемы, особенно в области кибербезопасности, и обеспечить гармоничную интеграцию новых технологий в существующую нормативно-правовую базу. Будущее системы технического регулирования пожарной безопасности видится в создании "умной", адаптивной и защищенной экосистемы, способной эффективно противостоять современным и будущим угрозам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (Дата обращения: 20.09.2025).
2. Бутко В.С., Зыков В.И. Беспроводной мониторинг обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений критически важных объектов // Пожары и ЧС. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/besprovodnoy-monitoring-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-zdaniy-i-sooruzheniy-kriticheski-vazhnyh-obektov> (Дата обращения: 20.09.2025).
3. Кибербезопасность, цифровые риски и угрозы в цифровой трансформации предприятий. URL: <https://www.all-over-ip.ru/blog/kiberbezopasnost-i-ugrozy-tsifrovym-predpriyatiyam> (Дата обращения: 20.09.2025).
4. Куликов С. В. ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ // Символ науки. 2024. №11-1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-v-oblasti-pozharnoy-bezopasnosti> (Дата обращения: 20.09.2025).
5. Роль искусственного интеллекта в системах пожарной безопасности - msc01. URL: <https://msc01.ru/blog/novosti/rol-iskusstvennogo-intellekta-v-sistemakh-pozharnoy-bezopasnosti/> (Дата обращения: 20.09.2025).
6. Цифровизация, ИИ и кибербезопасность: перспективы и вызовы в Стратегии 2025 - Информационные технологии, кибербезопасность, искусственный интеллект. URL: <https://newsletter.radensa.ru/archives/8316> (Дата обращения: 20.09.2025).

УДК 691.115

У. С. Макарова, Е. В. Зарубина, А. Л. Никифоров, Д. С. Репин, Т. В. Шмелева*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

*ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет

имени В. И. Ленина

К ВОПРОСУ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ОТДЕЛОЧНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Разработка технологии изготовления теплоизоляционного пожаробезопасного строительного материала из отходов **деревообрабатывающей**, сельскохозяйственной промышленности для отделки строительных конструкций.

Ключевые слова: строительный материал, экологичность, теплоизоляционный материал, пожаробезопасный материал.

*U. S. Makarova, E. V. Zarubina, A. L. Nikiforov, D. S. Repin, T. V. Shmeleva**

ON THE ISSUE OF METHODS FOR OBTAINING A NEW FINISHING BUILDING MATERIAL

Development of technology for manufacturing heat-insulating, fireproof building materials from waste from the woodworking and agricultural industries for finishing building structures.

Key words: building material, environmental friendliness, thermal insulation material, fireproof material.

Для получения материала с заданными характеристиками, подтвержденными результатами испытаний образцов, предлагается использовать слоеформирующее устройство [1], модифицированное с учетом оптимизации процесса подачи и распределения компонентов. В отличие от предшествующей конструкции [2], опилки, поступающие через щели 1а и 1б (см. рис. 1), не сталкиваются с сопротивлением, вызванным изгибом передней и задней стенок. Это достигается за счёт их перпендикулярного расположения относительно площадки формирования послойного настила, состоящего из слоев 1 и 3.

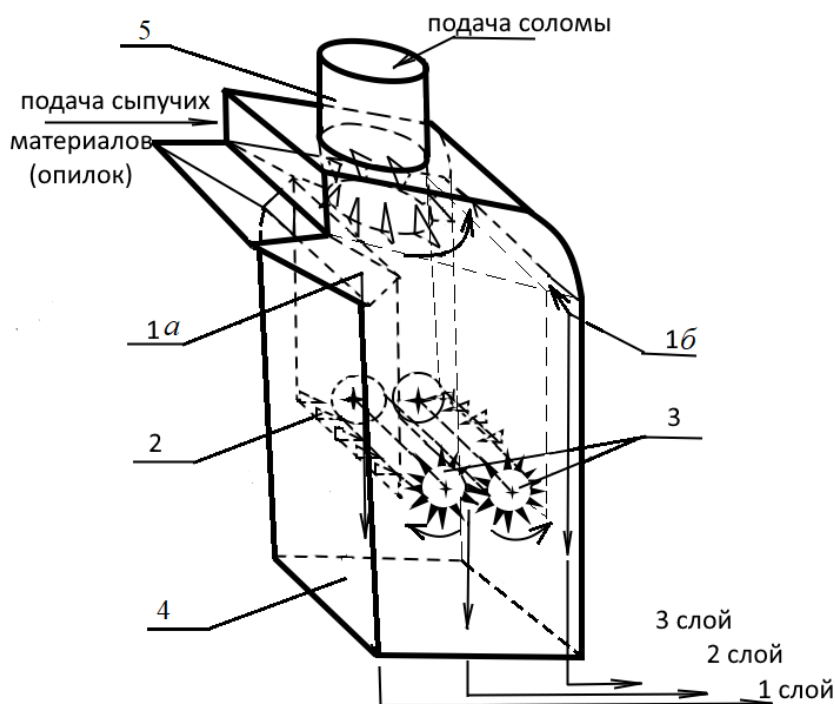


Рис. 1. Слоеформирующее устройство
1а, 1б - щели для сыпучего материала,
2 - неподвижные колки,
3 - рефлёрные валики,
4 - шахта бункера,
5 - подающий цилиндр

Зоны ввода смеси опилок и соломы (1а, 1б, 5) остаются идентичными оригинальному устройству [3]. Фракции подаются в систему отдельно: подготовленная солома вводится через подающий цилиндр 5, расположенный в верхней части устройства. Проходя через неподвижные колки 2 и рифленые валики 3, солома подвергается механической обработке, приобретая ломаную

форму. Это способствует формированию пустот в конечном материале, увеличивая его объемность и снижая теплопроводность. Одновременно с этим, смесь опилок поступает в установленные подающие элементы 1а и 1б (рис. 3) для формирования слоев в материале [3].

Вертикально ориентированные слои волокнисто-содержащей массы подвергаются уплотнению под действием собственного веса и прижимных валиков, сохраняя вертикальное положение до выхода из шахты бункера 4, как показано на рис. 2. Таким образом, предложенная модификация слоеформирующего устройства оптимизирует процесс послойного формирования материала, обеспечивая достижение требуемых характеристик и повышение эффективности производства.

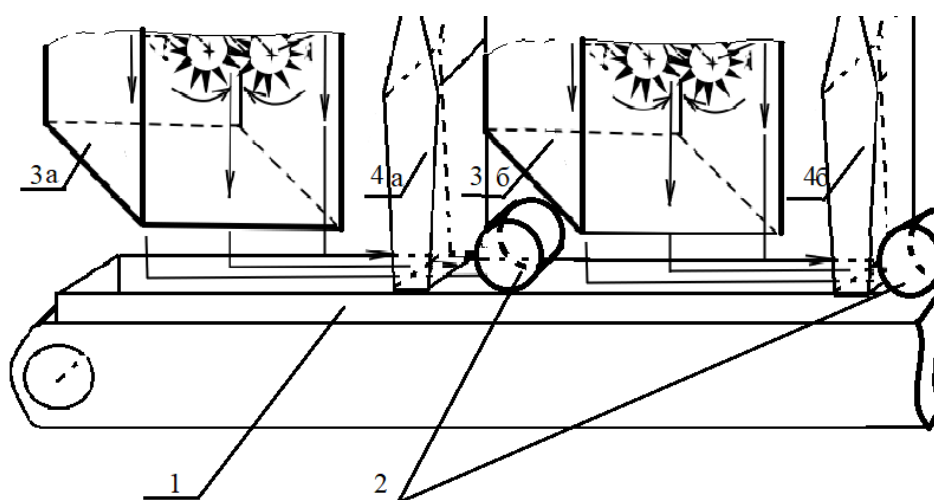


Рис. 2. Схема получения плитного материала

1 - транспортёр, 2 - уплотняющие валики, 3а, 3б - устройство слоеформирования, 4а, 4б - подающие устройства антипирена

Определение оптимального количества бункерных устройств представляет собой ключевую задачу, требующую тщательного анализа и учёта множества факторов, включая ввод массовой смеси в агрегаты для последующего формирования послойного настила и его пропитки. Данный процесс является неотъемлемой частью технологического цикла, направленного на обеспечение высокого качества и эффективности конечного продукта.

Следует отметить, что эффективность работы бункерных устройств напрямую влияет на равномерность распределения компонентов смеси и, как следствие, на качество формируемого настила. В условиях современных производственных требований, предъявляемых к технологическим процессам, необходимо стремиться к минимизации отклонений в составе и свойствах конечного продукта.

Таким образом, оптимизация количества бункерных устройств должна базироваться на комплексном подходе, включающем анализ физико-химических свойств вводимых компонентов, конструктивных особенностей агрегатов и параметров технологического процесса. Только при соблюдении этих условий можно достичь оптимального баланса между производительностью и качеством продукции, что является залогом успешной реализации производственного процесса.

Для выбранных материалов проектируется бункер с негидравлической формой истечения, что обеспечивает оптимальное распределение материала и минимизацию потерь при его выгрузке. Угол наклона стенок бункеров для материалов с фрикционными свойствами должен превышать угол естественного откоса сыпучего материала на 5—7°. В соответствии с технологическими требованиями, значения углов наклона стенок выбираются чуть меньшими, чем необходимо для полного опорожнения бункера.

Ширина выпускного отверстия, обеспечивающая надёжное истечение материала, определяется исходя из размера максимального количества сыпучего материала. Для этого используется следующая формула:

$$b_i \geq (3-5)\alpha_{\max}, \quad (1)$$

где b_i — минимальный размер выпускного отверстия (ширина); $\alpha_{\max}$ — размер максимального объёма материала.

Следует отметить, что величина $5\alpha_{\max}$ принимается при размере слоя до 100 мм, в то время как для слоёв большей толщины рекомендуется использовать значение $3\alpha_{\max}$.

Данный подход позволяет обеспечить эффективное управление процессом истечения материала, учитывая его физические свойства и технологические особенности.

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 Всероссийская науч.-практ. конф. «Надёжность 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 Всероссийская науч.-практ. конф. «Надёжность 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. Пат. на полезную модель 39602 РФ, МПК7 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; опубли. 10.08.2004, Бюл. №22.
5. 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.

6. 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.

УДК 614.841.4:351.863(470)

А. К. Маклецов¹, О. И. Рузанова²

¹ООО «Техно»

²Академия ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТА РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РФ

Произведен анализ проблем нормативно-правового обеспечения противопожарной защиты транспорта в РФ. Выявлены ключевые пробелы в законодательстве, препятствующие внедрению автоматических систем пожаротушения. Предложены пути решения проблемы через разработку межгосударственных стандартов.

Ключевые слова: нормативно-правовое обеспечение, транспорт, противопожарная защита, карьерная техника.

A. K. Makletsov, O. I. Ruzanova

PROBLEMS OF REGULATORY SUPPORT FOR FIRE PROTECTION OF VARIOUS TRANSPORT IN THE RUSSIAN FEDERATION

An analysis of the regulatory framework for transport fire safety in the Russian Federation was conducted. Key gaps in legislation hindering the implementation of automatic fire suppression systems were identified. Solutions to this problem through the development of interstate standards were proposed.

Keywords: regulatory framework, transport, fire protection, quarry equipment.

Проблема обеспечения пожарной безопасности наземного транспорта остается одной из наиболее острых и социально значимых в области противопожарной защиты. Ежегодно пожары на автотранспортных средствах причиняют колоссальный экономический ущерб, но, что гораздо более важно, приводят к человеческим жертвам, подрывая доверие к безопасности пассажирских и специальных перевозок (таблица). Статистические данные свидетельствуют об устойчивой тенденции к возникновению пожаров как на

гражданском, так и на специализированном транспорте, что указывает на системный характер проблемы.

Ключевой особенностью развития пожаров на транспорте является их стремительность и высокая интенсивность, обусловленные компактностью размещения горючих грузов (топливо, смазочные материалы, полимерные материалы салона, электрооборудование) в ограниченном пространстве. Традиционные средства противопожарной защиты, такие как ручные огнетушители, зачастую оказываются неэффективными в условиях быстроразвивающегося пожара, когда на эвакуацию людей и ликвидацию очага возгорания отводятся секунды. В этой связи единственным действенным способом защиты жизни людей и сохранения материальных ценностей является применение высокоэффективных автоматических установок пожаротушения (АУП), способных самостоятельно обнаружить и ликвидировать пожар на самой ранней стадии его развития.

*Таблица. Статистические показатели пожаров на автотранспорте в РФ
за период 2018-2023 гг. [1]*

Показатель	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Общее количество пожаров, ед.	45200	43800	42500	44900	43000	43880
в т.ч. на легковом транспорте, ед.	38400	37200	36100	38200	36600	37300
в т.ч. на грузовом транспорте, ед.	5900	5700	5500	5800	5500	5680
в т.ч. на автобусах, ед.	180	170	160	150	140	160
Прямой материальный ущерб, млрд руб.	13,5	14,2	12,8	15,1	14,5	14,02
Количество погибших, чел.	503	487	455	472	460	475
Количество пострадавших, чел.	1220	1180	1150	1190	1170	1182

Зарубежная статистика (рисунок) (на примере стран ЕС и США) демонстрирует схожие тенденции. Например, по данным Национальной ассоциации противопожарной защиты (NFPA) США, ежегодно пожарные подразделения реагируют в среднем на более чем 170 тысяч пожаров автомобилей, что приводит к сотням смертей, тысячам травм и ущербу в миллиарды долларов США.

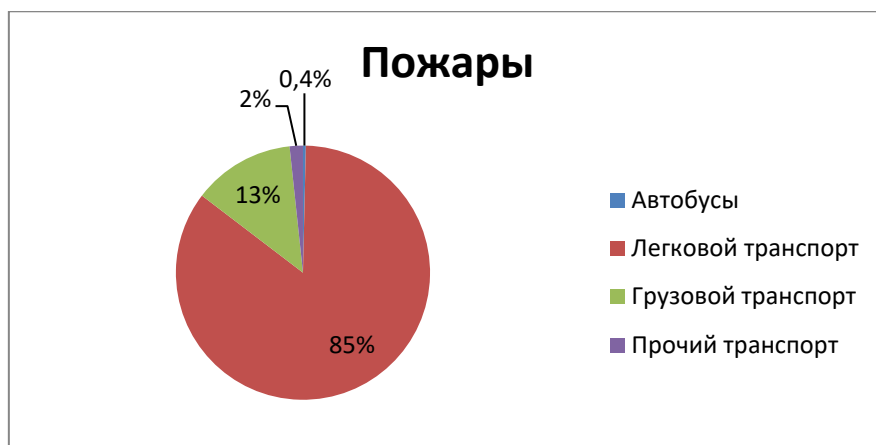


Рисунок. Распределение пожаров по видам транспорта (среднее за 2018-2022 гг.)
по данным зарубежной статистики

Структура пожаров по видам транспорта остается практически неизменной из года в год. Данная диаграмма наглядно демонстрирует, что основная проблема сосредоточена в сегменте легкового транспорта (85 %), однако именно пожары на пассажирском транспорте (автобусы) и спецтехнике, несмотря на их малую долю (0,4 %), имеют наибольший социальный резонанс и возможность к катастрофическим последствиям, что и обуславливает необходимость особого внимания к ним в данной публикации.

Следует отметить, что в Приложении № 6 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [2], в части дополнительных требований к специализированным и специальным транспортным средствам (с изменениями на 16 февраля 2018 года) в нижеприведенных пунктах изложены следующие требования:

1.15. Требования к транспортным средствам, предназначенным для перевозки денежных средств и ценных грузов.

1.15.17. Отсек двигателя транспортного средства должен быть оборудован установкой пожаротушения с дистанционным приводом включения с места водителя. Огнетушащие вещества, поступающие в отсек двигателя при работе установки пожаротушения, и продукты горения не должны попадать в обитаемое помещение. Для тушения отсеков бензиновых двигателей должны быть использованы установки пожаротушения, обеспечивающие взрывобезопасность при срабатывании в горючей парогазовой среде (пары бензина с воздухом).

1.15.18. Датчики пожарной сигнализации должны устанавливаться в местах наибольшей опасности возникновения пожара: в моторном отсеке; в местах сосредоточения приборов электрооборудования; в местах установки автономных отопителей.

Многолетний опыт реализации данных пунктов на специальных транспортных объектах выявил проблемы, связанные с их грамотной реализацией. Оказалось, что средства пожаротушения, которые

сертифицированы по стандартам, применительно к стационарным объектам, не подходят для условий противопожарной защиты транспортных средств с учетом наличия негерметичности, нагретых поверхностей, работающей вентиляции и прочих условий. Полностью отсутствуют подходы к проектированию подобных установок, отсутствует нормативная база по испытаниям и тестированию средств пожаротушения и автоматики для транспортных средств. В результате при юридическом наличии установки пожаротушения имелись многочисленные случаи потери техники, включая перевозимые ценности.

Гораздо масштабнее в России и странах Таможенного Союза по возможным последствиям может выглядеть проблема противопожарной защиты пассажирского транспорта (автобусы).

Требование к защите пассажирского транспорта (автобусы)

20 марта 1958 года в Женеве, под эгидой ЕЭК ООН, было заключено «Соглашение о принятии единообразных условий официального утверждения и о взаимном признании официального утверждения предметов оборудования и частей механических транспортных средств и прицепов» (Женевское Соглашение 1958 г.). В дальнейшем, к этому соглашению был принят ряд поправок и добавлений.

Так 18.07.2016 году к данному соглашению было принято Добавление 106: Правила № 107 ООН «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категории М2 и М3 в отношении их общей конструкции».

Требования данного документа, в части пожарной безопасности автобусов (транспортных средств категории М2 и М3) на национальном уровне были приняты некоторыми странами альянса БРИКС и Европейскими странами, например:

- Китайской Народной Республикой GB 34655-2017 «Технические условия на размещение средств пожаротушения в автобусе». Введен в действие с 01.01.2018 [3];

- Республикой Индия AIS-135 «Стандарт автомобильной промышленности. Система обнаружения пожара и сигнализации (FDA) и обнаружения пожара и системы пожаротушения (FDSS) для автобусов. Требования». Введен в октябре 2016 г [4];

- Шведский институт технических исследований SPCR 183 Правила сертификации в отношении: Системы пожаротушения в моторных отсеках городских и междугородных автобусах, 07-12-2012 [5].

Женевское Соглашение 1958 г. подразумевает, что Правила ООН принимаются всеми странами путем ввода требований Правил в национальные стандарты. Для России – это Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств».

В 2018 году вступило в силу Добавление 106: Правила № 107 ООН. В добавлении приведены требования к транспортным средствам категории М2 и М3 (автобусы для перевозки пассажиров), касаемо их оснащения автоматическими установками пожаротушения.

Следует указать, что в документе «Добавление 106: Правила № 107 Пересмотр 6 – Поправка 3 Дополнение 4 к поправкам серии 06, единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категории М₂ или М₃ в отношении их общей конструкции» прописаны методы огневых испытаний, в том или ином виде представленные в национальных стандартах, приведенных выше.

Для получения разъяснений о состоянии вопроса по выполнению требований Правил № 107 ООН, процедуре подтверждения соответствия данным требованиям, а также в связи с поступлением запросов от производителей автобусов по этим же вопросам, компанией был направлен запрос в ФГУП НАМИ – председателю ТК 056 «Дорожный транспорт», в ведении которой находятся данные вопросы. ФГУП НАМИ подготовило проект изменений № 3 и разослало этот проект заводам изготовителям автобусов и на согласование странам ЕАЭС. Методика проведения испытаний системы пожаротушения изложена в Приложении к Правилам 107 (R 107).

Однако аккредитованный орган по сертификации и испытательная лаборатория, которая может провести подобные испытания и выдать официальный документ, признаваемый ТР ТС 018, у нас в стране отсутствует и в правовом аспекте данная задача не решена. То есть закон принят, а подзаконных актов, позволяющих его выполнить, нет.

Противопожарная защита автомобилей по перевозке горючих жидкостей и газов

С июля 2023 года вступила в силу новая редакция «Соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов» (ДОПОГ-2023). Этим Соглашением, в том числе, установлены дополнительные требования по оснащению некоторых типов транспортных средств системами пожаротушения, а именно: перевозящим сжиженные и сжатые воспламеняющиеся газы и легковоспламеняющиеся жидкости (п. 9.7.9); в отсеках которых расположен двигатель внутреннего сгорания, приводящий транспортное средство в движение (п. 9.7.9.1).

Стоит указать, что, если в добавлении 106-Правила № 107 ООН приведены требования к функционалу и тестированию установок пожаротушения для автобусов, то в ДОПОГ-2023 такие требования полностью отсутствуют, хотя степень риска пожара и его последствий на данном виде транспорта не ниже, а в определенных условиях и выше по сравнению с автобусами.

В частности, отсутствует какое-либо упоминание:

- о наличии самодиагностики системы пожаротушения;
- о необходимости или отсутствии возможности выдачи сигнала о пожаре, в службы спасения МЧС;
- о методах испытаний автоматических средств пожаротушения для автотранспортных средств, перевозящих различные типы опасных грузов;
- о необходимости наличия сертификатов соответствия на системы пожаротушения и/или их компоненты.

Отсутствие прямых требований к системам автоматического пожаротушения в текстах ДОПОГ, отсутствие критериев проверки у сотрудников ГИБДД РФ при постановке автомобилей ДОПОГ на учет, снижает значимость документов и не устраняет пожарную опасность по перевозкам опасных грузов ввиду бесконтрольного применения в настоящее время, низкоэффективных средств тушения, выдаваемых за полноценные автоматические системы тушения пожаров.

В этом вопросе проблемы реализации требований ТР /ТС 018, как в отношении пассажирского транспорта, так и ДОПОГ имеют одинаковый характер и показывают серьезную межведомственную несогласованность, отсутствие комплексного подхода в данном вопросе.

Противопожарная защита карьерной техники. Пути решения проблемы нормирования и выполнения требований Правил № 107 ООН и ДОПОГ.

Стоит отметить, что в России был разработан проект межгосударственного стандарта ГОСТ «Установки пожаротушения автоматические для транспортных средств. Общие технические требования. Методы испытаний», который по предложению ТК 056, должен распространяться только на карьерную технику для исключения пересечения с требованиями 106-Правила № 107 ООН и ДОПОГ. После завершения всех нормативных процедур, связанных с межгосударственным голосованием, данный вид средств обеспечения пожарной безопасности планируется включить в перечень средств обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения согласно требований ТР ТС 043, с дальнейшей сертификацией данной продукции. В качестве методов тестирования установок пожаротушения, при написании данного стандарта, были частично взяты за основу методы тестирования, приведенные в добавлении 106-Правила № 107 ООН, что позволяет рассматривать данный ГОСТ в качестве базового, в том числе и для решения задач в рамках добавления 106-Правил № 107 ООН и требований ДОПОГ.

Если рассматривать проект данного ГОСТа, как базовый, то появляется возможность использовать опыт некоторых стран БРИКС (Китай, Индия), создав Межгосударственный Стандарт, что позволит решить техническую задачу по созданию и тестированию средств пожаротушения. Так, в будущем,

возможно начать процедуру взаимного признания данных стандартов в рамках БРИКС, так как в их основе лежат требования Правил № 107 ООН.

Если выбрать данный подход, потребуется некоторая доработка стандарта, с расширением областей его применения, что позволит создать в виде ГОСТа подзаконные акты для решения проблем реализации требований 106-Правил № 107 ООН и ДОПОГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: информ.- аналитич. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. 110 с.
2. ТР ТС 018/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» [Электронный ресурс] : Доступ из справ. - правовой системы «КонсультантПлюс».
3. GB 34655-2017 «Технические условия на размещение средств пожаротушения в автобусе» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GB34655-2017> (дата обращения: 07.10.2025).
4. AIS-135 «Стандарт автомобильной промышленности. Система обнаружения пожара и сигнализации (FDA) и обнаружения пожара и системы пожаротушения (FDSS) для автобусов. Требования» [Электронный ресурс]. URL: https://hmr.araiindia.com/api/AISFiles/AIS_135_F_5df3220e-d4c9-49e9-a802-d93d1bec861f.pdf (дата обращения: 07.10.2025).
5. SPCR 183. SP's Certification rules regarding. Fire suppression systems in engine compartments of buses and coaches, 2018 edition. 26 p.

УДК 614.842.62

В. А. Максимкин, В. Я. Гладченко, А. Н. Григорьев

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ ЛАФЕТНЫХ СТВОЛОВ ЛИЧНЫМ СОСТАВОМ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ОБВАЛОВАНИЕ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ

В данной статье предложены рекомендации по креплению лафетных стволов (далее – ЛС) личным составом пожарно-спасательных подразделений на обвалование в резервуарных парках с целью минимизации времени нахождения личного состава в опасной зоне.

Ключевые слова: лафетные стволы, тушение пожаров, резервуарные парки.

V. A. Maksimkin, V. Ya. Gladchenko, A. N. Grigoryev

THE TECHNOLOGY OF FASTENING OF MONITORS BY PERSONNEL OF FIRE AND RESCUE UNITS FOR COLLAPSING IN TANK FARMS

This article offers recommendations for the monitors to the individual composition of fire-rescue units for dumping in tank parks in order to minimize the time spent by personnel in a dangerous area.

Keywords: monitors, fire fighting, tank farms.

В настоящее время подразделения пожарной охраны, кроме неустойчивых и требующих нахождения ствольщика на позиции переносных лафетных стволов (тип ПЛС-20 и т.п.), комплектуются еще и переносными ЛС с откидными ножками, оборудованные шипами, которые обеспечивают устойчивость не только на земляной, но и на твердой поверхности (бетон, асфальт). Данные шипы в совокупности с низким центром тяжести за счет изгибающегося трубопровода ЛС обеспечивают продольную и поперечную устойчивость при нагрузках, возникающих от силы реакции струи, и не требуют нахождения ствольщика возле ЛС. Кроме этого, некоторые российские и зарубежные производители оборудуют переносные ЛС складными и эргономичными страховочными ремнями, которые можно закрепить за неподвижный объект для предотвращения скольжения при его работе. С учетом потенциального использования переносного ЛС на обваловании, где отсутствуют какие-либо конструкции, возможно крепление данных ремней за углубленный (воткнутый), к примеру, в земляное обвалование, шанцевый инструмент (лом, багор и т.п.) [1-3].

Также с учетом необходимости обеспечения работы ЛС по зоне интенсивного горения или охлаждения стенки резервуаров с минимизацией времени нахождения личного состава в опасной зоне, то возможно применять переносные ЛС с технологией осциллирования. ЛС с осцилляторами обеспечивают автоматическое перемещение ствола по заданному сектору без участия человека, за счет раскручивания потоком огнетушащих веществ, встроенной в осциллятор турбины [4].

Современные производители переносных ЛС с осцилляторами обеспечивают подачу огнетушащих веществ по сектору с углами от 30 до 170 градусов с расходами огнетушащих веществ от 10 до 100 л/с.

Нормальная работа лафетных стволов с учетом равномерного охлаждения резервуара по всей высоте, при длине рукавной линии не менее 100 метров достигается при выполнении следующих условий [5,6]:

1) По расходным (техническим) характеристикам насосной установки пожарного автомобиля (ПА):

$$Q_{\text{н}}^{\text{тр}} < Q_{\text{н}}^{\text{max}}$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{тр}} < Q_{\text{пг}};$$

где Q_H^{max} – максимально возможная подача насоса, в пожарно-тактических расчётах принимают равной 90 % от производительности пожарного насоса; $Q_{гг}$ – водоотдача пожарного гидранта, л/с; $Q_H^{тр}$ – требуемая по схеме подача насоса, л/с, определяется по формуле 1:

$$Q_H^{тр} = \sum q_{ствi}, \quad (1)$$

где $q_{ствi}$ – расход с i -го ствола по схеме развёртывания, л/с; n – число стволов, работающих от данного насоса.

2) По характеристикам используемых рукавных линий:

$$Q_{м.л.} < Q_p^{max};$$

где Q_p^{max} – условная пропускная способность пожарного напорного рукава, л/с; $Q_{м.л.}$ – расход огнетушащего вещества по магистральной линии, л/с, определяется по формуле 2:

$$Q_{м.л.} = \sum q_{ствi}, \quad (2)$$

где m – число стволов, работающих на данной магистральной линии.

3) По напорным характеристикам насосной установки:

$$H_H^{тр} \leq H_H^{max}$$

где: H_H^{max} – принимается максимальный напор по манометру насоса (при заборе воды из водоёма H_H^{max} принимается с коэффициентом 0,90 (90 % от возможностей подачи исходя из тактико-технических характеристик насоса); $H_H^{тр} = N_p \cdot S_{м.л.} \cdot Q_{м.л.}^2 + \Delta H_{разв} + n_p \cdot S_p \cdot q_{ств}^2 + H_{ств} \pm Z_{ств}$ – требуемый по схеме напор на насосной установке, м; $N_p = \frac{k \cdot L}{l_p}$ – число рукавов в магистральной линии; L – расстояние от водоисточника до места пожара, м; l_p – длина одного рукава ($l_p = 20$ м); k – коэффициент, учитывающий неровности местности и прокладки рукавных линий, $k = 1, 2$; S_p и $S_{м.л.}$ – сопротивление одного рукава рабочей или магистральной линии соответственно; $\Delta H_{разв}$ – потери напора на разветвлении, 3÷5 м; n_p – количество рукавов в наиболее нагруженной рабочей линии при её длине до – 3-х рукавов, и подаче по рабочим рукавным линиям соответствующих расходов; $H_{ств}$ – напор на стволе требуемый для подачи огнетушащего вещества, м; $Z_{ств}$ – перепад высот между нулевой отметкой объекта и позицией ствольщика пожара, м.

Для обеспечения подачи огнетушащих средств рекомендуются следующие насосно-рукавные схемы:



Рис. 1. Автоцистерна с подачей насоса 40-70 л/с

Таблица 1. Параметры подачи воды для охлаждения резервуаров с помощью автоцистерны с подачей насоса 40-70 л/с

№ п/п	Н _н , м.в.ст.	q _{ств} , л/с	Q, л/с	Н _{ств} , м.в.ст.	N _р , шт	L, м
1	90	15	7,5	60	35	583
2	90	20	10	60	20	333
3	90	25	12,5	60	12	200
4	90	30	15	60	8	133
5	90	35	17,5	60	6	100

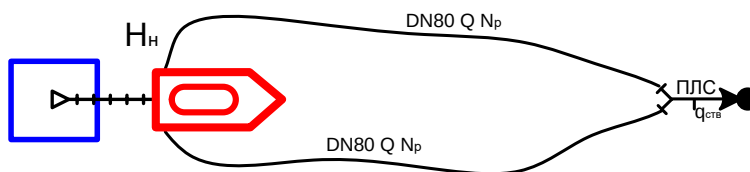


Рис. 2. Автоцистерна с подачей насоса 100 л/с (вариант 1)

Таблица 2. Параметры подачи воды для охлаждения резервуаров с помощью автоцистерны с подачей насоса 100 л/с(вариант 1)

№ п/п	Н _н , м.в.ст.	q _{ств} , л/с	Q, л/с	Н _{ств} , м.в.ст.	N _р , шт	L, м
1	90	15	7,5	60	35	583
2	90	20	10	60	20	333
3	90	25	12,5	60	12	200
4	90	30	15	60	8	133
5	90	35	17,5	60	6	100

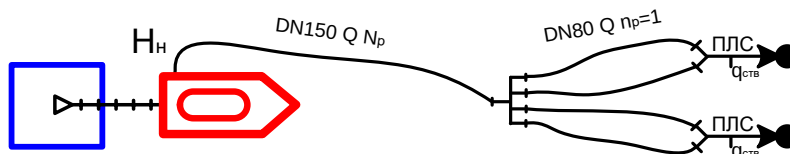


Рис. 3. Автоцистерна с подачей насоса 100 л/с (вариант 2)

**Таблица 3. Параметры подачи воды для охлаждения резервуаров
с помощью автоцистерны с подачей насоса 100 л/с (вариант 2)**

№ п/п	Н _н , м.в.ст.	q _{ств} , л/с	Q, л/с	Н _{ст} , м.в.ст.	Н _р , м.в.ст.	N _р , шт	L, м
1	90	15	30	60	5,8	58	967
2	90	20	40	60	6,5	31	517
3	90	25	50	60	7,3	19	317
4	90	30	60	60	8,4	13	217
5	90	35	70	60	9,6	9	150
6	90	40	80	60	11,0	6	100

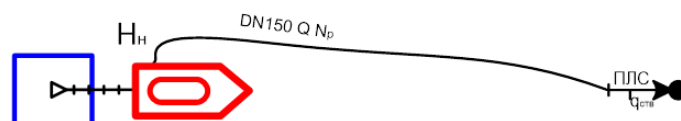


Рис. 3. Автоцистерна с подачей насоса 100 л/с (вариант 3)

**Таблица 3. Параметры подачи воды для охлаждения резервуаров
с помощью автоцистерны с подачей насоса 100 л/с (вариант 3)**

№ п/п	Н _н , м.в.ст.	q _{ств} , л/с	Q, л/с	Н _{ств} , м.в.ст.	N _р , шт	L, м
1	90	15	15	60	289	4817
2	90	20	20	60	163	2717
3	90	25	25	60	104	1733
4	90	30	30	60	72	1200
5	90	35	35	60	53	883
6	90	40	40	60	40	667
7	90	45	45	60	32	533
8	90	50	50	60	26	433
9	90	55	55	60	21	350
10	90	60	60	60	18	300
11	90	65	65	60	15	250
12	90	70	70	60	13	217
13	90	75	75	60	11	183
14	90	80	80	60	10	167
15	90	85	85	60	9	150
16	90	90	90	60	8	133
17	90	95	95	60	7	117
18	90	100	100	60	6	100

Таким образом, на основе методики определения нормальной работы лафетных стволов с учетом равномерного охлаждения резервуара по всей высоте были получены данные насосно-рукавных систем подачи воды для охлаждения резервуаров и соответствующие параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин А. В., Кузовлев А. В. Особенности тушения нефти и нефтепродуктов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. № 9. Стр. 662-664.
2. Керимов У.А., Смирнов В.А., Захаров Д.Ю., Волков О.Г., Бочкарев А.Н. Оценка эффективности тушения пожаров в резервуарных парках с помощью стационарных робототехнических комплексов // Современные проблемы гражданской защиты. 2017. № 2 (23), стр. 59-62.
3. Демёхин Ф. В., Таранцев А. А., Белов Д. И. О проблеме тушения пожаров в резервуарах с кольцевой защитной стенкой // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2013. № 2, стр.68-75.
4. Керимов У.А. Анализ влияния охлаждения стенок резервуаров струями воды на процесс горения и тушения легковоспламеняющихся жидкостей при низких температурах окружающей среды // Проблемы науки. 2017. № 2 (15), стр. 34-38.
5. Ольховский И.А., Иощенко Д.А., Гладченко В.Я., Орлов С.Д., Меженев В.А. Основные параметры струй ствольной техники, обеспечивающие огнетушащую эффективность подачи огнетушащих веществ // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2025. – № 1. – стр. 48-57.
6. Меженев В.А., Ольховский И.А., Лебедев А.Н., Щетнёв К.П. Баллистика струй из универсальных насадков ствольной пожарной техники // Пожары и ЧС. 2021. № 3, стр.37-41.

УДК 667.637.2:514.18

Р. Р. Маликова, Э. В. Нафикова

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ

В статье рассматриваются перспективы применения фрактальной геометрии для оценки эффективности огнезащитных составов. Предложен новый подход, основанный на определении величины фрактальной размерности микроструктуры пор среза терморасширяющегося слоя, полученного при вспучивании огнезащитных покрытий.

Ключевые слова: фрактальная геометрия, огнезащитные составы, оценка эффективности, микроструктура материалов, термическое поведение, математическое моделирование, пожарная безопасность.

R. R. Malikova, E. V. Nafikova

PERSPECTIVES OF USING FRACTAL GEOMETRY IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF FIRE-RESISTANT COMPOSITIONS

The article discusses the prospects of using fractal geometry to assess the effectiveness of fire-retardant compositions. A new approach is proposed based on determining the fractal dimension of the microstructure of the pores in the thermally expanding layer obtained during the expansion of fire-retardant coatings.

Keywords: fractal geometry, fire-retardant compositions, efficiency assessment, microstructure of materials, thermal behavior, mathematical modeling, and fire safety.

В современных условиях важность обеспечения пожарной безопасности в различных отраслях промышленности и строительстве становится всё более актуальной. Применение огнезащитных составов является одним из ключевых методов защиты материалов от возгораний и распространения огня [1, 2]. Эффективность этих составов зависит от множества факторов, включая их химический состав, физические свойства и условия эксплуатации.

Для промышленных и стратегических объектов, выполненных из металлических конструкций, сохранение конструктивной целостности при пожаре является критически важным. Требования к пожарной безопасности таких объектов направлены на обеспечение достаточного времени для эвакуации персонала и предотвращения обрушения конструкций. Эффективность огнезащитных составов, используемых для защиты металлических конструкций, играет ключевую роль в достижении этих целей. Анализ пожарных рисков и разработка стратегий защиты металлических конструкций на опасных производственных объектах являются критически важными для обеспечения их устойчивого и безопасного функционирования [3, 4].

Существующие методы оценки эффективности огнезащитных материалов часто базируются на традиционных подходах, таких как анализ термостойкости, огнезащитные испытания и скоростные испытания [3]. Однако, несмотря на это, многие из этих методов не учитывают сложные физико-химические взаимодействия, происходящие на микро- и наномасштабах, что ограничивает их предсказательную точность. В результате возникает необходимость в поиске более адекватных и современных методов анализа, способных учесть эти нюансы. В этой связи фрактальная геометрия начинает привлекать внимание исследователей как многообещающий подход.

Фрактальная геометрия, изучающая сложные структуры, которые масштабируются и являются самоподобными, предлагает новый взгляд на анализ огнезащитных составов. Она позволяет оценить не только макроскопические характеристики, но и устойчивость микроскопической структуры материалов, что способствует более точному пониманию их поведения при воздействии высоких температур. Это может привести к созданию более эффективных и надежных огнезащитных материалов.

Так, использование фрактальных размерностей микроструктуры пор среза терморасширяющегося слоя помогает разработать количественные характеристики для оценки огнезащитных составов, что значительно повышает уровень их тестирования и внесет ясность в понимание механизмов их действия.

Кроме того, применение фрактальной геометрии в данной области открывает перспективы для оптимизации существующих композиций огнезащитных элементов, а также для разработки новых материалов с улучшенными свойствами.

В работе [5] проведен фрактальный анализ структуры порового пространства образцов горных пород на основе трехмерных изображений, полученных с помощью рентгеновской микротомографии. Показано, что внутренняя поверхность пор имеет фрактальную геометрию. Полученные значения фрактальной размерности, мультифрактальные спектры и другие структурно-геометрические параметры характеризуют сложность и неоднородность порового пространства.

Эффективность огнезащитных покрытий напрямую зависит от устойчивости и однородности пористой структуры термического слоя, образующегося при вспучивании. Неравномерное распределение пор и разрушение структуры снижают теплоизоляционные свойства и ускоряют прогрев защищаемой конструкции. Следовательно, разработка методов контроля и оптимизации пористой структуры вспучивающихся покрытий является актуальной задачей для повышения их надежности и долговечности в условиях пожара.

Подготовка образцов металла для анализа включает подготовку металлических пластинок, обработанных огнезащитными составами. Каждая поверхность подвергается обработке согласно инструкциям производителя, что включает несколько слоев нанесения составов для достижения необходимой толщины и равномерности покрытия.

После нанесения покрытия образцы оставляются на отверждение в соответствии с рекомендациями, что позволяет минимизировать влияние времени на их характеристики. Затем подвергаются воздействию агрессивных сред или искусственному старению.

Использование данного метода подготовки образцов обеспечивает достоверность полученных результатов и позволяет комплексно оценить эффективность огнезащитных составов в условиях лабораторных испытаний [6].

Далее образцы подвергаются оценке после термического воздействия. Определение ключевых фрактальных параметров включает определение величины фрактальной размерности микроструктуры пор среза терморасширяющегося слоя (рисунок).

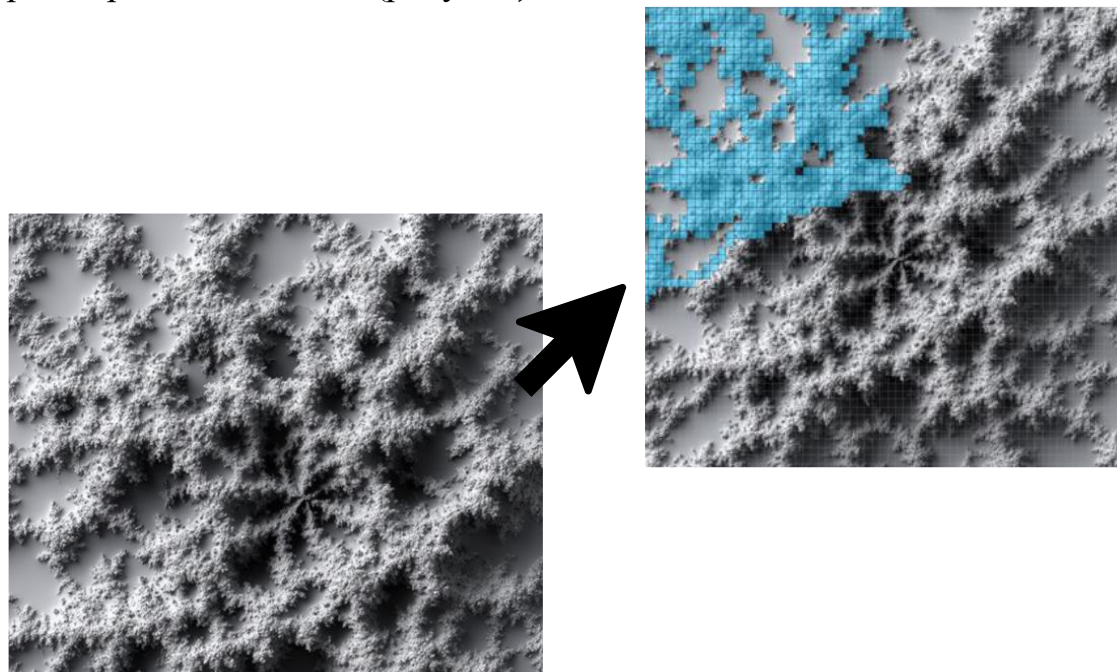


Рисунок. Определение фрактальной размерности методом box-counting пористой микроструктура вспученного пенококса интумесцентной огнезащитной краски на водной основе

Изучение структуры пенококса огнезащитных вспучивающихся (интумесцентных) красок важно, так как помогает понять механизм действия факторов, влияющих на структуру и свойства пенококса. Пенококк — пористая углеводородная субстанция с низкой теплопроводностью, поры в которой формируются за счёт фиксации в углеводородном скелете газов, выделяющихся в процессе разложения материала.

Фрактальная размерность позволяет количественно оценить сложность и самоподобие структуры, в то время как характеристики поверхности помогают оценить микроструктурные аспекты, которые могут влиять на огнестойкость. Для этого применялись методы, основанные на анализе изображений, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) и других высокоточных методов визуализации.

Для анализа изображений использовалось специализированное программное обеспечение, такое как ImageJ и MATLAB, которые обеспечивают необходимые функции для обработки и анализа сигналов. В ImageJ

реализуются методики, позволяющие автоматически вычислять фрактальную размерность с использованием алгоритмов, таких как метод box-counting, что позволяет существенно ускорить процесс обработки больших объёмов данных [7]. Кроме того, MATLAB используется для выполнения более сложных математических вычислений и визуализации полученных результатов, а также для обработки экспериментальных данных с минимальными потерями информации.

После обработки данных вычислялась фрактальная размерность путем анализа изменения количества покрывающих коробок в зависимости от их размера (метод box-counting). Этот метод позволил выявить взаимосвязь между фрактальной размерностью и физико-химическими свойствами исследуемых огнезащитных составов. На основе полученных данных проводился комплексный анализ, который сопоставлялся с показателями огнестойкости различных образцов, что дало возможность оценить связь между структурными характеристиками и защитными свойствами.

Возможность выявлять зависимости между фрактальными параметрами и показателями огнезащиты может стать основой для разработки новых, более эффективных огнезащитных материалов. В дальнейшем, перспективным является рассмотреть возможности комбинированного применения фрактальной геометрии с другими современными подходами, такими как машинное обучение и искусственный интеллект, для оптимизации процессов разработки и тестирования огнезащитных составов. Программные средства, применяемые для анализа фрактальных характеристик, могут быть доработаны и интегрированы с алгоритмами машинного обучения, позволяющими в реальном времени прогнозировать поведение материалов в различных условиях эксплуатации.

Таким образом, фрактальная геометрия становится не просто инструментом анализа, а важным элементом в нарастающем тренде к интеграции междисциплинарных методов в исследования области огнезащиты, что способствует созданию более безопасной и эффективной среды для строительства и эксплуатации различных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Elizaryev, D. Tarakanov, S. Aksenov. Influence of seasonal changes in climatic conditions on losses at oil tanks filling (on example of the Republic of Bashkortostan) // EDP Scinces – 2020 – P. 12021.
2. Д.А. Тараканов, Д.А. Тараканов, А. Н. Елизарьев, П.А. Михайлов. Анализ аварий на объектах нефтепереработки и нефтепродуктообеспечения // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций – 2018 – Т.1 – С. 637-640.
3. Маликова, Р. Р. Проектирование системы получения новых материалов для защиты металлических конструкций // Мавлютовские чтения: Материалы XVIII Всероссийской молодёжной научной конференции. В 9-ти томах, Уфа,

25–29 ноября 2024 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 77-80.

4. Давлетов Р.Р. Анализ функционирования объекта по производству сжиженного природного газа с точки зрения экологической и пожарной опасности / Инженерная физика – 2024 – № 6 – С. 22-30.

5. Хлюпин А.Н., Динариев О.Ю. Фрактальный анализ трехмерной микроструктуры пористых материалов // Журнал технической физики, 2015, том 85, вып. С. 339-357.

6. Соколов И.М. Размерности и другие геометрические критические экспоненты в теории протекания // Успехи физических наук .1986. № 150. С. 221-255.

7. Смирнов Б.М. Фрактальные кластеры // Успехи физических наук. 1986. №149(2). С. 177-219.

УДК 681.3

Р. Р. Маликова, Э. В. Нафикова

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

ЦИФРОВАЯ ХИМИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ

Представлен обзор современных тенденций в разработке огнезащитных составов с использованием методов цифровой химии. Проанализированы возможности и ограничения применения компьютерного моделирования и машинного обучения для прогнозирования свойств и оптимизации составов.

Ключевые слова: цифровая химия, огнезащитные составы, моделирование эффективности огнезащиты, термическое поведение, математическое моделирование, пожарная безопасность.

R. R. Malikova, E. V. Nafikova

DIGITAL CHEMISTRY IN THE DEVELOPMENT OF FIRE-RESISTANT COMPOSITIONS

An overview of current trends in the development of fire retardant compositions using digital chemistry methods is presented. The possibilities and limitations of using computer modeling and machine learning for predicting properties and optimizing compositions are analyzed.

Keywords: digital chemistry, fire-retardant compositions, fire-retardant effectiveness modeling, thermal behavior, mathematical modeling, fire safety.

Разработка новых огнезащитных составов – сложный и многоэтапный процесс, требующий оптимизации множества параметров, влияющих на эффективность, долговечность и экологическую безопасность материала. Экспериментальный скрининг большого числа потенциальных компонентов и составов требует значительных временных и материальных ресурсов [1]. В связи с этим, всё большее внимание уделяется применению методов цифровой химии, которые позволяют моделировать свойства материалов и прогнозировать их поведение в условиях пожара, сокращая объем необходимых экспериментальных исследований.

Новые вызовы, связанные с устойчивым развитием и декарбонизацией, требуют переосмысления подходов к разработке огнезащитных составов. Необходимо не только обеспечивать высокую огнезащитную эффективность, но и учитывать экологическую безопасность и углеродный след материалов [2].

Цифровая химия может сыграть ключевую роль в решении этой задачи, позволяя моделировать и оптимизировать составы с учетом этих новых критериев, минимизируя необходимость в дорогостоящих и неэкологичных экспериментальных исследованиях.

Огнезащитные материалы играют важную роль в защите строений и инфраструктуры от воздействия огня, а также в предотвращении распространения огня на другие объекты. Однако, традиционные методы разработки огнезащитных составов и материалов уже не всегда позволяют оперативно и эффективно реагировать на новые вызовы, которые ставит современная архитектура и строительство. В этом контексте использование цифровых технологий, таких как компьютерное моделирование и машинное обучение, становится все более актуальным и необходимым инструментом в области химической науки и материаловедения [3, 4].

Цифровая химия предлагает новые подходы к исследованию и разработке огнезащитных составов, позволяя ускорить процесс создания инновационных и эффективных материалов. Использование вычислительных методов позволяет синтезировать и оптимизировать составы с заданными характеристиками без необходимости проведения дорогостоящих и трудоемких лабораторных экспериментов на ранних этапах разработки [5, 6].

В условиях возрастающих требований к пожарной безопасности, разработка эффективных огнезащитных материалов становится приоритетной задачей. Цифровое моделирование выступает в качестве мощного инструмента, позволяющего не только исследовать фундаментальные физико-химические свойства различных соединений, но и прогнозировать их поведение в условиях экстремальных температур, характерных для пожаров. Использование методов компьютерного моделирования, таких как молекулярная динамика (MD), охватывает весь процесс создания новых огнезащитных составов, начиная с этапа первичного проектирования и заканчивая окончательной валидацией готового продукта.

MD-моделирование позволяет детально изучить динамику взаимодействия молекул друг с другом, а также их изменения под воздействием различных внешних факторов, таких как температура, давление и радиационное воздействие. Например, при создании антипиренов на основе фосфатов аммония, MD-моделирование может помочь предсказать влияние конкретных модификаций на термостойкость полимерной матрицы и скорость образования защитного коксового слоя [7].

Другим подходом в цифровом моделировании является использование методов машинного обучения для оптимизации химических составов. Этот метод основан на анализе больших объемов данных, собранных из ранее проведенных исследований, и позволяет выявлять закономерности, которые трудно обнаружить классическими методами. К примеру, использование нейронных сетей может помочь в автоматизированном поиске оптимальных рецептур огнезащитных материалов, что позволяет существенно сократить время на разработку и тестирование новых соединений [8].

Одним из ключевых преимуществ машинного обучения является возможность точного прогнозирования влияния различных компонентов и их комбинаций на огнезащитные свойства конечного продукта. Регрессионные модели, обученные на обширных базах данных, содержащих информацию о составе, физико-химических свойствах и результатах огневых испытаний, позволяют предсказывать термостойкость, скорость распространения пламени и даже токсичность продуктов горения.

Для обучения нейронной сети необходим набор данных, содержащий информацию о составах огнезащитных красок и их соответствующих огнезащитных свойствах. Источники данных, адаптируемые для обучения нейросетей при корректировке химических составов представлены на рисунке.

Современные алгоритмы и программные решения позволяют проводить симуляции с высокой степенью точности, что значит, что исследователи могут быстрее переходить от концепции к созданию образцов, снижая время на каждую стадию разработки. Необходимо отметить, что применение цифровых технологий дает возможность исследовать гораздо большее количество формул одновременно, что недоступно при классических методах, ограниченных ресурсами и временными рамками.

Развитие вычислительных мощностей и расширение доступа к защищенным базам данных, аккумулирующим информацию о физико-химических свойствах материалов и результатах испытаний, создают благоприятную почву для обучения более точных моделей и совершенствования алгоритмов машинного обучения. Интеграция прогностических моделей с лабораторными данными открывает путь к созданию адаптивных систем, способных автоматически оптимизировать составы огнезащитных материалов в режиме реального времени, основываясь на получаемых экспериментальных результатах.

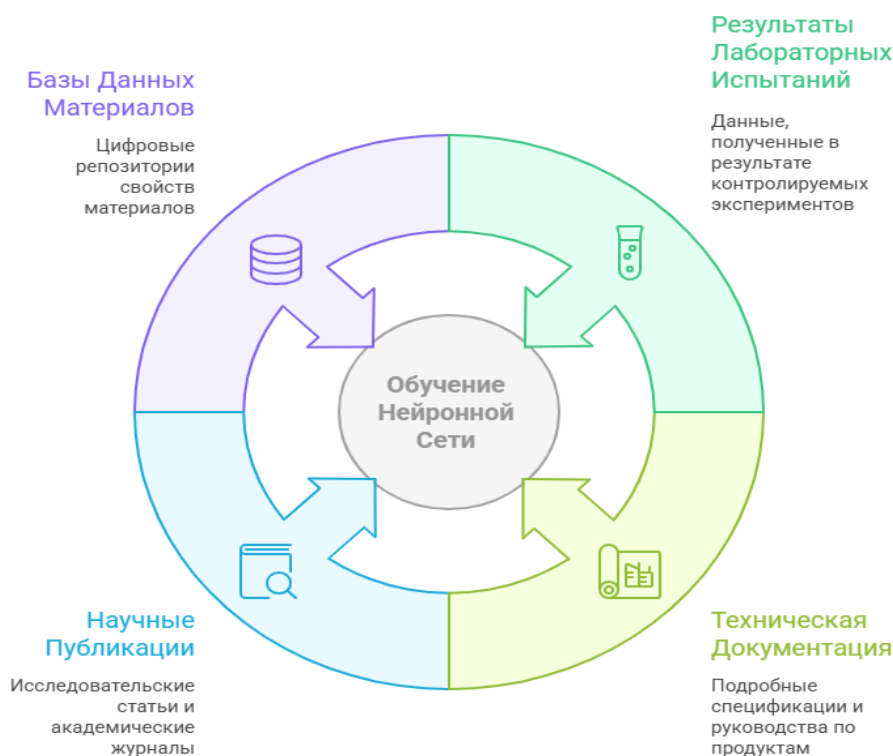


Рисунок. Источники данных для обучения нейросетей при корректировке химических составов

Моделирование процессов горения представляет собой серьезную проблему в области цифровой химии, обусловленную их высокой сложностью и многофакторностью. Характер горения определяется множеством параметров, включая температуру окружающей среды, давление, состав горючего материала и его физическое состояние. Эти факторы взаимодействуют сложным образом, оказывая существенное влияние на кинетику и механизм горения. Процессы горения включают в себя широкий спектр химических реакций, протекающих на разных пространственных и временных масштабах – от элементарных актов химических превращений до макроскопических явлений тепло- и массопереноса. Учет всех этих факторов при создании моделей горения является крайне сложной задачей, что затрудняет адекватное описание процессов горения с использованием существующих вычислительных подходов.

Другой серьезной проблемой является недостаточная точность существующих моделей, обусловленная ограничениями в доступных данных. Алгоритмы машинного обучения, используемые для предсказания свойств огнезащитных материалов, требуют больших объемов данных для эффективного обучения. Ограниченное количество или низкое качество данных приводит к снижению надежности результатов и уменьшению точности прогнозов [7]. Необходимо создание специализированных, верифицированных баз данных, содержащих информацию о составе, структуре, физико-

химических свойствах и результатах испытаний огнезащитных материалов, для повышения точности и надежности прогностических моделей.

Помимо этого, недостаток стандартов и протоколов для исследования также препятствует развитию надежных моделей. На сегодняшний день отсутствует общепринятая методология, которая могла бы служить основой для систематизированного подхода к моделированию огнезащитных составов.

Перспективы цифровой химии в огнезащите включают не только оптимизацию существующих составов, но и возможность разработки принципиально новых материалов, которые могут значительно повысить уровень безопасности в строительстве и других областях. С достижениями в области алгоритмов искусственного интеллекта и больших данных, возможности для создания высокоточных моделей, способных предсказывать поведение сложных химических систем, будут только расширяться.

Рекомендуется также стимулировать изучение междисциплинарных подходов, предполагающих синергетическое использование знаний из области химии, физики, материаловедения и информатики. Создание интегрированных команд, работающих над исследованием огнезащитных материалов с использованием цифровых технологий, позволит изыскать новые решения и улучшить существующие подходы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маликова Р.Р. Особенности валидации и верификации парниковых газов при производстве и нанесении огнезащитных красок / Р.Р. Маликова, Э.В. Нафикова // Обеспечение комплексной безопасности населения и территорий в экстремальных климатических условиях : материалы деловой программы межведомственных опытно-исследовательских учений сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации «Безопасная Арктика-2025», Архангельск, 30 января 2025 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2025. С. 242-246.
2. Маликова Р.Р. Проектирование системы получения новых материалов для защиты металлических конструкций // Мавлютовские чтения: Материалы XVIII Всероссийской молодёжной научной конференции. В 9-ти томах, Уфа, 25–29 ноября 2024 года. Уфа: Уфимский университет науки и технологий, 2024. С. 77-80.
3. Современные технологии защиты объектов транспортной инфраструктуры на основе моделирования опасных ситуаций / А. Н. Елизарьев, Р. Г. Ахтямов, С. Г. Аксенов [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 10(214). С. 23-28.
4. Давлетов, Р. Р. Анализ функционирования объекта по производству сжиженного природного газа с точки зрения экологической и пожарной опасности / Р. Р. Давлетов, Э. В. Нафикова // Прикладная физика и математика. 2024. № 4. С. 3-11.
5. Гохберг Л.М., Сагиева Г.С. Российская наука: библиометрические показатели // Foresight-Russia. 2007. № 1(1). С. 44-53.

6. Малышева Е.М., Насырова Э.С., Чашникова А.А. Нормативное обоснование применения неметаллических труб в системе пожаротушения автостоянок // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве: материалы III Международной научной конференции. Макеевка. 2025. С. 46-48.

7. Ботян С.С., Жамойдик С.М., Олесиук Н.М. Анализ методов оценки огнестойкости стальных строительных конструкций с учетом влияния теплообмена с примыкающими смежными конструкциями // Journal of Civil Protection. 2023. № 2(7). С. 131-143.

8. Шувалова Е. А., Сергеева И. В., Плеханова А. Р. Огнезащита строительных конструкций // Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук: Сборник научных трудов по материалам XVI международной научной конференции, Санкт-Петербург, 12 апреля 2018 года. Том Часть 2. Санкт-Петербург: Международная Объединенная Академия Наук, 2018. С. 42-43.

УДК 614.849

В. Г. Маличенко

Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России

ТЕРМОИНДИКАТОРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Проведен анализ возможности использования термоиндикаторных покрытий при оценке характеристик зданий после пожара, выделены основные группы веществ, которые могут использоваться для создания таких покрытий.

Ключевые слова: термоиндикаторные покрытия, обследование зданий, пожар.

V. G. Malichenko

TEMPERATURE-INDICATOR COATINGS FOR FIRE SAFETY

The analysis of the possibility of using thermal indicator coatings in assessing the characteristics of buildings after a fire has been carried out, and the main groups of substances that can be used to create such coatings have been identified.

Key words: thermal indicator coatings, building inspection, fire.

Пожары довольно часто приводят к уничтожению или повреждению имущества [1-3]. Вопрос возможности дальнейшей эксплуатации объектов, на которых был пожар может быть решен после проведения обследования. При этом важно установить температуру, которая была во время пожара. Для решения данной задачи могут использоваться термоиндикаторы [4]. Указанное решение может применяться при обследовании зданий после пожаров и аварий

на сетях горячего водоснабжения, а также при мониторинге систем инженерно-технического обеспечения [5-10] и т.д.

Выделяются следующие виды термохромных покрытий:

- покрытия, изменяющие цвет;
- термоиндикаторы плавления;
- люминесцентные покрытия.

Покрытия, изменяющие цвет, как правило, представляют собой лакокрасочные покрытия, которые выцветают при нагревании. Это явление можно использовать как термометрическое свойство. При этом важно учитывать, что термоиндикаторы должны быстро и четко изменять цвет при критической температуре.

Необходимо выделить следующие требования к термоиндикаторам, использование которых будет направлено на обеспечение пожарной безопасности (далее – ПБ):

- цвета до и после воздействия должны различаться;
- изменение цвета должно происходить в узком температурном интервале;
- температура перехода должна быть стабильной;
- изменение цвета должно происходить быстро (менее чем за 0,1 — 1 сек);
- не должно быть вредного влияния на объект измерения;
- не должно выделяться вредных газов.

Приведем типы термочувствительных покрытий, которые могут применяться для обеспечения ПБ:

- покрытия с химическим взаимодействием компонентов;
- покрытия с плавлением компонентов;
- поверхностно-градиентные покрытия;
- термохромные покрытия.

Изменение цвета термоиндикаторов с химическим взаимодействием компонентов связано с изменением химического состава или кристаллической решетки пигментов. В данном случае применяются реакции дегидратации, термического разложения и твердофазные реакции

По принципу действия можно выделить следующие типы термоиндикаторов:

- соединения с изменением цвета при изменении концентрации водородных ионов жирных кислот;
- соединения с изменением цвета при изменении кристаллической структуры;
- соединения с изменением цвета при выделении кристаллизационной воды.;
- соединения с изменением цвета при выделении газов;
- соединения с изменением цвета при образовании новых веществ.

При этом различают обратимые и необратимые термоиндикаторы.

Обратимые термоиндикаторы восстанавливают цвет при охлаждении. Квазиобратимые термоиндикаторы регенерируются под действием влаги воздуха. Необратимые термоиндикаторы меняют окраску необратимо.

Некоторые термоиндикаторы могут многократно изменять цвет. Здесь используются смеси термочувствительных пигментов.

Рассмотрим примеры обратимых термоиндикаторов. Наиболее изучены двойные йодиды ртути с медью или серебром. Они применяются в интервале температур 45–100 °С. Однако, данные вещества вызывают коррозию металлов. Следовательно, требуется антикоррозионная защита поверхности.

Также используются и другие пигменты для обратимых термоиндикаторов:

- хлористый кобальт (бесцветный — синий);
- бромистая медь (желтый — коричневый);
- цианид меди и железа (розовый — черный);
- двухсернистый мышьяк (оранжевый — коричневый);
- окись и сульфид ртути (красный — черный);
- хромат свинца (красный — черный);
- сернистый цинк (оранжевый — черный);
- алюминиевая пудра с органическими красителями и ферро- и феррицианидами.

Для создания необратимых термоиндикаторов используются пигменты, необратимо меняющие окраску при достижении определенной температуры. В ранних попытках для этого использовались смеси двух веществ, например, сульфида свинца и перекиси бария.

При этом методы получения изменений цвета включали смешение различных соединений металлов с сернистыми соединениями, такими как тиомочевина или тиоцианат аммония, образование цветных или черных сульфидов при реакции.

Современные подходы предполагают использование однокомпонентных составов, разлагающихся при определенной температуре. Наибольшее распространение получили окрашенные соли меди, кобальта, никеля, хрома, молибдена, урана.

Отличительной особенностью солей кобальта является то, что относительная неустойчивость координационных связей делает их пригодными для низких температур. При этом многие обычные неорганические соли кобальта обладают термочувствительными свойствами.

Известны также другие термоиндикаторные соединения. Тиоцианаты, тиосульфаты, фосфаты и арсенаты проявляют хорошие термоиндикаторные свойства.

Отдельно следует рассмотреть термоиндикаторы с плавлением компонентов. Здесь изменение цвета связано с плавлением одного из компонентов. Они подразделяются на адсорбентные и двухслойные покрытия.

Адсорбентные покрытия представляют собой двухкомпонентные системы, состоящие из адсорбента и адсорбтива. Адсорбент поглощает вещества, а адсорбтив диффундирует в пигмент адсорбента. Цвет изменяется от цвета адсорбтива до цвета адсорбента при плавлении.

Следует также выделить двухслойные покрытия. Наружный эффект наблюдается за счет того, что верхний слой становится прозрачным, а покрытие принимает цвет нижнего слоя. Внутренний термофиксирующий слой: нижний слой заполняет капилляры верхнего слоя, покрытие приобретает цвет нижнего слоя.

Поверхностно-градиентные покрытия состоят из жидких кристаллов. Они обладают свойствами жидкости и твердого кристаллического тела. Обычно используются жидкие кристаллы стеринового ряда, например, такие как холестерин. Свет, отраженный от такого покрытия, резко меняет спектральный состав при изменении температуры на сотые доли градуса. Холестериновые жидкие кристаллы имеют винтообразную структуру и сильную оптическую активность.

Таким образом, проведенный анализ показал возможности применения термоиндикаторных покрытий для обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. В основе использования данных покрытий лежит создание базы данных об изменении температуры испытываемых образцов в зависимости от их цвета. Такая база данных поможет идентифицировать цветовые изменения и оценить возможность эксплуатации зданий и сооружений после пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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», Ивановская пожарно-спасательная академия, 2017, С. 203-210. - EDN: ZVUQZR

2. Салихова А. Х. [и др.] Применение программных средств прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации в деятельности государственного пожарного надзора. Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Иваново, 2017. – С.164-168. - EDN: YXWIIХ

3. 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

4. Федосов С.В. [и др.] О проблеме цветовой дифференциации термоиндикаторов по результатам высокотемпературного воздействия пожара // Техносферная безопасность. 2023. № 3 (40). С. 28-37. - EDN: QYDLDP

5. Маличенко В.Г. [и др.] Оценка огнестойкости железобетонных ограждающих конструкций в условиях развития пожара и пожаротушения (ПОИСК - 2019): сб. материалов всероссийской (с международным участием) научно-техническая конференция аспирантов и студентов. Ч. 1. – Иваново: ИВГПУ, 2019. – С. 339-341. - EDN: EMYGWR

6. Федосов С.В. [и др.] Противопожарный контроль соседних зданий при помощи сенсоров «умного дома» // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 3 (36). – С. 125-135. - EDN: RKOVKE

7. Федосов С.В. [и др.] Проблемы совершенствования мониторинга при строительстве малоэтажных жилых зданий // Приволжский научный журнал. 2020. № 2. С. 50-56 - EDN: IWPAJY

8. Fedosov S. [et al.] The Fire-Resistant Construction for Building Safety. In: Anatolijs B., Nikolai V., Vitalii S. (eds) Proceedings of ECE 2019. ECE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 70. Springer, Cham C. 319-327. - EDN: WDRHXO

9. Федосов С.В. [и др.] Модель оценки на нормативно-техническом совете возможности внедрения новых строительных материалов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2020. № 4. С. 14-25 - EDN: JIPRVТ

10. Федосов С.В. [и др.] Мониторинг пожарной безопасности как средство дистанционного контроля. В сборнике: Современная наука: теория, методология, практика. Материалы III-ей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Тамбов, 2021. С. 96-100. - EDN: KNNXTD

УДК 614.841.48

Е. М. Малышева, Э. С. Насырова

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ И ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕРМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ ТРУБ

В данной работе проведено комплексное исследование термических свойств четырех образцов композитных труб методами дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрическим анализом. Результаты выявили различия в поведении образцов, обусловленные различием их составах. Исследуемые образцы обладают высокой термической стабильностью до 300 °С.

Ключевые слова: трубы, композиты, система пожаротушения

E. M. Malysheva, E. S. Nasyrova

THE USE OF DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY AND THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS TO EVALUATE THE THERMAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITE PIPES

In this work, a comprehensive study of the thermal properties of four samples of composite pipes was carried out using differential scanning calorimetry and thermogravimetric analysis. The results showed differences in the behavior of the samples, which indicates a difference in their composition. The studied samples have high thermal stability up to 300 °C.

Key words: pipes, composites, fire extinguishing system

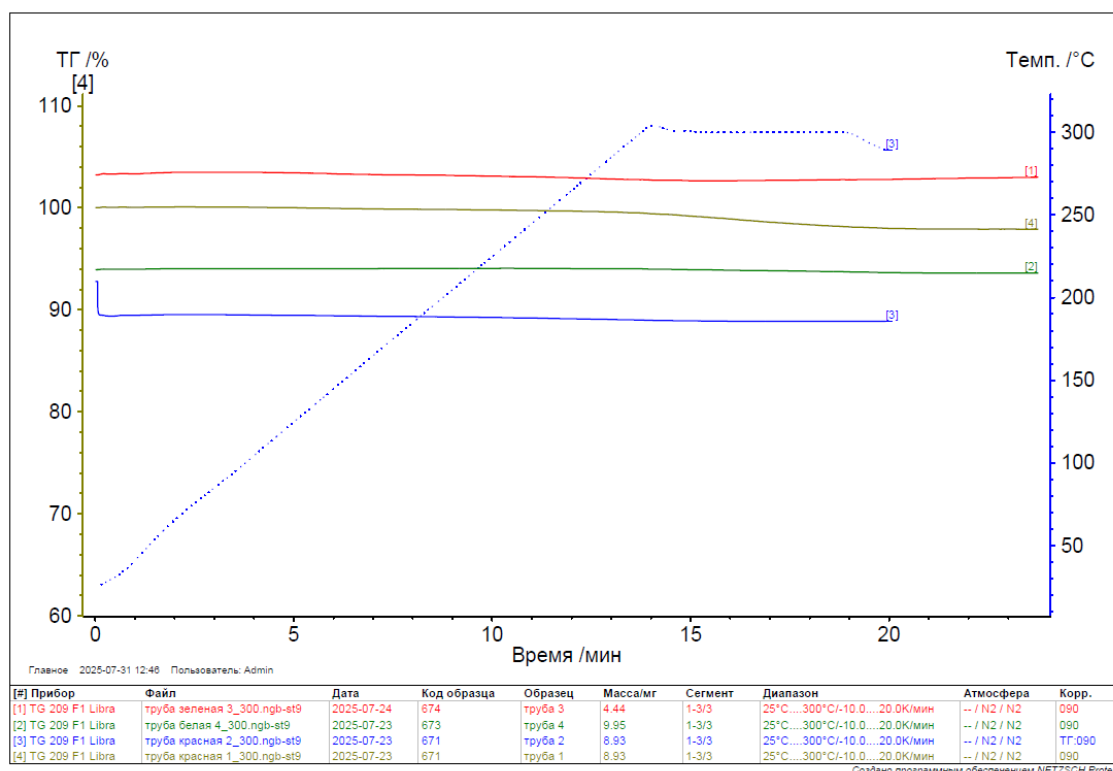
На сегодняшний день неметаллические (полимерные и композитные) трубы находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в частности данные материалы применяются в системах пожаротушения, что обуславливает повышенные требования к их эксплуатационным свойствам. Для оценки возможности применения данных материалов в трубах автоматических установках систем пожаротушения и определения возможных сроков службы, необходимо изучить их термические характеристики, такие как температура плавления, устойчивость к термическому разложению и т.д. [1].

Наиболее эффективными методами контроля состава и свойств композитов являются термические методы анализа, такие как, дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) и термогравиметрический анализ (ТГА). ДСК позволяет определить температуры агрегатных переходов (стеклования, плавления, кристаллизации) [2]. ТГА показывает термическую стабильность материала и его состава при воздействии температуры. В связи с этим в работе проведен сравнительный анализ термических свойств неметаллических огнестойких труб.

В качестве объектов исследования выступили образцы композитных труб разных производителей, обозначенные как «красная труба 1», «красная труба 2», «белая труба» и «зеленая труба».

Прибором NETZSCH DSC 214 Polyma в соответствии со стандартными методиками проводился ДСК-анализ. Скорость нагрева и охлаждения составила 10 К/мин, диапазон температур от -70 °C до 450 °C. Образцы помещали в алюминиевые тигли с проколотой крышечкой. ТГ-анализ выполняли на приборе NETZSCH TG 209 F1 Libra. Скорость нагрева 10 К/мин, диапазон температур от 25 °C до 300 °C. Обработка данных проводилась с помощью программного продукта NETZSCH Proteus.

Результаты ТГ-анализа представлены на рис. 1. Все исследуемые образцы показали высокую термическую стабильность в инертной атмосфере вплоть до температуры 300 °C. Потери массы для всех кривых не превысили 1–2 %. Отсутствие существенной потери массы свидетельствует о том, что в данном температурном интервале не происходят процессы интенсивной термической деструкции полимерной матрицы материала труб.



[1] - труба зеленая, [2] - труба белая, [3] - труба красная 2, [4] - труба красная 1

Рис. 1. Совмещенные ТГ-кривые образцов

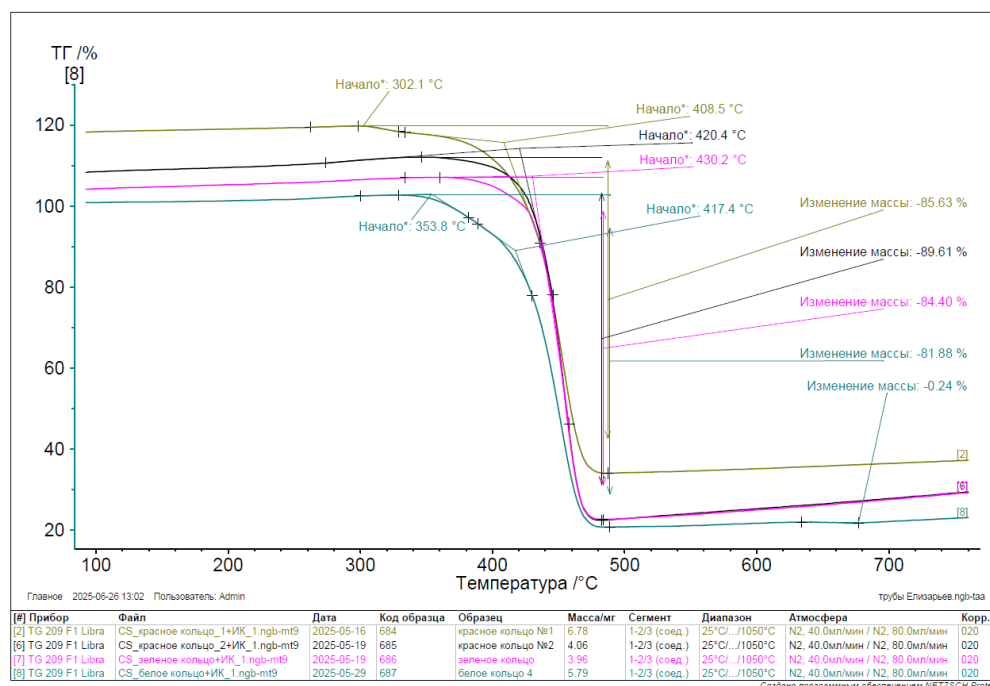


Рис. 2. ТГ-кривые образцов в диапазоне 25-1050°C

Из рис. 1 видно, что образцы показывают высокую термическую стабильность до 300 °С. Можно сделать вывод, что кратковременное воздействие температуры до 300 °С в бескислородной среде не ведет к рискам разрушения материала труб.

Наиболее детальный ТГ-анализ (рис. 2) показал различия в поведении образцов при различных температурных режимах.

Из рис. 2 видно, что образцы «красная труба 1 и 2» показали начало разложения при 408,5 °С и 420,4 °С, потеря массы 89,61 % и 84,40 % соответственно, у образца «зеленая труба» разложение наступает при 430,2 °С, потеря массы 81,88 %, у образца «белая труба» температура разложения 353,8 °С, потеря массы 85,63 %. Из полученных результатов можно сделать вывод, что исследуемые образцы труб имеют совершенно разный состав, что обуславливает различие в их поведении.

Из полученных ДСК-кривых идентифицированы все основные фазовые переходы, характерные для полукристаллических полимеров. Полученные данные представлены в таблице.

*Таблица. Термические переходы исследуемых образцов,
полученные методом ДСК*

Образец	Стеклование, °С	ΔC_p , Дж/(г·К)	Плавление, °С (ΔH_m , Дж/г)	Кристаллизация, °С (ΔH_c , Дж/г)	Дополнительные эффекты
Красная труба 1	Не обнаружено	–	105,5 (86,9)	136,9 (-84,8)	Эндотермический пик при 312,1°С (8,7 Дж/г)
Красная труба 2	Не обнаружено	–	114,9 (106,8)	144,5 (-119,2)	–
Белая труба	-8,7	0,307	106,3 и 120,7 (93,7)	133,2 и 146,4 (- 96,1)	Экзотермический пик при 360,4°С (- 27,4 Дж/г)
Зеленая труба	-7,2	0,416	106,2 (95,2)	145,5 (-96,2)	–

Как видно из таблицы переход стеклования четко наблюдается у образцов «белая труба» и «зеленая труба», это говорит о том, что материал переходит в более гибкую и податливую фазу (высокоэластическая). Стеклование свойственно для аморфных и полукристаллических полимеров. Наиболее высокое значение ΔC_p у образца «зеленой труба» указывает на аморфную фазу образца. Отсутствие у образцов «красная труба 1 и 2» фазы стеклования, возможно связано с их более высокой кристалличностью, что не показывает изменение теплоемкости.

Также все образцы показали четкие эндотермические пики плавления в диапазоне 105–121 °С, что типично для полимеров различной плотности. Наивысшая теплота плавления представлена у образца «красная труба 2» (106,8 Дж/г), что свидетельствует о его наибольшей степени кристалличности

среди всех исследуемых образцов. Также наличие двух пиков плавления у образца «белая труба» (106,3 и 120,7 °С) может быть обусловлено полиморфизмом, что может указывать на более сложный состав данного материала.

Значения кристаллизации располагаются в диапазоне 133–146 °С. Более высокие температуры кристаллизации образцов «красная труба 2» и «зеленая труба» могут свидетельствовать о наличии в их составе нуклеирующих добавок, которые ускоряют процесс кристаллизации.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что все исследованные образцы являются полукристаллическими термопластами и обладают высокой термической стабильностью до 300 °С. Выявленные различия между образцами по температурным режимам разложения, плавления, кристаллизации, стеклования говорят о разности состава материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышева Е.М., Насырова Э.С., Чашникова А.А. Нормативное обоснование применения неметаллических труб в системе пожаротушения автостоянок // Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве: сборник материалов III Международной научной конференции. Макеевка. 2025. 563с.

2. Ершова О.В., Мельниченко М.А., Трифонова К.В. Использование метода дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа для определения состава и температуры деструкции вторичных полимеров// Успехи современного естествознания. Макеевка. 2015. 26-30 с.

УДК 620.16

И. В. Медведев¹, Е. В. Зарубина²

¹ООО «ЭКСПЕРТ», г. Киров

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ НА ОБЪЕКТАХ ЗАЩИТЫ

Организация и оказание услуг по обслуживанию систем пожарной автоматики в соответствии действующим противопожарным нормам и правилам, автоматизация сигналов по передаче событий ответственным лицам.

Ключевые слова: мониторинг, система пожарной автоматики, пожарный датчик, система оповещения людей при пожаре, передача событий ответственным лицам.

I. V. Medvedev¹, E. V. Zarubina²

DEVELOPMENT OF A LOCKING DEVICE FOR FIRE CONNECTION HEADS

Organization and provision of fire alarm system maintenance services in accordance with current fire safety regulations and standards, and automated signal transmission to responsible parties.

Key words: monitoring, fire alarm system, fire detector, fire alarm system, event transmission to responsible parties.

При рассмотрении организации и предоставления услуг по техническому обслуживанию систем пожарной автоматики, особое внимание уделили методикам подготовки объектов защиты к эксплуатации и поддержанию их в рабочем состоянии, а также автоматизации процесса передачи тревожных сигналов ответственным лицам.

Актуальность темы обусловлена критическим значением систем пожарной автоматики в обеспечении безопасности объектов различного назначения. Комплексный подход к управлению этими системами включает не только их техническое обслуживание, но и разработку эффективных методик подготовки объектов к эксплуатации, что в совокупности позволяет минимизировать риски возникновения и распространения пожаров.

Автоматизация передачи тревожных сигналов играет ключевую роль в оперативном реагировании на чрезвычайные ситуации. Внедрение современных технологий позволяет значительно повысить эффективность функционирования систем пожарной автоматики, обеспечивая своевременную и точную передачу информации ответственным лицам.

Таким образом, данная работа направлена на детальное рассмотрение и анализ всех аспектов, связанных с организацией и оказанием услуг по обслуживанию систем пожарной автоматики, что позволит сформировать целостное представление о современных подходах к обеспечению пожарной безопасности.

В настоящее время при эксплуатации системы автоматической пожарной сигнализации и системы оповещения людей при пожаре обслуживающие организации (лицензиаты) и управляющие компании сталкиваются с периодическими сработками пожарной автоматики на домах с повышенной этажностью. Причинами ложных и /или истинных сработок системы оповещения могут выступать множества факторов:

- приготовление пищи;
- ремонтные работы;
- вмешательство в систему пожарной автоматики третьих лиц.

Основываясь на практическом опыте обслуживания систем пожарной автоматики в первую очередь изучили проблемы и обратили внимание на причинно-следственные связи.

Данная работа посвящена анализу и методам организации контроля объектов защиты и деятельности обслуживающей компании (лицензиата) с помощью технологического оборудования на объектах защиты. Цель работы – расширение функциональных возможностей контроля над оказанием услуг с использованием технологического оборудования на объектах, подключённых к системе мониторинга. Практическая значимость работы состоит в возможностях централизованного контроля действий обслуживающей компании по выполнению технического обслуживания пожарной сигнализации на объектах защиты с помощью применения расширенных функций передачи сигналов оповещения из базы данных Microsoft SQL Server одной из программ на примере «PCN6 — пультовое программное обеспечение для мониторинга объектов недвижимости».

Рассмотрим один вариант на основе существующих проблем – это многоквартирные дома с повышенной этажностью, где в соответствии с требованиями ФЗ-123 установлена система пожарной автоматики и оповещения людей при пожаре и управляющие компании в соответствии с положением по содержанию общедомового имущества обязаны выполнять требования ФЗ и поддерживать данный комплекс противопожарной безопасности в работоспособном состоянии. Крупные управляющие компании располагают инфраструктурой из более чем 100 удалённых объектов с технологическим оборудованием. Каждый объект в соответствии с проектными решениями должен быть оснащён противопожарными мерами защиты, а именно, системой пожарной сигнализации, дымоудалением, пожаротушением и т.д. И в большинстве случаев функции по обслуживанию системы пожарной сигнализации и пожаротушения передаются в аутсорсинг сторонней обслуживающей компании (лицензиату), которая в рамках договора на обслуживание и действующих Федеральных Законов выполняет объём работ и раз месяц выставляет счета за проделанную работу.

В связи с этим со стороны управляющей компании возникает необходимость контроля качества услуг, оказанных аутсорсинговой компанией.

Основные положения, касающиеся системы контроля качества по техническому обслуживанию и монтажу противопожарных систем, содержатся в ГОСТ Р 59638-2021, ГОСТ Р 59639-2021, ГОСТ Р 59643-2021, где приведены основные определения и термины в сфере контроля качества, перечислены основные виды контроля.

В соответствии с условиями договора с аутсорсинговой компанией необходимо проводить контрольные выезды на объекты связи с проверкой качества оказанных услуг. Ручной контроль деятельности специалистов сторонней организации по обслуживанию систем противопожарной защиты трудоёмок и требует немалого количества дополнительного времени.

На многих предприятиях, где необходимо осуществлять контроль состояния оборудования, имеются автоматизированные системы дистанционного контроля. Эти системы используются для мониторинга

технологического оборудования объектов. Многие удалённые объекты защиты (многоэтажные дома, паркинги и т.д.) обслуживаются с помощью специализированных систем передачи данных на диспетчерский пульт пожарной охраны. А также сами обслуживающие организации (лицензиаты) для своей работы применяют подобные системы мониторинга. Для примера возьмём одну из автоматизированных систем продукции компании «Ритм».

Компания «Ритм» является разработчиком и производителем аппаратно-программного комплекса PCN6 — пультовое программное обеспечение для мониторинга объектов недвижимости, который обеспечивает охрану, передачу пожарных сигналов на диспетчерский пульт, мониторинг и дистанционное управление на различных объектах защиты.

С помощью оборудования передачи данных «Контакт» различных модификаций и программного обеспечения «PCN6» и/или более современных комплексов можно решить такие задачи, как:

1. Охрана (контроль и авторизация доступа, управление э/замком, контроль удара/вибрации, контроль движения, видеонаблюдение, фото-регистрация событий).

2. Дистанционный перезапуск оборудования (автоматическое или по команде из центра «передергивание» питания на зависающем электрооборудовании).

3. Дистанционное управление (включение/выключение кондиционера, обогревателя, перекрытие вентиля системы водоснабжения и др.).

4. Контроль пожара (сигнализация о возгорании, управление установкой пожаротушения).

5. Контроль энергопараметров (контроль источника бесперебойного питания, измерение параметров тока, напряжения, мониторинг аккумуляторных батарей и др.).

6. Контроль климатики (контроль и/или регулирование температуры, контроль влажности).

7. Контроль протечки воды (с функцией автоматического перекрытия трубопровода).

8. Трансляция данных со стороннего оборудования (электросчётчики, теплосчётчики, фоторегистраторы и др.) в штатное ПО организаций, осуществляющих работу с информацией.

Комплекс «PCN6 — пультовое программное обеспечение для мониторинга объектов недвижимости», далее Комплекс «PCN6» — предназначен для сбора, обработки и отображения информации о работе территориально рассредоточенного оборудования. С помощью комплекса осуществляется контроль работы оборудования, изменения состояния которого отображаются события на диспетчерском пульте, выводимых на дисплей компьютера, а также представляются в форме сообщений СМС рассылки и/или по отправки информации по средствам электронной почты mail.ru. Комплекс

«PCN6» позволяет в значительной степени автоматизировать рабочее место диспетчера.

Основные задачи, выполняемые программным комплексом «PCN6»:

- считывание с объектовых устройств данных о состоянии извещателей на объекте;
- контроль целостности принятых данных от объектовых устройств;
- контроль работы объектовых устройств и их напряжения питания;
- обработка данных с объектовых устройств и оповещение диспетчера об аварийном изменении контролируемых параметров;
- предоставление диспетчеру инструментов (фильтрация, поиск, справочник, печать и т.п.) для оперативной обработки аварийной ситуации на объекте;
- хранение истории, зафиксированных событий на объектах и записей диспетчера в журнале;
- журналирование действий пользователей при изменении конфигурации данных сигналов;
- рассылка сообщений электронной почты сотрудникам организации при возникновении аварийных ситуаций.

Описание комплекса «PCN6» состоит из четырёх приложений, базы данных и утилит. Будучи построенным на основе технологии «клиент-сервер», комплекс позволяет распределять нагрузку на вычислительные мощности и персонал. В комплексе реализовано несколько уровней прав доступа к данным. Права доступа и авторизация выполнены с помощью средств SQL-сервера.

9 Описание интерфейса программы PCN6

9.1 Основное окно

После установки рабочее окно программы содержит три вкладки: «Все события», «Карта объектов», «Напоминания».

9.1.1 Вкладка «Все события» Вкладка «Все события» состоит из трёх окон (рис. 1).

В состав программного обеспечения входит:

9.1.2. База данных – функционирует под управлением сервера баз данных Microsoft SQL Server 2005/2008/2012/2014 и хранит основную информацию о настройках системы, текущем состоянии сигналов и накопленные данные.

9.1.3. В окне № 1 — «Ленте событий» отображаются все, поступившие от оборудования, сигналы. Сигнал, поступивший от неизвестного объекта, не добавленного в базу, будет отображаться значением «-1» в столбце «Объект №». В окне отображается только последняя тысяча событий, однако при формировании отчётов учитываются все события.

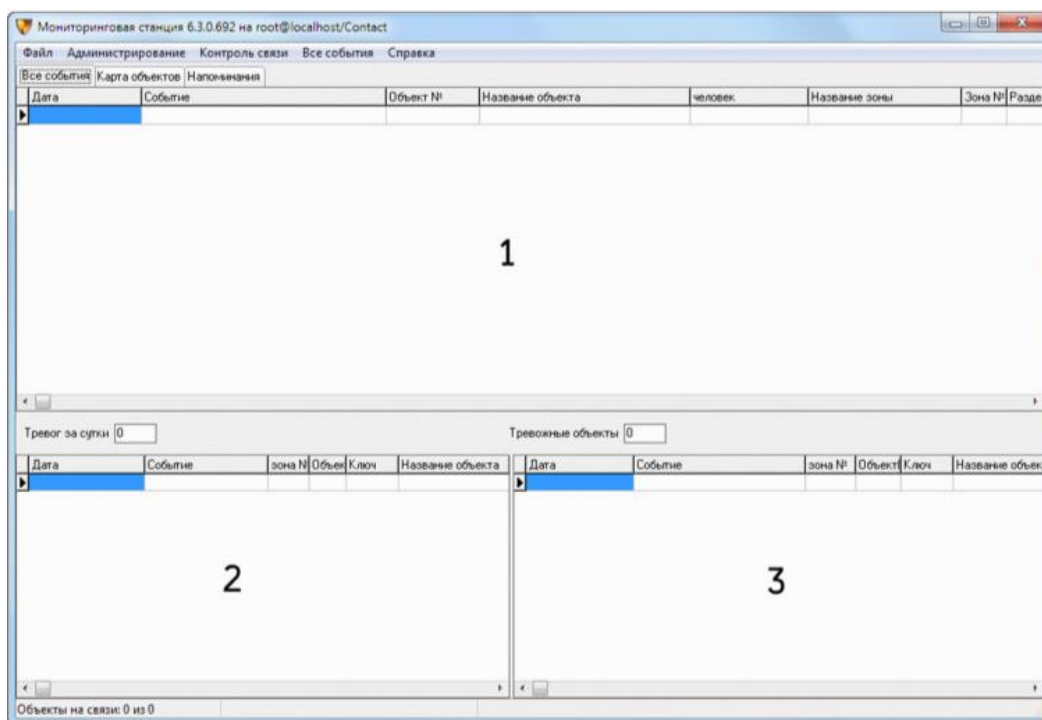


Рис. 1. Вкладка «Все события»

9.1.4. В окне № 2 отображаются все тревоги, которые поступили за сутки от обслуживаемых объектов

9.1.5. В окне № 3 отображаются все необработанные сигналы тревоги от обслуживаемых объектов, вне зависимости от времени их поступления.

Эта система за счёт некоторого расширения её функциональности может быть использована и для контроля состояния системы пожарной сигнализации и пожаротушения, а также передачи охранно-пожарных тревог ответственным лицам (главному инженеру УК, собственникам и нанимателям жилья и т.д.).

Предлагаемая схема рабочего процесса контроля представлена на рис. 2.

Предлагаемая схема рабочего процесса позволяет более оперативно реагировать на ситуацию, по принятию решения со стороны ответственного лица от управляющей компании и отличается от существующей тем, что тех. процесс контроля построен с применением автоматизированной системы контроля, являющейся частью системы «программы PCN6», которая позволяет осуществлять опрос состояния всех элементов системы пожарной сигнализации с удалённых объектов связи.

Применение автоматизированных систем по сбору и обработке информации о состоянии системы пожарной безопасности позволит осуществить централизованный контроль действий аутсорсинговой компании по выполнению технического обслуживания пожарной сигнализации на объектах.

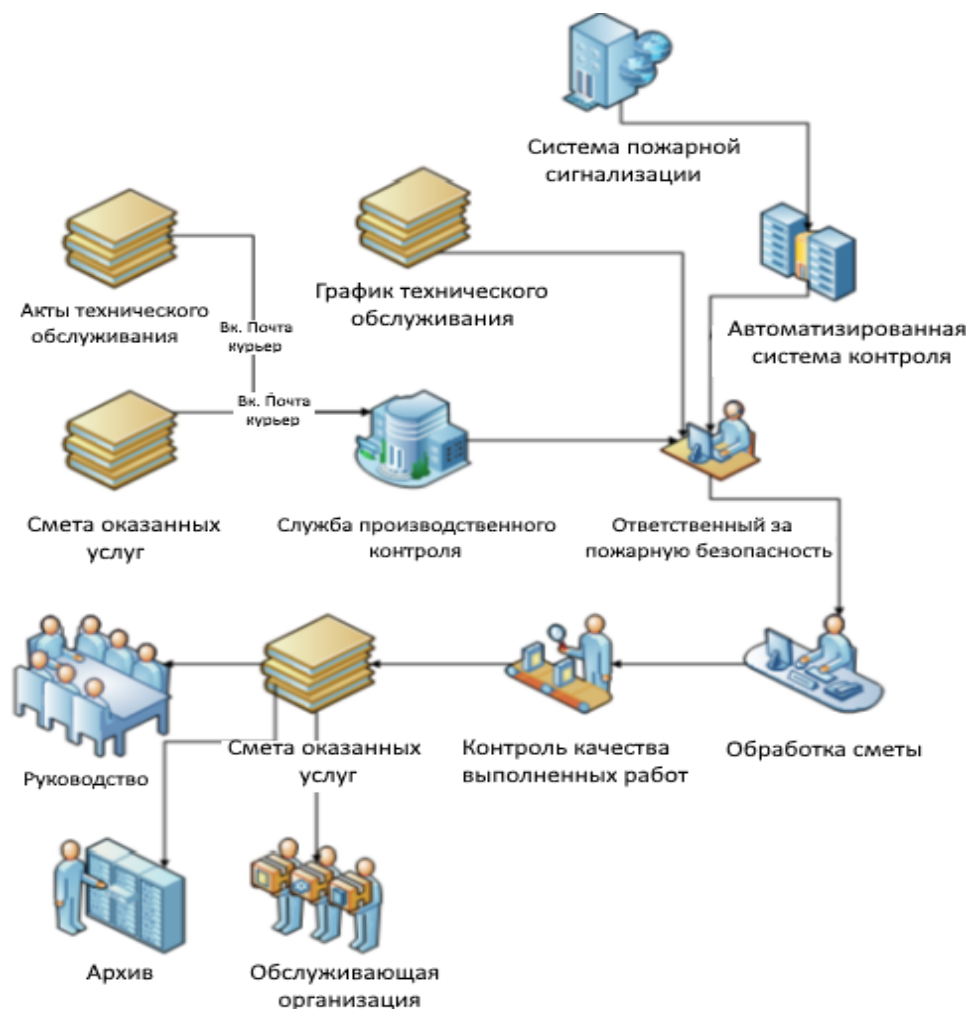


Рис. 2. Предлагаемая схема рабочего процесса контроля

Применение метода по контролю над качеством обслуживания пожарной автоматики с помощью автоматизированной системы:

1. Достоверность результатов системы контроля, обеспечиваемая применением современных средств автоматизаций.
2. Исключение влияния человеческого фактора.
3. Контроль правомерности сумм, выплачиваемых обслуживающей организации за оказанные услуги по каждому объекту.
4. Контроль соответствия сметы расходов аутсорсинговой компании графику технического обслуживания, в том числе обнаружение повторяющихся объектов в списке оказанных услуг.
5. Контроль соответствия выполненных работ графику технического обслуживания объектов.
6. Информативность передачи информации с объекта непосредственно ответственным лицам на начальных стадиях развития условного пожара.

Данная методика позволит дистанционно контролировать выполнение комплекса работ по обслуживанию систем пожарной сигнализации и автоматически обрабатывать информацию с объектов.

Работа по данной методике позволит повысить уровень контроля качества оказания услуг, уменьшить затраты на обслуживание инфраструктуры предприятия.

Актуальность методики обусловлена тем, что необходимо обрабатывать информацию с объектов и предоставлять её на верхний уровень управления для анализа и принятия решений в части подтверждения работ, выполненных обслуживающей организацией, и размера оплаты только за реально оказанные услуги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубева Е.С., Зарубина Е.В., Репин Д.С. Применение систем видеонаблюдения для обнаружения пожара. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии» (17.10.2024). Иваново. С. 81-84.

УДК: 621.8

Р. А. Мекин, А. А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ВОЗГОРАНИЙ В СТЕПНЫХ ЗОНАХ

В статье рассмотрена целесообразность применения мобильных средств пожаротушения для ликвидации степных пожаров. Предложена конструкция прицепа модуля, который наиболее целесообразно применять при локализации и тушении степных пожаров, минимизировав при этом материальные и людские ресурсы, обеспечивая гибкость в управлении силами и средствами, что особенно важно в условиях быстро меняющейся обстановки.

Ключевые слова: степной пожар, пожарный модуль, пожарное оборудование, мотопомпа, ранец противопожарный, автоприцеп.

R. A. Mekin, A. A. Pokrovsky

USE OF MOBILE COMPLEXES TO EXTINGUISH FIRES IN STEPPE ZONES

This article examines the feasibility of using mobile firefighting equipment to extinguish steppe fires. A trailer-mounted module is proposed that is most suitable for containing and extinguishing steppe fires, minimizing material and human resources and

ensuring flexibility in the management of forces and resources, which is especially important in rapidly changing conditions.

Key words: steppe fire; fire module, fire equipment, motor pump, fire-fighting backpack, trailer.

Степной пожар представляет собой неконтролируемый процесс распространения огня по травянистой растительности. Такие пожары наиболее характерны для весны, когда сухая прошлогодняя трава воспламеняется после таяния снега, а также для конца лета и осени. Во время интенсивного роста растительности такие возгорания случаются нечасто. Наиболее крупные пожары в степях ежегодно фиксируются на территории Австралии и Южной Америки. В России их можно встретить в степных областях Поволжья, Урала и Сибири. Особенно сильные пожары наблюдались в апреле 2015 года в Хакасии, Бурятии и Забайкальском крае.

Нередко очаги природных пожаров возникают вдали от жилых массивов и источников воды. Вода служит основным средством ликвидации таких возгораний, однако транспортировка воды к месту бедствия на значительные расстояния посредством пожарных машин часто нерентабельна и требует больших временных затрат. Важно учитывать, что и применение самих пожарных автомобилей в подобных условиях не всегда экономически целесообразно и сопряжено с трудностями при их использовании на сложных участках рельефа. Значительная стоимость пожарной техники также сужает спектр ее применения в небольших сельских пожарных частях.

Сегодняшняя индустрия, как в России, так и за границей, активно разрабатывает и производит разнообразные компактные передвижные устройства для пожаротушения. К этой категории относятся пожарные мотоциклы, оснащенные компактными, но эффективными системами тушения пожаров тонкодисперсной водой.

Пожарное оборудование может располагаться и на прицепных платформах. Например, в пожарно-спасательных подразделениях Ставропольского края для борьбы с пожарами в степях применяется мобильный прицепной пожарный модуль для квадроцикла (рис.1).

Модуль разработан и предназначен для подачи воды, а также для хранения и перевозки необходимого противопожарного инвентаря. В его состав входит прицеп модели 817710.012, внутри которого располагаются насос высокого давления и резервуар для воды вместимостью 200 литров.



Рис. 1. Прицепной пожарный модуль для квадроцикла

Бак для воды надежно зафиксирован в прицепе с помощью металлических креплений. Внизу резервуара находится патрубок для подключения насоса, подающего воду, а сверху – отверстие для заполнения бака. Благодаря своей компактности и небольшому весу, насос обеспечивает умеренный расход воды через пистолет высокого давления, что делает его эффективным для борьбы с возгораниями в степных условиях.

Для транспортировки модуля используется легкий и маневренный квадроцикл. Квадроцикл, обладая малым весом и характеристиками внедорожника, способен перемещаться по труднодоступным участкам и узким дорогам, обеспечивая оперативную доставку средств пожаротушения к месту происшествия в кратчайшие сроки.

Мобильный многофункциональный пожарный модуль МУПМ-300 (рис. 2) отлично показал себя в борьбе с природными пожарами.

Этот модуль – прицеп, разработанный на базе одноосного прицепа для легковых автомобилей, способный подавать воду как из собственной цистерны, так и из внешних водоемов. Его можно буксировать любым транспортным средством, оборудованным шаровым тягово-сцепным устройством. В состав модуля включены: бак из легированной стали объемом 300 литров с индикатором уровня жидкости, горловиной и краном для заправки и опорожнения; самовсасывающий насос «Спрут-3»; две бухты рукавов диаметром 51 мм, ствол диаметром 51 мм, а также всасывающий рукав диаметром 51 мм длиной 4 метра; установка УПВД «Ермак» для тушения пожаров под высоким давлением и ящик для хранения пожарного инвентаря.



Рис. 2. Универсальный
пожарный модуль
МУПМ-300

Предлагаемый нами прицепной модуль пожаротушения (рис. 3) может транспортироваться не только автомобилем, но и более компактным квадроциклом. В отличие от пожарных машин, этот модуль отличается меньшим весом и большей маневренностью на узких дорогах, что позволяет оперативно доставлять огнетушащие средства непосредственно к месту возгорания для быстрого устранения огня.

В представленном варианте рассматривается использование прицепного пожарного модуля (рис. 3), который допускает транспортировку не только посредством автомобиля, но и с использованием более компактного квадроцикла. По сравнению с традиционными пожарными машинами, этот модуль характеризуется сниженной массой и повышенной маневренностью при работе в стесненных условиях узких проездов, что позволяет оперативно доставлять вещества для тушения пожара непосредственно к месту возгорания и обеспечить его своевременную ликвидацию.

Нами предлагается использование прицепного пожарного модуля (рис. 3), который позволяет результативно противодействовать степным пожарам. При проектировании буксируемого пожарного комплекса учитывались параметры рентабельности, удобства использования и быстроты транспортировки персонала и оборудования к месту происшествия, где использование иной техники может быть осложнено.



Рис. 3. Прицепной пожарный модуль

Передвижной модуль для борьбы с возгораниями в степных зонах смонтирован на одноосном прицепе. Масса снаряженного модуля – 590 кг. Он комплектуется всем необходимым противопожарным оборудованием для команды из трех человек. В состав входят: автоприцеп с металлическим баком для хранения воды, разделенный на секции ящик для инструментов, самовсасывающий высоконапорный насос, пожарный рукав диаметром 77 мм, три ранца для тушения пожаров «Ермак-18», аккумуляторная батарея и пожарная колонка.

Пожарное оборудование модуля не требует сложного обслуживания и предназначено для оперативного реагирования на начальных стадиях распространения степных пожаров. Модуль может быть транспортирован любым транспортным средством, оборудованным шаровым тягово-сцепным устройством.

При прибытии на место пожара модуль должен быть полностью заполнен водой, включая противопожарные ранцы, которые хранятся в специально отведенных отсеках на корпусе модуля. Мобильный пожарный модуль имеет широкое применение и используется для работ как в степной местности, так и в городской среде, потому что может заправляться от водопроводной городской сети при помощи пожарной колонки и пожарного рукава диаметром 77 мм.

Наиболее перспективное применение модуля на пересеченной местности, где степь сопряжена с перелесками, болотистой местностью, крутыми косогорами. В таких условиях добраться до места возгорания на пожарной автоцистерне затруднительно. Поэтому к месту пожара целесообразно отправить мобильный пожарный модуль, при помощи которого проводят начальную стадию тушения пожара с последующей оценкой необходимости задействования дополнительных сил и средства.

Проведя разведку пожара, расчет приступает к остановке распространения огня с использованием противопожарных ранцев. Далее организуют подачу воды под высоким давлением непосредственно к границе огня, где и осуществляется тушение. Один полный бак, при потреблении воды 10 литров в минуту, обеспечивает до получаса непрерывной работы, что

позволяет полностью потушить кромку пожара на участке, достигающем 6 гектаров. Для дозаправки пожарный модуль устанавливают на берег водоема и производят его дозаправку и ранцев при помощи мотопомпы. В случае доступности водоема неподалеку от линии огня, пожарные могут применить мотопомпу для прямой ликвидации возгорания.

Для самостоятельной защиты от пожаров пожарным модулем могут укомплектовываться формирования пожарных лесничеств, сельскохозяйственных комплексов в степной местности, добровольные пожарные команды.

Следовательно, ключевыми преимуществами прицепного пожарного модуля являются его улучшенная способность преодолевать бездорожье, высокая мобильность и простота конструкции. Использование данного устройства позволит обеспечить надежную защиту территории и объектов от ландшафтных пожаров, а также быструю ликвидацию очагов возгорания. Следует отметить, что каждый степной пожар требует в каждом конкретном случае индивидуального подбора необходимых средств и методов тушения в зависимости от складывающейся оперативно-тактической обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладченко Е.А., Покровский А.А. Прицепной пожарный модуль для квадроцикла // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – с. 25-28.
2. Покровский А.А. Конструктивные особенности прицепного пожарного модуля // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – с. 181-184.
3. Зайцев Д.Д., Покровский А.А. Создание прицепного пожарного модуля для тушения степных пожаров // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Энергия-2020» – Иваново 2020. – Т.4 – с. 88.
4. Бутенко М.В., Покровский А.А. Эксплуатационные показатели прицепного пожарного модуля // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – с. 151-153.
5. 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.
6. Крашенинникова Е.А., Музыков А.А., Покровский А.А. Анализ мобильных средств пожаротушения для ликвидации ландшафтных пожаров // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024.

УДК 691.115

*А. Р. Михаэлис, А. С. Кузьминых, Е. В. Зарубина, А. Л. Никифоров,
Д. С. Репин*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТНОЙ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОЙ ОТДЕЛКИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Теплоизоляционный пожаробезопасный строительный материал, изготовленный из отходов деревообрабатывающей, сельскохозяйственной промышленности.

Ключевые слова: строительный материал, экологичность, теплоизоляционный материал, пожаробезопасный материал.

A. R. Michaelis, A. S. Kuzminykh, E. V. Zarubina, A. L. Nikiforov, D. S. Repin

CHOOSING MATERIALS FOR FIRE-RESISTANT PLATE FINISHING OF BUILDING FACILITIES

Heat-insulating fireproof building material made from waste from the woodworking and agricultural industries.

Key words: building material, environmental friendliness, thermal insulation material, fireproof material.

Производство строительных материалов из отходов разных отраслей промышленности является экономически и экологически выгодным. С каждым годом увеличивается потребность в экологически безопасных и эффективных утеплителях для строительства. Мы выбрали сельскохозяйственные отходы — солому (различных культур) и древесные отходы — опилки (от лиственных и хвойных деревьев). Эти материалы являются доступными и возобновляемыми ресурсами для изготовления утеплителей. Существует множество технологий производства таких строительных материалов, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Отходы органического происхождения, такие как опилки и солома, обладают хорошими теплофизическими свойствами. Правильно подобранные связующие вещества обеспечивают их пожаробезопасность. Целью данного исследования было изучение и выбор оптимального состава наполнителя и связующего.

Нами были изучены свойства соломы различных культур:

Химический состав конопляных волокон:

- Конопляные волокна представляют собой сложную композитную структуру, основу которой составляет целлюлоза, составляющая 70–77 % их массы. В дополнение к целлюлозе, волокна содержат значительное количество

гемицеллюлоз, пектиновых веществ, лигнина и минеральных компонентов. Гемицеллюлозы и пектиновые вещества играют ключевую роль в формировании структуры волокон, а лигнин, являющийся основным компонентом клеточных стенок растений, влияет на прочность и жёсткость волокон. Содержание лигнина варьируется в зависимости от условий вегетации и степени зрелости растений на момент уборки, достигая в среднем 8 %.

Физические свойства конопляных стеблей:

- При оценке технологической ценности конопляных стеблей особое внимание уделяется их физическим характеристикам, включая длину, диаметр и массовую долю волокнистых веществ. Эти параметры имеют критическое значение для определения потенциала использования волокон в различных отраслях промышленности.

- Требования к качеству конопляной соломы (ГОСТ 27024-86):

Согласно ГОСТ 27024-86, конопляная солома должна соответствовать ряду специфических требований, обеспечивающих её пригодность для промышленного использования. Основные из них включают:

1. **Выход луба:** не менее 13 %, что свидетельствует о высокой степени извлечения волокнистых компонентов из сырья.

2. **Изнашиваемость луба:** не более 75 %, что указывает на достаточную прочность и долговечность волокон.

3. **Влажность:** для зоны южного коноплесения не более 33 %, для зоны среднерусского коноплесения в летний период не более 25 %, а в осенне-зимний период (октябрь-март) не более 33 %. Эти параметры обеспечивают сохранение качества волокон и предотвращают их порчу.

4. **Содержание посторонних примесей:** не более 18 %, что гарантирует чистоту сырья и минимизирует риск загрязнения конечного продукта.

Химические свойства соломы злаковых культур:

- Химический состав соломы злаковых культур подвержен значительным вариациям в зависимости от почвенно-климатических факторов и генетических характеристик конкретного сорта. В её составе присутствуют нежелательные элементы, такие как азот (0,45–1,13 % по массе), калий (0,5–1,7 % по массе) и хлор (0,11–0,77 % по массе). Содержание серы в соломе варьируется от 0,1 до 0,77 % (по массе), что обусловлено различиями в биологических и агрономических условиях выращивания. Наименьшая концентрация серы наблюдается в соломе озимой ржи (~0,16 % по массе) и озимой пшеницы (~0,18 % по массе), тогда как наибольшая — в соломе рапса (~0,56 % по массе). Эти различия имеют важное значение для оценки качества соломы как потенциального сырья в различных агропромышленных и биотехнологических процессах.

Физические свойства соломы злаковых культур:

- Солома злаковых культур характеризуется сравнительно низкой насыпной плотностью в сравнении с другими вторичными сельскохозяйственными ресурсами. Насыпная плотность измельчённой

пшеничной соломы с частицами размерами 2–10 мм составляет 65 кг/м³, что делает её менее плотной, чем многие другие виды сельскохозяйственного сырья. Угол естественного откоса соломы находится в диапазоне 45–47°, что определяет её поведение при транспортировке и хранении. Степень поглощения жидкости соломой достигает 3,8 м³/т, что свидетельствует о её высокой гигроскопичности и способности удерживать значительное количество влаги.

- Горючесть соломы злаковых культур:

Пшеничная солома обладает высокой горючестью, что обусловлено её химическим составом. Теплота горения пшеничной соломы составляет 17084 кДж/кг, что делает её эффективным источником тепловой энергии. Температура воспламенения пшеничной соломы равна 200 °С, а температура самовоспламенения — 310 °С. Солома склонна к химическому и тепловому самовозгоранию, при этом температура самонагрева составляет 80 °С. Микробиологическое самовозгорание пшеничной соломы не наблюдается в связи с недостаточным содержанием углеводов, что препятствует саморазогреву до температур, при которых происходит разложение клетчатки.

В отличие от пшеничной, гороховая солома, содержащая около 20 % углеводов, склонна к микробиологическому самовозгоранию. Это связано с её более высоким содержанием легкоокисляемых органических соединений, что делает её более подверженной биodeградации и саморазогреву при определённых условиях.

Выбор материалов для изготовления образцов плитного утеплителя был основан на комплексном анализе физических и химических характеристик соломы. Процесс изготовления образцов включал несколько последовательных этапов. Определенное количество опилок и соломы, указанные в таблице 1, помещалось в предварительно подготовленные формы заданного размера 160×160 мм и 240×240 мм. Эти размеры были определены с учётом экспериментального оборудования, предназначенного для оценки теплопроводности, горючести и воспламеняемости в соответствии с ГОСТ Р 57270—2016 "Материалы строительные. Метод испытания на горючесть". В этом стандарте подробно описан принцип проведения экспериментальных исследований и представлены полученные результаты. Дополнительно были учтены ГОСТ 7076-99 "Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме" и ГОСТ 30256-94 "Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом", а также ГОСТ 30402-96 "Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость".

После формирования образцов они подвергались пропитке жидким стеклом с известью, количество которого также указано в табл. 1. Затем образцы проходили процесс естественной сушки в течение суток, что обеспечивало достижение оптимальных характеристик материалов.

Таблица 1. Количество используемых материалов в подготовленных образцах

Образец/ Материал (г)	Размеры 160×160				Размеры 240×240			
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Опил	15,2	20,01	30,41	15,15	34,02	46,02	70,51	34,01
Солома	13,43	10,42	20,82	13,42	34,12	21,19	42,39	34,11
Жидкое стекло	43,21	71,88	148,88	43,21	91,37	146,98	303,68	91,37
Известь	2	3,5	7,4	2	4,6	7,3	15,2	4,5

Жидкое стекло (силикат натрия) в строительстве традиционно комбинируется с **известью** (оксидом кальция), что приводит к созданию композиционных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, такими как повышенная плотность, прочность и водостойкость.

Оптимальное соотношение компонентов варьируется в зависимости от конкретных задач. Например, для получения высокопрочных камневидных материалов, таких как беерит, известь вводится в количестве 5–10 % от общей массы жидкого стекла. Взаимодействие жидкого стекла с известью инициирует **комплексную химическую реакцию**, в результате которой образуется **силикат кальция** (CaSiO_3). Этот минерал характеризуется высокой плотностью и прочностью, что способствует повышению плотности и водонепроницаемости конечного материала. В процессе твердения силикат кальция кристаллизуется в порах, улучшая структурные характеристики материала.

Скорость химической реакции с известью значительно ниже, чем с хлористым кальцием (CaCl_2), что позволяет использовать известь в качестве контролируемого отвердителя для жидкого стекла, обеспечивая возможность регулирования процесса твердения. Композиция гидросиликатов кальция с кремнегелем демонстрирует высокую эффективность в производстве высококачественных шпатлевок, кислотостойких бетонов, а также теплоизоляционных и конструкционных материалов. Данная комбинация обеспечивает превосходное сочетание эксплуатационных характеристик, включая механическую прочность, устойчивость к агрессивным средам и низкую теплопроводность. Благодаря синергетическому взаимодействию компонентов, достигается оптимальное распределение напряжений в структуре материала, что способствует повышению долговечности и надежности готовых изделий.

Испытания на воспламеняемость образцов, показали, что подавляющее большинство образцов можно классифицировать в рамках групп В1 (трудновоспламеняемые) и В2 (умеренновоспламеняемые) согласно нормативным требованиям пожарной безопасности. Следует отметить, что путём целенаправленного подбора огнезащитных добавок и оптимизации их концентрации в рабочем теплоизолирующем составе можно эффективно управлять пожароопасными характеристиками конечного продукта [1, 2]. Экспериментальные данные, характеризующие пожарную опасность исследованных образцов, представлены в табл. 2, что позволяет сделать обоснованные выводы о влиянии модифицирующих компонентов на огнестойкость теплоизолирующих систем.

Таблица 2. Показатели после проверки на горючесть

Образец/ показатель	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Горючесть	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 %.	Г1 (слабогорючие) температура дымовых газов ≤135 °С, потеря массы ≤20 %.
Скорость распространения пламени, мм/с	1,5	1,6	1,58	1,6
Дымообразование (коэффициент D по ГОСТ 12.1.044)	D1	D1	D1	D1

В рамках настоящего исследования были детально изучены физико-механические и эксплуатационные характеристики полученных материалов. В частности, были определены следующие параметры: теплопроводность, плотность, прочность на сжатие и горючесть. Эти данные являются ключевыми для оценки потенциального применения материалов в различных отраслях промышленности.

Кроме того, была проведена комплексная оценка устойчивости материалов к воздействию внешних факторов, включая влагу, грибки и бактерии. Результаты показали высокую степень биостойкости и гидрофобности исследуемых образцов, что открывает широкие перспективы их использования в условиях повышенной влажности и агрессивной среды.

Следует отметить, что использование отходов сельскохозяйственной промышленности представляет собой экологически устойчивый, экономически выгодный и социально ответственный подход. Этот метод утилизации отходов не только способствует снижению нагрузки на окружающую среду, но и позволяет эффективно решать проблемы, связанные с дефицитом природных ресурсов.

Одним из ключевых аспектов данного подхода является снижение объема отходов, попадающих на полигоны твёрдых бытовых отходов (ТБО). Использование отходов в качестве вторичного сырья для производства новых материалов позволяет значительно сократить количество органических и неорганических отходов, требующих утилизации. Это, в свою очередь, способствует минимизации загрязнения почвы, водоёмов и атмосферы, а также снижению углеродного следа.

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 Всероссийская 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 Всероссийская 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. Пат. на полезную модель 39602 РФ, МПК7 D 01 G 25/00, 15/46. Устройство для формирования волокнистого настила [Текст] // Зарубин В.М., Глинкин П.М., Шмелев С.А., Ульянов Д.А., Шмелева Т.В., Полякова Е.В., Кочетков И.В. № 2004110509/22; заявл. 07.04.2004; опубл. 10.08.2004, Бюл. №22.
5. 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.
6. 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.

УДК 614.841.13

А. А. Монахов, Н. О. Мельников, А. Р. Шугаева, Л. А. Милкина

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНОАММОНИЙ- И ДИАММОНИЙФОСФАТА

В работе исследована огнезащитная эффективность по ГОСТ 30028.3-2022 диаммонийфосфата и моноаммонийфосфата при глубокой пропитке древесины. Получены зависимости потери массы образцов древесины при горении от общего поглощения исследуемых антипиренов.

Ключевые слова: защита древесины, антипирен, средство огнезащиты, огнезащитная эффективность, пожарная опасность древесины.

A. A. Monakhov, N. O. Melnikov, A. R. Shugaeva, L. A. Milkina

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FLAME-RETARDANT EFFECTIVENESS OF MONOAMMONIUM AND DIAMMONIUM PHOSPHATE

The paper investigates the flame-retardant effectiveness according to GOST 30028.3-2022 of diammonium phosphate and monoammonium phosphate during deep impregnation of wood. The dependences of the mass loss of wood samples during combustion on the total absorption of the flame retardants studied.

Key words: wood protection, flame retardant, fire protection agent, fire-retardant effectiveness, fire hazard of wood.

Введение

Согласно данным, приведённым на сайте МЧС России [1] обстановка с пожарами на территории Российской Федерации показывает, что 79,7 % от общего количества пожаров приходится на жилой сектор, число погибших достигло 4100 человек, что меньше, чем в 2023 году на 112 человек, а количество погибших детей увеличилось и составило 199. Всего было зарегистрировано 3832 травмированного человека, это на 117 больше, чем в 2023 г.

В больших количествах используются древесные материалы в жилых секторах. Это связано с тем, что древесина относится к категории легкодоступных материалов, а также из-за своих физико-химических свойств и особенностей строения (структуры, плотности, влажности, теплопроводности, химической стойкости на воздействие различных химических веществ, устойчивости к гниению и вредителям) является наиболее востребованным строительным и декоративно-отделочным материалом. Одним из главных её недостатков является повышенная пожарная опасность.

Основным способом снижения пожарной опасности древесины является пропитка огнезащитными составами. Основной принцип действия таких составов основан на нескольких механизмах, среди которых: образование негорючего слоя, при котором на поверхности древесины при нагревании образуется пенококсовый слой, который препятствует доступу кислорода и распространению пламени, происходит выделение негорючих газов при термическом разложении компонентов состава, разбавляющих горючие компоненты пиролиза древесины и использование компонентов, поглощающих тепло при разложении, замедляя прогрев древесины.

Наиболее распространенными и эффективными с точки зрения огнезащиты антипиренами являются азот- и фосфорсодержащие соединения, способные при нагревании разлагаться с образованием фосфорной кислоты [2, 3].

Ранее, в работе [4] была исследована огнезащитная эффективность диаммонийфосфата. Целью данной работы является сравнительный анализ огнезащитной эффективности моноаммоний- и диаммонийфосфата, распространенных на практике при пропитке древесины.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования были выбраны диаммонийфосфат (ТУ 20.15.72-013-36196786-2020) и моноаммонийфосфат (ТУ 20.15.73-702-00209438-2021) характеристики которых представлены в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

Таблица 1. Физико-химические показатели диаммонийфосфата

№	Наименование показателей	Значение
1	Массовая доля диаммонийфосфата в пересчёте на $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, %, не менее	99,0
2	Массовая доля фосфора в пересчёте на P_2O_5 , %	53±1
3	Массовая доля общего азота (N), %	21±1
4	Массовая доля воды (H_2O), %, не более	0,5
5	Массовая доля частиц, % размером: -не более 1 мм, не менее -менее 4 мм, не менее -от 4 мм до 7 мм, не более -более 7 мм	95 98 2 0
6	Кислотность: показатель активности водородных ионов 0,1 М раствора, ед. pH	7,8 – 8,6

Таблица 2. Физико-химические показатели моноаммонийфосфата

№	Наименование показателей	Значение
1	Массовая доля фосфора, растворенного в 0,4%-ном растворе соляной кислоты, %, в пересчете на P_2O_5	61±1
2	Массовая доля азота (N), растворенного в 0,4 %-ном растворе соляной кислоты, %	12,0±1
3	Массовая доля воды, %, не более	0,3
4	Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,04

При исследованиях использовались образцы древесины из заболони сосны в соответствии с ГОСТ 30028.3-2022 [5], заготовленной в Московской области (плотность в воздушно-сухом состоянии при влажности 8 % равна 450 кг/м^3), пропитанные растворами исследуемых антипиренов.

Пропитка образцов растворами антипиренов проводилась на сквозь по методу «вакуум – атмосферное давление» в установке (рис. 1) с начальным вакуумом не менее $0,09 \text{ МПа}$, продолжительностью (15 ± 1) минут и продолжительностью выдержки в растворе при атмосферном давлении (30 ± 1) минут согласно ГОСТ 30028.3-2022 [5].

После высыхания образцы сжигались на установке для определения огнезащитной эффективности (рис. 2) по ГОСТ 30028.3-2022 [5].

На рис. 3 представлена зависимость потери массы образцов от общего поглощения антипиренов.

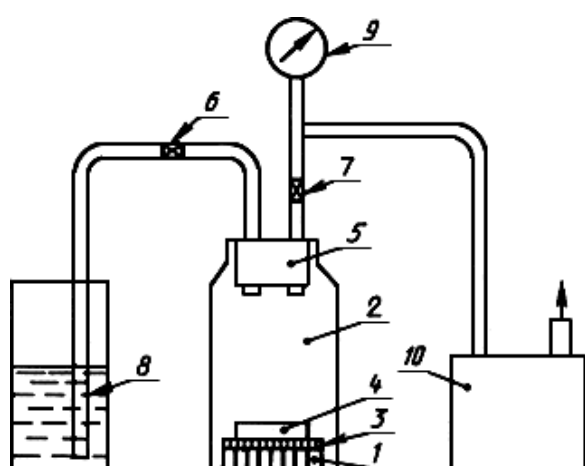


Рис. 1. Установка для пропитки образцов:

- 1 – образцы древесины;
- 2 – пропиточный сосуд; 3 – сетка;
- 4 – противовсплывное устройство;
- 5 – пробка; 6, 7 – краны;
- 8 – сосуд с раствором испытуемого защитного средства; 9 – вакуумметр;
- 10 – вакуумный насос

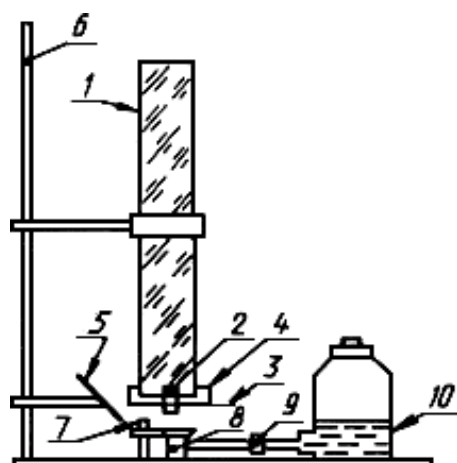


Рис. 2. Установка для сжигания образцов:

- 1 – труба из кварцевого стекла с внутренним диаметром 90 мм, толщиной стенки 5 мм и длиной 800 мм;
- 2 – образец древесины;
- 3 – игла для крепления образца;
- 4 – держатель иглы; 5 – зеркало;
- 6 – штатив; 7 – заслонка;
- 8 – устройство для поджигания;
- 9 – шланг с зажимом;
- 10 – емкость для спирта

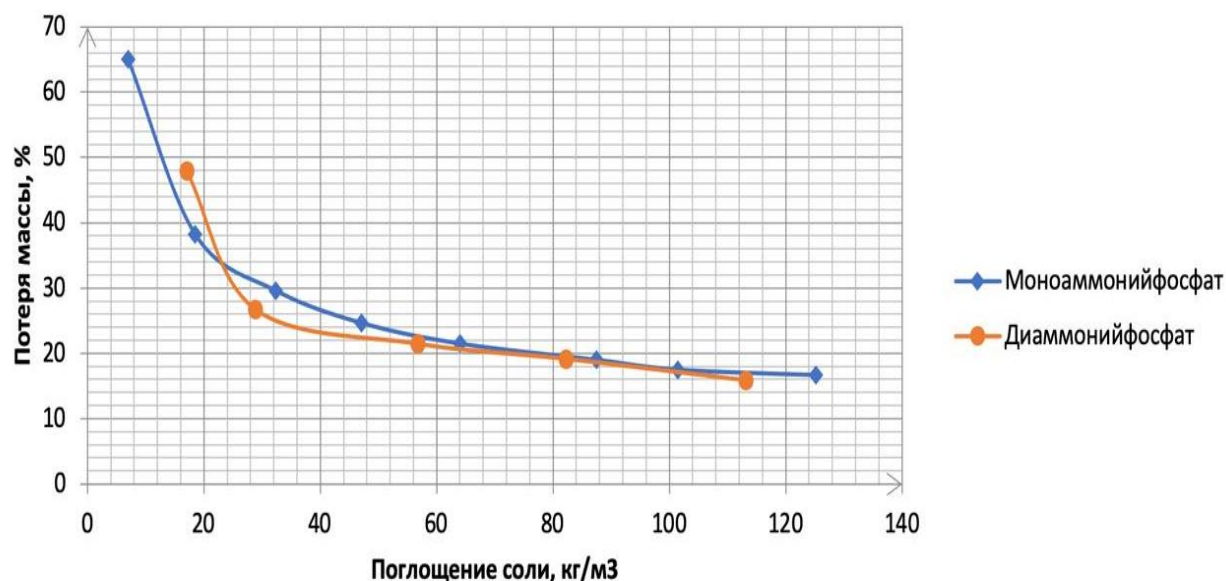


Рис. 3. Зависимость потери массы образца от общего поглощения соли (кг/м³).

Заключение

Анализируя график (рис. 3), установлено, что для диаммонийфосфата потеря массы 25 % достигается при поглощениях 33 кг/м³, а для моноаммонийфосфата при 46 кг/м³, при этом обеспечивается II класс огнезащитной эффективности по ГОСТ 30028.3-2022 [5] обоими антипиренами. Таким образом, моноаммонийфосфат в качестве средства огнезащиты несколько менее эффективен диаммонийфосфата при поглощениях от 20 до 50 кг/м³, что необходимо учитывать при их применении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт МЧС России [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://87.mchs.gov.ru/uploads/resource/2025-04-25/11-statisticheskie-dannye_1745532917320520496.pdf (дата обращения 09.10.2025).
2. Мельников Н.О. Влияние антипиренов на термическое разложение древесины / Н.О. Мельников, Н.И. Акинин // Химическая промышленность сегодня. – 2022 – № 5. – С. 52-57. – DOI 10.53884/27132854_2022_5_52. – EDN WOCWPA.
3. Балакин В.М. Азот-фосфоросодержащие антипирены для древесины и древесных композиционных материалов (литературный обзор) / В.М. Балакин, Е.Ю. Полищук // Пожаровзрывобезопасность. – 2008 – № 2. – С. 43-51.
4. Капранова Е.М. Термоанализ древесины, пропитанной диаммонийфосфатом и сульфатом аммония / Е.М. Капранова, В.Ю. Колесова, Н.О. Мельников // Успехи в химии и химической технологии. – 2024 – № 10. – С. 131-134.
5. ГОСТ 30028.3-2022. Средства защитные для древесины. Экспресс-метод определения огнезащитной эффективности. Издание официальное. М: Российский институт стандартизации, 2022.

УДК 614.841.343

А. В. Мордвинова^{1,2}, И. А. Мартынова¹

¹ ФГБУ ВНИИПО МЧС России

² ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ,
ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ТРУДНОГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ,
В ПРИБЛИЖЕННЫХ К РЕАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ**

Разработана программа и методика испытаний теплоизоляционных конструкций технологических трубопроводов, позволяющая исследовать пожарную опасность теплоизоляционных конструкций технологических трубопроводов на воздействие пожара пролива и факельное горение.

Ключевые слова: теплоизоляция, трубопровод, пожарная опасность, пожар пролива, факельное горение.

A. V. Mordvinova^{1,2}, I. A. Martynova¹

¹ FGBU VNIPO EMERCOM of Russia

² FGBOU VO «NRU «MEI»

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FIRE HAZARD
OF THERMAL INSULATION STRUCTURES
OF TECHNOLOGICAL PIPELINES MADE OF DIFFICULT-TO-BURN
MATERIALS, IN CLOSE PROXIMITY TO REAL CONDITIONS**

A program and methodology for testing thermal insulation structures of technological pipelines have been developed, which makes it possible to investigate the fire hazard of thermal insulation structures of technological pipelines to the effects of spill fire and flare burning.

Key words: thermal insulation, pipeline, fire hazard, spill fire, flare burning.

Основную опасность на промышленных объектах нефтегазовой отрасли составляют высокая пожаровзрывоопасность углеводородных веществ (газов и жидкостей) и вероятность их выброса в окружающее пространство при разгерметизации технологического оборудования в процессе аварии. Показатели пожаровзрывоопасности этих веществ таковы, что практически любые выбросы углеводородов способны воспламениться от источника зажигания (электрической искры, искры от трения и др.).

В зависимости от состава выброса (газ, жидкость, газожидкостная смесь) и времени задержки воспламенения в результате разгерметизации может развиваться пожар газа (факельное горение или сгорание облака) или жидкости (горение пролива жидкости, струя горящей жидкости), или смешанный пожар жидкости и газа.

При этом пожар может распространяться за счет разрушения оборудования и вовлечения в пожар новых объемов горючих веществ, а также по поверхности оборудования и трубопроводов, увеличивая свои масштабы и тяжесть последствий.

В этой связи, проведение исследований по определению возможности распространения пожара по теплоизоляционным конструкциям технологических трубопроводов, выполненных из трудногорючих материалов, в условиях внешнего огневого воздействия пожара пролива и факельного горения является актуальной задачей обеспечения пожарной безопасности, в том числе при выборе того или иного материала теплоизоляции.

Анализ пожарной опасности ряда производственных объектов нефтегазовой отрасли показывает, что характерными видами пожаров при разгерметизации оборудования являются пожар пролива и факельное горение струи жидкости или газа.

Специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России проведен поисково-аналитический обзор российских и иностранных нормативных документов по исследованию пожарной опасности теплоизоляционных конструкций, результаты которого показали отсутствие утвержденных в установленном порядке методик испытаний теплоизоляционных конструкций технологических трубопроводов на воздействие пожара пролива и факельное горение.

С целью проведения экспериментальных исследований была разработана программа и методика испытаний теплоизоляционных конструкций, которая определяет порядок и объем проведения экспериментальных исследований (испытаний) по огневому воздействию пожара пролива и факельного горения на теплоизоляционные конструкции технологических трубопроводов, выполненные из трудногорючих материалов. В ее основу легли близкие по области применения методики существующих российских (ГОСТ Р 53327-2009) и иностранных (NFPA 274-2013) нормативных документов, а также проведенная в 2007 году научная работа по исследованию пожарной опасности конструкций из горючих и трудногорючих материалов, используемых для теплоизоляции технологического оборудования и трубопроводов наружных технологических установок [1].

В соответствии с программой и методикой испытаний исследуемые образцы при проведении натурных огневых испытаний должны представлять собой теплоизоляционные конструкции длиной не менее 3 м, нанесенные на стальные трубы длиной не менее 4 м. Для всех образцов теплоизоляционных конструкций теплоизоляцию следует выполнять из трудногорючих материалов группы Г1 с покровным слоем – из трудногорючих материалов группы Г1.

Толщина теплоизоляционного слоя выбирается исходя из реальных толщин теплоизоляционных конструкций технологических трубопроводов, эксплуатирующихся на производственном объекте защиты.

В качестве модельного очага пожара пролива применяется поддон с горящим бензином, воздействующий как на горизонтально, так и на вертикально ориентированные образцы, с учетом реальных способов расположения технологических трубопроводов на производстве.

При исследовании воздействия на горизонтально ориентированный образец применяется поддон прямоугольной формы длиной 100 см и шириной 50 см, который следует размещать непосредственно под образцом на расстоянии 20 см от его поверхности.

При исследовании воздействия на вертикально ориентированный образец используется поддон кольцевой формы шириной 20 см, непосредственно примыкающий к теплоизоляционной конструкции.

Продолжительность воздействия модельного очага пожара пролива на теплоизоляционные конструкции составляет 10 мин, что отличается от времени огневого воздействия исследований [1], но принято авторами методики, как более реальное (приближенное к условиям эксплуатации) с учетом наличия на производстве системы противоаварийной автоматической защиты, перекрывающей аварийные участки и ограничивающей время выброса опасных веществ.

Воздействие факельного горения при утечке углеводородов моделируется газовой горелкой мощностью $70,5 \pm 0,5$ кВт. Выбранное значение мощности теплового излучения от воздействия факельного горения также отличается от исследований [1] и основано на положениях стандарта NFPA 274-2013 и является наиболее приближенным по параметрам к возможному пожару на производственном объекте. Воздействие факельного горения осуществляется как на горизонтально и вертикально ориентированный образцы с целым покрывным слоем и с вырезанным в покрывном слое отверстием, имитирующим повреждение защитно-покровного слоя.

В качестве топлива для горелки используется газообразная пропан-бутановая смесь (или метан). При проведении испытаний горелку следует располагать на расстоянии 20 см от поверхности образца.

Продолжительность воздействия модельного очага факельного горения на теплоизоляционные конструкции составляет 10 мин или до момента распространения пламени по всей длине образца.

В соответствии с разработанной программой и методикой проведения испытаний в качестве критериев оценки результатов огневых испытаний на воздействие пожара пролива и факельное горение были приняты параметры, аналогичные критериям ГОСТ Р 53327-2009 (за исключением температуры дымовых газов, измерение которой на открытом пространстве представляется нецелесообразным):

1. наличие или отсутствие образования расплавленных капель при огневом воздействии на образец;

2. наличие или отсутствие распространения пламени по длине образца (степень и характер повреждения покровного и теплоизоляционных слоев, глубина выгорания теплоизоляции, наличие неповрежденных слоев внутри образца и т.д.);

3. наличие или отсутствие самостоятельного горения образца после прекращения огневого воздействия модельного очага пожара (время самостоятельного горения после удаления источника зажигания).

Оценку степени повреждения поверхности образца по длине следует производить в контрольной зоне, размер которой для вертикально ориентированного образца принимается от крайней части теплоизоляционной конструкции со стороны, противоположной огневому воздействию, и должен составлять не менее 1000 мм, для горизонтально ориентированного образца – от крайней части теплоизоляционной конструкции и должен составлять не менее 500 мм.



Рисунок. Результаты огневых испытаний на воздействие пожара пролива
и факельное горение соответственно

В соответствии с разработанной методикой была проведена серия экспериментов, результаты которой показали, что испытываемые теплоизоляционные конструкции технологических трубопроводов, выполненные из трудногорючих материалов, даже в более жестких, приближенных к реальным, условиях огневого воздействия хорошо зарекомендовали себя с точки зрения ограничения распространения опасных

факторов пожара, предотвращения возможной эскалации пожара, обеспечения защиты, устойчивости и целостности трубопровода и позволили заключить о принадлежности испытываемого образца теплоизоляционной конструкции к группе не распространяющие пламя (НРП).

Фотоиллюстрация образцов теплоизоляционных конструкций после проведения огневых испытаний представлена на рисунке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная опасность теплоизоляционных конструкций из горючих и трудногорючих материалов / И.А. Болодьян, Ю.И. Дешевых, Ю.Н. Шебеко, Д.М. Гордиенко, В.П. Некрасов, П.А. Трусков, А.А. Бондарев // Пожарная безопасность. – 2007. – № 2. – С. 59-66.

УДК614.841.42

Е. А. Москвиллин, К. С. Власов
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТА СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПОЖАРОВ ДЛЯ ВОДОПЛЕНОЧНЫХ ЭКРАНОВ И ДРЕНЧЕРНЫХ ЗАВЕС

Проведены опытно-исследовательские учения «сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации. Получены новые результаты, которые позволяют оптимизировать основу дальнейших исследований.

Ключевые слова: средства защиты людей и пожарных, водопленочный экран, дренчерные завесы.

E. A. Moskvilin, K. S. Vlasov

COMPARISON OF THE EFFECT OF REDUCING HEAT RADIATION FROM FIRES FOR WATER-FILM SHIELDS AND DRENCHER CURTAINS

Experimental research exercises "forces and means of the unified state system for the prevention and liquidation of emergency situations in the Arctic zone of the Russian Federation. New results and methods have been obtained that will allow us to deepen and optimize the basis for further research.

Key words: fire personnel protection equipment, water film screen, drainage curtains

В настоящее время с использованием СПГ на объектах производства и потребления, рекомендуется предусматривать защитные меры для снижения интенсивности теплового излучения горящего пролива или факела пламени до допустимого для пожарного в защитной одежде значений (не более 5 кВт/м²).

В ходе учений была проверена эффективность работы мобильных водопленочных экранов (ВПЭ) и дренчерных завес.

По характеристикам теплозащитные ВПЭ предназначенные для защиты личного состава и оборудования от повышенных тепловых излучений, могут выдержать тепловые потоки до 200 кВт/м² и снизить эти потоки до безопасных значений (до 50 раз). Для подтверждения представленных характеристик необходима апробация теплозащитного экрана при горении СПГ.

Для исследования теплозащитных свойств экрана при горении СПГ, рядом с модельным очагом на расстоянии 1 метр был установлен ВПЭ, за экраном помещен манекен, оборудованный тепловыми датчиками. Тепловые датчики были установлены также и перед ВПЭ.

Модельный очаг был заполнен сжиженным метаном, толщина слоя 0,15 метра, и с соблюдением пожарной и техники безопасности СПГ был воспламенен. В процессе горения СПГ была достигнута мощность теплового потока около 25 кВт/м², по мере выгорания горючего газа тепловой поток снижался до 18 кВт/м². Датчики регистрации теплового потока были установлены на высоте 1 и 1,5 м от поверхности площадки огневых испытаний, т.е. было зафиксировано излучение на уровне роста пожарного.

В процессе выгорания метана в модельном очаге фиксировалась и температура на манекене одетого в боевую одежду пожарного. Температурные датчики с погрешностью были установлены на тело манекена и на поверхности боевой одежды пожарного, на лицевой маске, в области живота и в области коленных суставов.

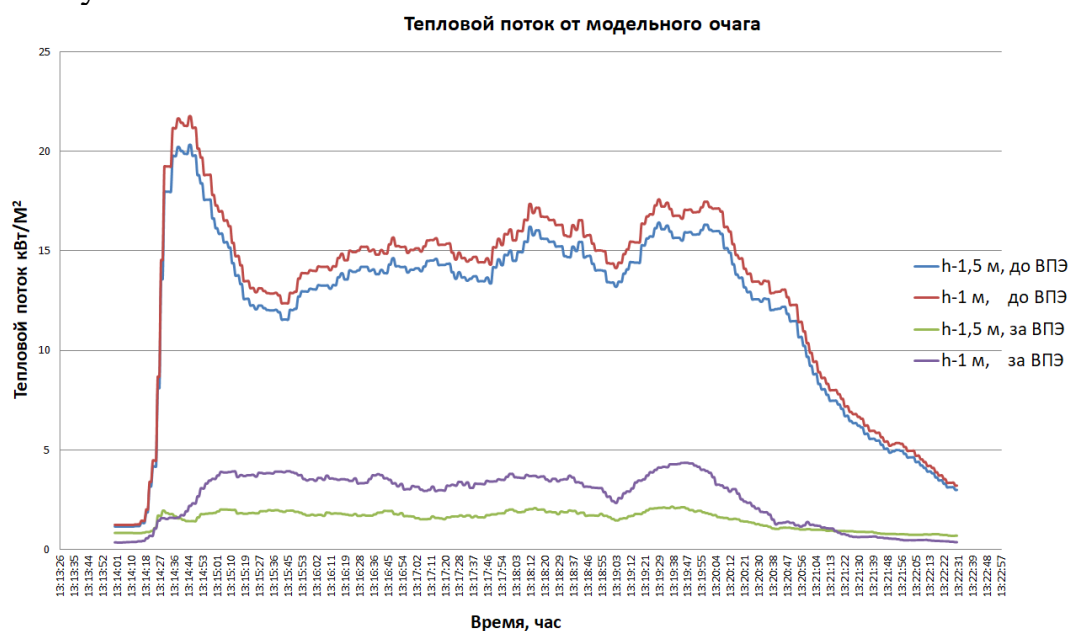


Рис. 1. Оценка эффективности снижения теплового потока модельного очага при использовании ВПЭ

Показатели теплового потока до ВПЭ и за ним представленные на рисунке 1 показали, что его мощность была снижена в среднем на 75 %, т.е. его величина не преодолела барьер в $4,5 \text{ кВт/м}^2$. Однако снижения в заявленных параметрах достигнуто не было.

Также для защиты пожарных интенсивности теплового излучения могут применяться дренчерные завесы. В настоящее время спектр использования дренчерной завесы закреплён в нормативных документах, [2, 3]. И в качестве противопожарной преграды между объектами при невозможности соблюдения противопожарных разрывов

В объеме созданного пространства был смоделирован надземный газопровод, а также расположенное на расстоянии 10 метров от оси трассы газопровода здание. В качестве расчетного сценария выбрано факельное горение при разгерметизации газопровода. [1] Дренчерная завеса задана непосредственно на фасаде стены смоделированного здания, обращенной в сторону газопровода.

Моделирование проводилось при различной интенсивности дренчерной завесы (от 0,1 до 1,5 литра в секунду на погонный метр завесы). В интервале от 0,1 до 0,5 литров в секунду на погонный метр завесы значение теплового потока, падающего на стену здания, превышало более $10,0 \text{ кВт/м}^2$, что говорит о низкой эффективности завесы (в соответствии с Таблицей П4.4 Приказа МЧС России № 404) Данный результат указывает на то, что люди, попавшие в контакт с данным тепловым излучением без средств защиты будут получать ожоги 1 степени уже спустя 10–12 секунд) [6].

При дальнейшем увеличении интенсивности подачи воды до $1,0 \text{ л/с·м}$ было получено общее снижение теплового потока порядка с $19,6$ до $3,5 \text{ кВт/м}^2$. Однако, значение $3,5 \text{ кВт/м}^2$ в соответствии с нормативными документами не является «безопасной границей» для нахождения людей. Впоследствии было найдено оптимальное значение интенсивности работы дренчерной завесы равной $1,3 \text{ л/с м}$ позволяющее снизить падающий тепловой поток до $1,4 \text{ кВт/м}^2$ -«безопасной границы» [7].

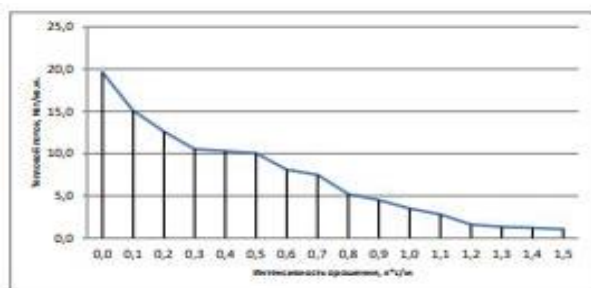


Рис. 2. Зависимость плотности теплового излучения за завесой от интенсивности дренчерной завесы

В рамках опытно-исследовательских учений сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации проведено сравнение водопленочных экранов и дренчерной завесы для защиты личного состава и оборудования от повышенных тепловых излучений

ВЫВОДЫ

Проведена оценка эффективности применения водопленочных экранов (ВПЭ) и дренчерных завес для снижения теплового излучения при горении СПГ (метана).

Экспериментально доказана применимость водопленочных экранов и дренчерных завес для защиты личного состава и оборудования от повышенных тепловых излучений характерных для горения СПГ [1-7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гутовский А.В., Гомонай И.В., Беспалова Ю.О. О создании технических средств защиты пожарных от повышенных тепловых воздействий в условиях лесного пожара // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. мат. конф. Иваново: Ивановская ПСА ГПС МЧС России, 2018.с. 241-246.
2. ГОСТ Р 53264-2019. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний: нац. стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по тех регулированию и метрологии от 27 сентября 2019 г. № 807 –дата введения 2020-03-01// Кодекс: электрон. фонд правовой и норматив.-тех. информ. URL: [https:// docs. cntd. ru](https://docs.cntd.ru)
3. Шимко В.Ю. Использование водопленочных теплозащитных экранов для защиты от теплового излучения при горении проливов сжиженного природного газа // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – т. 22, №12.
4. Безбородов В.И. Защита светопрозрачных конструкций водяными завесами // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно практической конференции молодых учёных и специалистов. 2012. № 1. С. 50-52.
5. Шарафутдинов А.А., Краснов А.В., Газизов А.М. Исследование поведения стеновых сэндвич-панелей, орошаемых дренчерной завесой, при одностороннем тепловом воздействии // Безопасность труда в промышленности. 2022. № 2. С. 27-31.
6. Хованская В.И., Краснов А.В. Повышение предела огнестойкости стеновых сэндвич панелей с помощью дренчерных завес // Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли: материалы II Международной научно-практической конференции. 2019. С. 125.
7. Хафизов И. Ф., Халиков Р. В. Исследование снижения падающего теплового потока на объекты, защищаемые дренчерными завесами: Современные пожароопасные материалы и технологии: материалы Международной научно-практической конференции. 2024. С. 455.

УДК 542.8

Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина, О. Н. Сони́на

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ ПО МЕБЕЛЬНЫМ ТКАНЯМ

В статье представлены экспериментальные данные по скоростям распространения пламени по горизонтально и вертикально ориентированным образцам мебельных тканей, в зависимости от ее поверхностной плотности и пространственной ориентации.

Ключевые слова: мебельные ткани, скорость распространения пламени, поверхностная плотность, пространственная ориентация.

O. E. Storonkina, T. A. Mochalova, O. N. Sonina

STUDY OF FLAME PROPAGATION VELOCITY IN FURNITURE FABRICS

This article presents experimental data on flame propagation rates in horizontally and vertically oriented furniture fabric samples, depending on their surface density and spatial orientation.

Key words: furniture fabrics, flame propagation rate, surface density, spatial orientation.

Вопрос обеспечения пожарной безопасности приобретает особую актуальность в связи с ростом числа бытовых пожаров, вызванных возгоранием мебели. Согласно статистическим данным, приблизительно 40 % всех пожаров происходят вследствие неисправностей или неправильного использования предметов интерьера, в частности, мягкой мебели. Таким образом, проведение исследований, направленных на изучение процессов горения и распространения пламени по поверхностям текстильных материалов, обладает высокой социальной и экономической значимостью, так как понимание механизмов взаимодействия огня с различными видами тканей позволит разработать эффективные меры предотвращения и локализации пожаров, что значительно повысит уровень безопасности жилых помещений и сократит материальные убытки.

Настоящее исследование представляет собой логическое продолжение серии ранее выполненных работ [1-3], в рамках которых был применен комплексный подход к анализу воспламеняемости современных текстильных материалов, предназначенных для декоративных целей.

Целью данного исследования является изучение характеристик мебельных тканей, с точки зрения их способности к воспламенению и распространению пламени.

В работе в качестве объектов исследования использовались образцы современной обивочной ткани, широко используемые для отделки мебели (диваны, кресла, сиденья стульев, изголовья кроватей и т.п.), сложной структуры, состоящие из синтетических и натуральных волокон.

В качестве объектов исследования были выбраны 8 образцов современных мебельных тканей разных по составу 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 подготавливалось 5 образцов размером 60×130 мм. Образцы помещались в рамку размером 110×150 мм. (рис. 1) и зажимались с помощью гаек (рис. 2).



Рис. 1. Исследуемый образец на рамке для определения скорости распространения пламени



Рис. 2. Рамка с исследуемым образцом, установленная горизонтально в камеру

Далее рамка помещалась в камеру (рис. 2) для проведения непосредственного испытания. Высота пламени горелки регулировалась в вертикальном положении и составляла 40 мм.

Для определения скорости распространения пламени по вертикали рамку с образцом устанавливали вертикально. Зажигание образца с кромки под углом 45° производили с помощью горелки. 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 края образца включали секундомер. Выключали секундомер при выполнении одного из двух условий:

- если фронт пламени достиг края рамки;
- если происходило затухание пламени.

В случае определения скорости распространения пламени по горизонтали рамку с образцом располагали горизонтально при этом горелка тоже располагалась горизонтально. Расстояние между образцом и горелкой подбиралось таким образом, чтобы край пламени горелки касался кромки образца.

После воспламенения образца и прохождения фронта пламени 10 мм от края образца включали секундомер. Выключали секундомер при выполнении одного из двух условий:

- если фронт пламени достиг края рамки;
- если происходило затухание пламени.

По окончании испытаний определялась максимальная длина обугленного участка.

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 и на рис. 3.

Таблица. Экспериментальные данные по распространению пламени

№ п/п	Вид образца	Состав	Поверхностная плотность, г/м ²	$v_{\text{р.п.}}^{\text{верт.}}$, мм/с	$v_{\text{р.п.}}^{\text{гор.}}$, мм/с
1	Flok - soft	65 % полиэстер, 35 % хлопок	300	3,53	2,33
2	Verona	89 % полиэстер, 7 % полиамид, 4 % хлопок	340	4,9	2,13
3	Katrine	100 % полиуретан	390	5,11	1,44
4	Levis	100 % полиэстер	280	5,1	1,45
5	Shaggy	100 % полиэстер	290	6,57	2,17
6	Siena	100 % полиэстер	320	4,2	1,92
7	Versal	100 % полиэстер	430	3	1,26
8	Vicont	100 % полиэстер	500	3,53	1,11

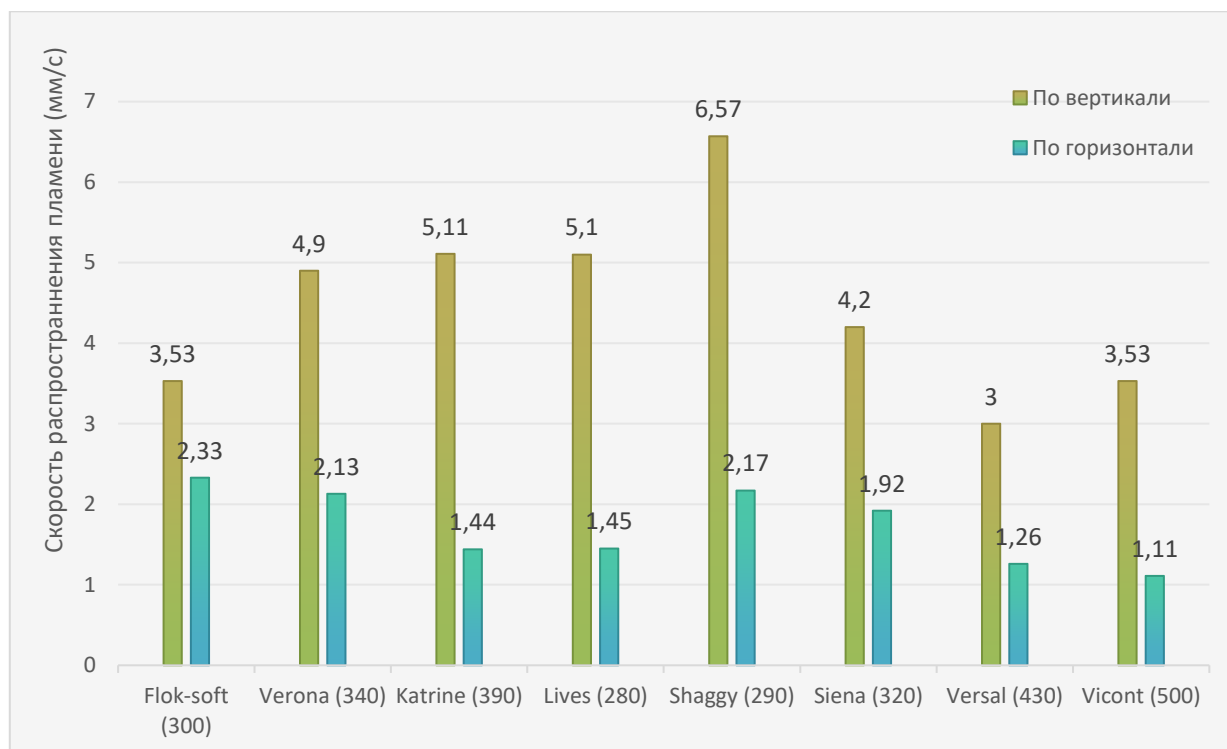


Рис. 3. Зависимость скорости распространения пламени по вертикально и горизонтально ориентированным образцам обивочной мебельной ткани от поверхностной плотности материала

По результатам проведенных испытаний выявлено, что скорость распространения пламени при вертикальной ориентации образцов приблизительно в 1,5 – 3,5 раза 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, прогревая его.

Полученные результаты, представленные в таблице, показывают, что наличие в составе ткани натуральных волокон (хлопка) влияет на скорость распространения пламени по ее поверхности. Чем выше содержание хлопка, тем ниже скорость распространения пламени по поверхности ткани при вертикальной ориентации образцов. При горизонтальной ориентации образцов разница в скорости распространения пламени между разными по химическому составу материалами («Flok-soft» и «Verona») незначительна.

Анализ полученных результатов испытаний позволил установить четкую зависимость скорости распространения пламени по поверхности текстильных материалов от их поверхностной плотности:

– материалы с меньшей поверхностной плотностью характеризуются большей скоростью распространения пламени как при вертикальной, так и при горизонтальной ориентации образцов, что свидетельствует о их большей пожарной опасности;

– с увеличением поверхностной плотности ткани наблюдается замедление скорости распространения пламени по ее поверхности, что объясняется большей массой и теплоёмкостью материала, а также более плотной структурой волокон.

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. Мочалова Т.А. Зависимость воспламеняемости синтетических тканей от их состава и поверхностной плотности / Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина, С.А. Шабунин // 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 РФ, 2024. – С. 264-269. – EDN FCHLYB.

2. 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.

3. Мочалова Т.А. Исследование способности к воспламенению и устойчивому горению мягких элементов мебели от кальянных углей / Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 3(48). – С. 95-99. – EDN VCNIOX.

УДК 614.835.3

Р. В. Мужедов, В. В. Соловьев, А. И. Вакуленко

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В работе представлен обзор способов защиты резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений. Проведен анализ имеющихся в настоящее время исследований, направленных на защиту резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений, а также исследования, косвенно касающиеся данного направления.

Ключевые слова: пожарная опасность, пирофорные отложения, коррозия, нефть и нефтепродукты

R. V. Muzhedov, V. V. Solovyov, A. I. Vakulenko

A REVIEW OF METHODS FOR PROTECTING OIL AND PETROLEUM PRODUCT TANKS FROM THE FORMATION OF PYROPHORIC DEPOSITS

This paper presents a review of methods for protecting oil and petroleum product storage tanks from pyrophoric deposits. It also analyzes current research aimed at protecting oil and petroleum product storage tanks from pyrophoric deposits, as well as research indirectly related to this area.

Key words: fire hazard, pyrophoric deposits, corrosion, oil and petroleum products

Резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов относятся к опасным производственным объектам, т.к. там обращаются горючие вещества. Одной из опасностей, в результате которой может произойти пожар, является образование на внутренней поверхности резервуаров пирофорных отложений. Попадание внутрь резервуара воздуха приводит к окислению пирофорных отложений и их нагреванию. При определенных условиях возможно достижение пирофорными отложениями критических значений температур, при которой может произойти самовоспламенение элементов, входящих в состав пирофорных отложений [5].

В данной работе проводится обзор способов защиты резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений.

Суть защиты резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений сводится к контролю толщины пирофорных отложений в таких пределах, когда их толщина не будет позволять им аккумулировать теплоту и, соответственно, температура самовоспламенения не будет достигаться.

В настоящее время известны следующие способы борьбы с пирофорными отложениями:

- применение при строительстве резервуаров коррозионностойких конструкций;
- очистка хранимого продукта от агрессивных веществ, вызывающих коррозию или способствующие ей;
- применение антикоррозионных покрытий;
- ингибирование образования пирофорных отложений.

При рассмотрении способов защиты было выделено несколько направлений исследований и разработок способов защиты резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений [1-15], которые наблюдаются в настоящее время:

- разработка защитных покрытий [1, 6, 9, 10, 11, 14];
- предварительная обработка защищаемой поверхности [11];
- заполнение инертной средой (азотом) паровоздушного пространства в резервуаре [5];
- нейтрализация (деактивация) пирофорных отложений химическим способом [12, 15].

Отдельно можно выделить попытки моделирования и контроля за температурой окисления пирофорных отложений [7, 13], контроля за температурой с помощью термоиндикаторных материалов [8], контроля скорости опорожнения резервуара [2, 3], а также применение технологических очисток разными методами [4].

Разработка способов защиты остается актуальной темой, учитывая экономический вклад нефтегазовой отрасли в экономику Российской Федерации, а также степень опасности, учитывая обращающиеся в них горючие вещества. Большинство публикаций направлено на разработку защитных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азовцев, А. Г. Оценка защитных свойств акриловых покрытий от образования пирофорных отложений в паровоздушной среде прямогонного бензина при различной концентрации сероводорода / А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2020. – № 2(62). – С. 90-96. – EDN SXMEYJ.
2. Азовцев, А. Г. Влияние скорости опорожнения резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов на вероятность самовозгорания пирофорных отложений / А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу // Проблемы техносферной безопасности: материалы

международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2017. – № 6. – С. 4-8. – EDN YUSNHA.

3. Бодров, М. А. Определение времени достижения концентрации кислорода при опорожнении резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов / М. А. Бодров, А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 20–21 сентября 2017 года. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 201-205. – EDN YSRTMP.

4. Васильева, А. В. Современные технологии очистки резервуаров от пирофорных отложений, предупреждение образования пирофорных отложений / А.В. Васильева, С. Д. Горошко, А. А. Петрикина // Тенденции развития науки и образования. – 2025. – № 117-6. – С. 33-36. – DOI 10.18411/trnio-01-2025-274. – EDN QHJOHT.

5. Ингибирование образования пирофорных коррозионных отложений / И. И. Реформатская, И. Р. Бегишев, И. И. Ащеулова [и др.] // Журнал физической химии. – 2023. – Т. 97, № 4. – С. 570-574. – DOI 10.31857/S0044453723040246. – EDN TGQVEU.

6. Митрофанов, А. С. Влияние матрицы на адгезионные свойства композитных покрытий для защиты технологического оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений / А. С. Митрофанов, С. А. Сырбу, А. Г. Азовцев // Современные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 4(45). – С. 93-98. – EDN FWHVEN.

7. Моделирование тепловых процессов при нагреве пирофорного слоя в резервуаре вертикальном стальном для хранения нефти и нефтепродуктов / А.Г. Азовцев, В.В. Новиков, Е.В. Барина [и др.] // Технологии техносферной безопасности. – 2018. – № 2(78). – С. 43-54. – DOI 10.25257/TTS.2018.2.78.43-54. – EDN YKWUQR.

8. О возможности применения термохромных материалов для индикации самонагрева пирофорных отложений / А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу, А.Л. Никифоров, С.Н. Ульява // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 25 октября 2019 года. – Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 259-263. – EDN UGXBAJ.

9. Патент № 2737908 С1 Российская Федерация, МПК C23F 15/00, C01G 49/12. Защитный состав от образования пирофорных отложений, образованных соединениями сероводорода с железом: № 2020108248: заявл. 25.02.2020: опубл. 04.12.2020 / С. А. Сырбу, А. Г. Азовцев, Н. А. Таратанов; заявитель ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России». – EDN WJRBZO.

10. Патент № 2816080 С1 Российская Федерация, МПК C09D 175/02, C23F 15/00. Композитный состав для защиты внутренней поверхности резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений: № 2023105227: заявл. 06.03.2023: опубл. 26.03.2024 / С. А. Сырбу, А. Г. Азовцев, А. С. Митрофанов; заявитель ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России». – EDN ILTCOR.

11. Петрилин Д. А. Фосфатирование как способ защиты оборудования от коррозии и образования пирофорных отложений / Д. А. Петрилин, И. И. Реформатская, И. И. Ащеулова // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2023. – № 12. – С. 26-31. – EDN EKWDAS.

12. Расулов, С. Р. Дезактивация пирофорных отложений в нефтегазовом комплексе / С. Р. Расулов // Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений и транспорта трудноизвлекаемых запасов углеводородов: Материалы всероссийской научно-технической конференции (с международным участием), Ухта, 07–08 ноября 2019 года. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2020. – С. 240-243. – EDN AUFSFS.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665645 Российская Федерация. Моделирование процесса самонагрева пирофорных отложений при очистке резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов: № 2021664575: заявл. 17.09.2021: опубл. 30.09.2021 / С. А. Сырбу, А.Г. Азовцев, А. С. Митрофанов; заявитель Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – EDN VCZAIИ.

14. Предупреждение возгорания пирофорных отложений в стальных резервуарах / Л. А. Храмцова, М. А. Леонтьева, Ю. А. Байдюк [и др.] // Бюллетень результатов научных исследований. – 2019. – № 1. – С. 48-58. – DOI 10.20295/2223-9987-2019-1-50-58. – EDN ZAJPRB.

15. Ямалеева, З. И. Химическая нейтрализация пирофорных отложений гипохлоритом натрия в резервуарах для хранения нефти / З. И. Ямалеева // Молодой ученый. – 2025. – № 18(569). – С. 131-133. – EDN TASWFD.

УДК: 378

А. А. Музыков, А. А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

В статье рассмотрены основные виды ландшафтных пожаров и меры, направленные на их предотвращение. Проведен анализ высокоэффективных способов локализации и ликвидации ландшафтных пожаров. Показано, что наиболее эффективным способом предотвращения ландшафтных пожаров считается создание защитных полос, а для ликвидации возгораний рассмотрена возможность применения огнетушащих веществ с добавлением смачивателей.

Ключевые слова: ландшафтный пожар; отжиг; огнетушитель; защитная полоса; смачиватель.

A. A. Muzykov, A. A. Pokrovsky

FEATURES AND METHODS OF EXTINGUISHING LANDSCAPE FIRES

This article examines the main types of landscape fires and measures aimed at preventing them. It also analyzes highly effective methods for containing and extinguishing landscape fires. It demonstrates that the most effective way to prevent landscape fires is to create protective strips, and the use of extinguishing agents with added wetting agents is considered for extinguishing the fires.

Key words: landscape fire; annealing; fire extinguisher; protective strip; wetting agent.

Ландшафтный пожар – это горение, не поддающееся контролю, которое уничтожает леса, кустарники, залежи торфа и все типы растительности. Несмотря на то, что главная причина возникновения 90% таких возгораний – человеческий фактор, обычно такие пожары классифицируются как природная катастрофа. Исходя из среды их формирования, выделяют лесные, степные, болотные и прочие.

Ландшафтные пожары часто начинаются с нескольких очагов возгорания, что способствует их быстрому распространению на обширные территории. Каждый год весной и летом можно наблюдать, как обычный пал травы или оставленный без присмотра костер перерастают в масштабные, вышедшие из-под контроля пожары. Такие пожары влекут за собой множество негативных последствий, включая ухудшение состояния растительного покрова и эрозию земли. Одним из серьезных экономических и экологических последствий степных пожаров является уничтожение посевов на полях. Животные и птицы, обитающие в степях, часто оказываются не в состоянии спастись из-за высокой скорости распространения огня. Дым и другие продукты горения, выделяющиеся во время пожара, содержат токсичные вещества и загрязняют атмосферу.

Борьба с природными пожарами включает в себя ряд мер, где ключевое место занимает профилактика, направленная на повышение осведомленности населения о важности сохранения природных экосистем. Для оперативного выявления очагов возгорания используются геоинформационные системы, а также средства наземного и авиационного мониторинга.

В период повышенной пожарной опасности населению запрещается: использование открытого огня, разведение костров, выжигание травы на открытых участках и под деревьями, оставление под солнцем бутылок и осколков стекла (из-за риска фокусировки ими солнечных лучей и возникновения пожара), хранение пропитанных горючими веществами материалов, эксплуатация техники с неисправной топливной системой, работа с горючими материалами с использованием открытого огня.

Для сдерживания природных пожаров применяются различные подходы, среди которых выделяются: применение вентиляторов, контролируемое выжигание, формирование барьеров из минерализованной почвы, и водяное тушение.

При использовании переносных вентиляторов ликвидация возгорания происходит путем направления воздушной струи, иногда с добавлением распыленной воды. Вентиляторы эффективны для тушения пламени высотой до полуметра. Тактика тушения определяется непосредственно на месте, принимая во внимание условия распространения огня.

Для локализации огня по периметру пожара используются переносные воздуходувки. Процесс тушения основан на создании направленного потока воздуха, который может нести распыленную воду или воздействовать непосредственно на основание пламени.

Применение воздуходувок наиболее эффективно при высоте пламени до полуметра и скорости распространения огня до 3 метров в минуту, если толщина слоя горючих материалов на поверхности земли не превышает 10 см. Тактика тушения определяется непосредственно на месте, исходя из особенностей распространения огня. При работе с низовыми пожарами оптимальное расстояние от кромки огня до оператора с воздуходувкой, обеспечивающее безопасность и эффективность, составляет 1,7–2,2 метра.

Водяное тушение природных пожаров реализуется с использованием мобильных мотопомп и огнетушителей. Подача воды в зону горения может быть организована как в форме рассеянного, так и сфокусированного потока. Прокладка основной линии водоснабжения осуществляется по кратчайшему маршруту, избегая крутых подъемов, спусков и поворотов. При необходимости подъема воды на значительную высоту применяется метод перекачки посредством последовательного соединения нескольких насосов. Подача воды непосредственно к границе огня обеспечивается финальным насосом, в то время как остальные насосы перекачивают воду в промежуточные резервуары, размещенные вдоль магистральной линии.

Вода, извлекаемая из близлежащих водоемов или доставляемая на место пожара, является основным средством тушения. Для подачи воды используются мотопомпы (переносные, компактные, прицепные), насосы пожарных машин, а также навесные насосы, подключаемые к двигателям автомобилей. Вода может подаваться как в виде распыленной струи, так и мощной сплошной струей.

Для повышения эффективности тушения в воду добавляют смачиватели, такие как сульфанол НП-1, смачиватель НБ, раствор РАС, «Ливень-ТС», Файрекс, а также бытовые моющие средства, которые снижают поверхностное натяжение воды, облегчая её проникновение в горючие материалы. Оптимальная концентрация смачивателей составляет 0,3–1,0 % от объема воды.

Для борьбы с низовыми пожарами умеренной и низкой силы эффективно применение ранцевых огнетушителей. Ограничениями ранцевых систем являются зависимость от доступности источников воды и недостаточная

продуктивность при толстом слое лесной подстилки, так как в такой ситуации тушение требует значительного расхода воды на единицу площади. Для обеспечения достаточного объема воды необходимо использование мотопомпы с повышенной производительностью.

Ранцевые огнетушители состоят из емкости 20 литров, шланга и ручного насоса, обеспечивающего дальность подачи струи до 19 метров. При толстом слое подстилки более эффективно применять мощную сплошную струю, получаемую с помощью насосных установок. Для подачи воды из водоемов к месту пожара применяются мотопомпы и пожарные рукава. Руководитель тушения определяет направление прокладки рукавов и рассчитывает дальность подачи воды.

Для остановки распространения верхового и низового огня применяют отжиг, который является одним из основных из приемов борьбы со степными пожарами (рисунок).

Основные приемы и условия применения отжига:

- опорная полоса должна быть замкнутой;
- зажигание горючих материалов необходимо проводить от надежных опорных полос, например дороги или реки;
- наблюдение должно быть организовано вдоль всей опорной полосы.

Главный недостаток отжига - медленное движение огня против ветра навстречу фронту пожара. Для ускорения процесса выжигания используют различные виды отжига.

При ступенчатом отжиге первую полосу прокладывают на расстоянии от фронта, примерно равным одной трети ширины полосы, необходимой для остановки пожара. Следующие полосы прокладывают на расстоянии до 30 м.

Метод «гребенки» предполагает контролируемое выжигание растительности с подветренной стороны, с созданием точек поджога с интервалом в 5 метров как вдоль, так и поперек основной линии сдерживания.

При борьбе с интенсивными низовыми пожарами на открытых территориях часто используют тактику встречного огня. Этот прием позволяет быстро создать широкую выжженную зону с минимальными усилиями.

Выжигание производится от подготовленной полосы. После формирования выжженной полосы шириной до 3 метров, первая цепочка встречного огня создается на удалении до 6 метров от кромки выжигания, без создания предварительной опорной полосы. Затем организуется вторая линия встречного огня. Преимущество данного подхода в том, что отпадает потребность в создании дополнительных опорных полос.



Рисунок. Применение отжига
для тушения ландшафтного пожара

Для контролируемого выжигания растительности перед надвигающимся огнем используются специальные зажигательные устройства, такие как аппараты фитильно-капельного типа, состоящие из резервуара с горючей жидкостью и шланга с горящим наконечником. Также могут применяться факелы, изготовленные из тканей, пропитанных легковоспламеняющимися веществами.

В зависимости от силы пламени и темпа его продвижения, а также от используемого инструмента, формируют одинарные или сдвоенные полосы. Если требуется более широкая преграда, ее создают за несколько проходов техники. Однако, следует учитывать, что создание широкой защитной полосы перед огнем с применением почвообрабатывающих или землеройных машин потребует гораздо больше времени, чем формирование аналогичной полосы посредством отжига. Поэтому, предпочтительнее в подобных ситуациях использовать отжиг от заранее подготовленной опорной линии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крашенинникова Е.А., Музыков А.А., Покровский А.А. Анализ мобильных средств пожаротушения для ликвидации ландшафтных пожаров // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024.
2. 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.
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.

УДК 614.842.8

Н. П. Мураев, А. А. Карапузиков

Уральский институт ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

В статье приведен анализ современного состояния и перспектив дальнейшего использования роботизированных комплексов при тушении пожаров. Представлены основные принципы функционирования, типы и области применения данных систем, а также их преимущества и ограничения.

Ключевые слова: роботизированные комплексы, разведка, тушение пожаров.

N. P. Muraev, A. A. Karapuzikov

THE USE OF ROBOTIC COMPLEXES IN EXTINGUISHING FIRES

The article provides an analysis of the current state and prospects for further use of robotic complexes in firefighting. The basic principles of operation, types and applications of these systems, as well as their advantages and limitations are presented.

Key words: robotic complexes, reconnaissance, fire fighting.

Пожары во все времена считаются одними из опасных и разрушительных чрезвычайных ситуаций, причиняющие огромные материальные потери, а также вред здоровью и жизни людей. Так, ежегодно в нашей стране по различным причинам происходит свыше 350 тысяч пожаров, от которых погибает более 8 тысяч человек и столько же получают травмы, а материальный ущерб от них исчисляется миллиардами рублей [1]. Особенно остро проблема встает на объектах с повышенной степенью опасности: химические и перерабатывающие предприятия, склады с горючими и взрывчатыми веществами, так как они еще оказывают негативные последствия на экологию [2].

Одной из самых сложных задач, стоящих перед пожарно-спасательными подразделениями, является оперативное и эффективное реагирование на пожары в крайне опасных и экстремальных условиях. В подобных ситуациях применение традиционных методов пожаротушения зачастую ограничено из-за высокого риска для здоровья и жизни личного состава, недостаточности технических средств или ограниченного доступа к очагу возгорания. Ограниченная видимость из-за густого дыма, чрезвычайно высокая температура, риск взрывов или обрушений, а также быстрое распространение

огня значительно усложняют работу пожарных. В этих условиях каждый час и даже минута промедления могут привести к катастрофическим последствиям.

На сегодняшний день очевидна необходимость поиска новых путей повышения эффективности реагирования на пожароопасные ситуации. Внедрение передовых технологий — один из ведущих трендов развития пожарной безопасности во всем мире. Одним из наиболее перспективных направлений выступает применение роботизированных комплексов — автономных или дистанционно управляемых устройств, способных выполнять широкий спектр задач в условиях, опасных или непригодных для человеческого присутствия. Роботы-пожарные, беспилотные летательные аппараты, роботизированные манипуляторы и платформы могут не только непосредственно участвовать в тушении пожаров, но и проводить разведку, мониторинг, эвакуацию пострадавших, а также оценку состояния конструкций после пожара [3, 4].

Разработка и внедрение таких комплексов призваны минимизировать участие человека в наиболее опасных этапах ликвидации пожаров, повысить оперативность реагирования, существенно сократить материальный ущерб и количество жертв. Наряду с этим массовое распространение роботизированных технологий в сфере пожаротушения сталкивается с рядом объективных трудностей: высокой стоимостью оборудования, необходимостью адаптации к различным условиям эксплуатации, потребностью в квалифицированных кадрах для обслуживания и управления.

Развитие современных технологий привело к появлению разнообразных роботизированных комплексов, предназначенных для решения задач пожаротушения в самых различных условиях. Классификация таких комплексов основывается на их конструкции, типе применяемых средств тушения, способе передвижения, уровню автономности и целевому назначению.

Один из наиболее распространенных видов — наземные мобильные роботизированные платформы. Эти устройства, как правило, обеспечивают дистанционное управление или работают в автономном режиме, ориентируясь с помощью комплекса датчиков (видео-, инфракрасных камер, тепловизоров, датчиков дыма, газа и температуры). Мобильные роботы оснащаются емкостями с водой или пеной, насосами высокого давления, а также специализированными стволами — универсальными или с регулируемым распылом. Такие комплексы способны преодолевать препятствия, работать в завалах, густом дыму, выдерживать высокую температуру, выполнять разбор завалов, эвакуировать пострадавших и обеспечивать быструю разведку территории при ограниченной видимости.

Особое место занимают беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые используются для воздушной разведки зон возгорания и мониторинга динамики распространения пожара. Современные дроны быстро доставляются в зону ЧС, оснащаются видеокамерами высокого разрешения, тепловизорами,

датчиками химического анализа воздуха. Кроме того, дроны позволяют оперативно обнаруживать новые очаги возгораний, фиксировать угрозы распространения огня и своевременно корректировать работу наземных пожарных расчетов и роботов.

Для работы в специфических условиях разработаны специализированные роботизированные системы для подземных объектов и замкнутых пространств — тоннели, шахты, энергетические подстанции, где обычная техника малоприменима. Такие комплексы компактны, обладают высокой проходимостью и способны функционировать при полном отсутствии видимости, управляться по защищенным каналам связи, осуществлять диагностику и тушение пожаров на ограниченной территории.

Наряду с этим активно внедряются автоматизированные стационарные системы пожаротушения на основе робототехники: автоматические лафетные стволы и роботизированные системы локального обнаружения и тушения возгораний. Они широко используются на опасных промышленных объектах, складах и в логистических центрах, обеспечивая быстрое реагирование на локальные вспышки огня и минимизируя человеческий фактор.

Каждый тип роботизированного комплекса для пожаротушения решает свои уникальные задачи и подбирается с учетом специфики места эксплуатации, характера пожара и требований к скорости и качеству ликвидации чрезвычайной ситуации. Рост функциональности, повышение автономности и развитие коммуникационных модулей позволяют оперативно интегрировать такие комплексы в общую систему управления ЧС, что делает их важнейшими инструментами современного пожаротушения.

Таким образом, изучение возможностей, опыта эксплуатации и перспектив развития роботизированных комплексов при тушении пожаров представляет большую научную и практическую значимость. В условиях стремительного технологического прогресса интеграция робототехники в структуру служб спасения становится неотъемлемой частью современного подхода к обеспечению пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ статистических данных по пожарам и последствиям от них происшедших на территории Пермского края / А. А. Карапузиков, В. Ф. Дьяков, Д. Е. Опарин, С. В. Попова // Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности : Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 16–17 мая 2022 года / Под научной редакцией А.И. Алтухова, Л.Б. Винничек, Л.П. Силаевой. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 40-44. – EDN LEETJU.

2. Опарин, Д. Е. Экономические последствия от пожаров / Д. Е. Опарин, А. А. Карапузиков // Менеджмент в социальных и экономических системах : Сборник докладов XVI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях,

Пенза, 15–16 ноября 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 130-134. – EDN IGRXHO.

3. Опыт применения робототехнических комплексов легкого класса в пожаротушении и проведении аварийно-спасательных работ на территории Свердловской области: проблемы и пути решения / Н. П. Мураев, А. В. Вишняков, А. А. Карапузиков, К. В. Дьяков // Техносферная безопасность. – 2024. – № 1(42). – С. 74-89. – EDN FDIGTO.

4. Отдельные вопросы по подготовке к применению и применению робототехнических комплексов легкого класса в экстремальных условиях чрезвычайных ситуаций, вызванных террористическими актами / Н. П. Мураев, А. О. Осипчук, А. А. Карапузиков, А. В. Вишняков // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2024. – № 7-8(193-194). – С. 85-92. – DOI 10.53816/23061456_2024_7-8_85. – EDN PBT VAT.

УДК: 614.84.31

О. В. Надточий, А. Г. Фирсов, М. В. Загуменнова, Ю. А. Матюшин
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ГЕНЕЗИС И СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ КОМПЛЕКСОВ (ПОЖАРНЫХ РОБОТОВ) МЧС РОССИИ

Статья рассматривает генезис и дальнейшее развитие мобильных роботизированных комплексов. Авторами рассмотрены исторические аспекты указанных комплексов, приведена их классификация, современная номенклатура, основные технические характеристики и функциональная направленность. Приведены примеры использования комплексов в тушении пожаров и ликвидации ЧС. Особое внимание уделено вопросу использования IT-технологий (в т.ч. систем искусственного интеллекта) и дальнейшему совершенствованию мобильных роботизированных противопожарных комплексов.

Ключевые слова: пожарный робот, IT-технологии, мобильный роботизированный комплекс, классификация, пожарный ствол, объект защиты, искусственный интеллект, технические характеристики.

O. V. Nadtochiy, A. G. Firsov, M. V. Zagumennova, Yu. A. Matyushin

GENESIS AND MODERN ASPECTS OF DEVELOPMENT OF MOBILE ROBOTIC FIRE-FIGHTING COMPLEXES (FIRE ROBOTS) OF THE RUSSIAN FEDERATION EMERCOM

The article examines the genesis and further development of mobile robotic complexes. The authors consider the historical aspects of these complexes, provide their classification, modern nomenclature, main technical characteristics, and functional orientation. Examples of using complexes in firefighting and emergency response are given. Special attention is paid to the use of IT technologies (including artificial intelligence systems) and the further improvement of mobile robotic firefighting complexes.

Key words: fire robot, IT technologies, mobile robotic complex, classification, fire nozzle, protected object, artificial intelligence, technical characteristics.

Работы, связанные с созданием робототехнических комплексов начали осуществляться еще в первой половине XX века. В 60-70-х годах прошлого столетия сотрудниками ВНИИПО также проводились аналогичные исследования по созданию пожарных роботов в виде автоматизированных установок пожаротушения самонаводящихся на возможный очаг пожара [1]. Они не являлись программируемыми в полном смысле этого слова, но обладали определенными элементами адаптации и имели электрический или гидравлический (водяной, масляный) привод действия. Наведение на очаг пожара осуществлялось за счет использования приборов с инфракрасным или ультрафиолетовым диапазоном излучения. В 1985 г. на базе лафетного ствола ПЛС-С60 был создан первый отечественный действующий пожарный робот, который использовался для защиты от пожара музея заповедника «Кижи».

Дальнейшее развитие пожарной роботизированной техники связано с ликвидацией последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. В сжатые сроки учеными ВНИИПО были разработаны и испытаны три мобильных пожарных робота предназначенных для очистки кровли атомного реактора от радиоактивных обломков и технологических конструкций. Использование данных изделий позволило спасти жизни сотен людей задействованных в ликвидации аварии [2]. Авария на Чернобыльской АЭС и ряд крупных пожаров на объектах промышленности выявили острую потребность в разработке стационарных и мобильных пожарных роботов, способных осуществлять различные функциональные работы при проведении аварийно-спасательных мероприятий. Специалистами ВНИИПО в период 1986-1990 гг. на гусеничной базе танков Т-55 и Т-54 были разработаны и испытаны дистанционно управляемые мобильные роботизированные пожарные машины «Щит» и «Сойка». В 2002 г. была продолжена работа по их модернизации. Дальнейшее развитие подобных автоматизированных систем было ограничено слабой элементной базой микроэлектроники, отсутствием компактности готовых изделий, недостаточной функциональностью, несовершенством программного обеспечения и производственных технологий, а также в целом низким уровнем развития робототехники как науки.

Однако, сложность техногенных аварий (в т.ч. авария на АЭС Фукусима в Японии в 2011 г.) и пожаров определили необходимость создания целого спектра новой специальной роботизированной аварийно-спасательной и пожарной техники. Дальнейшее развитие данного направления стало

возможным лишь с появлением ряда новых технологий (в т.ч. IT-технологий), а также с учетом ранее накопленного опыта в создании и использовании пожарных роботов при ликвидации крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС). Так в 2019 г. при тушении крупного пожара в Мумбаи в Индии уже активно использовался специальный пожарный робот [3]. В целом опыт ликвидации пожаров и ЧС показывает, что по-прежнему основными направлениями в разработке пожарных роботов остаются автоматизированные стационарные и мобильные системы тушения пожара.

Под мобильными роботизированными противопожарными комплексами (далее – РПК) понимаются *«технические средства, предназначенные для проведения оперативными подразделениями в условиях особого риска для личного состава действий по тушению пожаров и ликвидации техногенных аварий»* [4, стр. 394]. С учетом существующих классификационных признаков РПК подразделяются на классы, учитывающие их функциональное назначение, возможный способ управления, грузоподъемность (общая масса) и вид используемого огнетушащего средства. В зависимости от возложенных задач РПК могут быть специального назначения (проведение разведки и тушение пожара), специализированного назначения (проведение работ на определенном объекте защиты) и универсальные (тушение пожаров и осуществление аварийно-спасательных работ). С учетом системы управления, РПК делятся на: телеуправляемые (дистанционное управление оператором), автономные (самостоятельное автоматизированное управление движением и навесным оборудованием), супервизорные (самостоятельное функционирование во временных промежутках между управляющими воздействиями оператора) и механические (дублирование управления в ручном режиме). По весовым характеристикам РПК делятся на следующие классы: сверхлегкие (до 100 кг), легкие (до 1 тыс. кг), средние (до 18 тыс. кг) и тяжелые (свыше 18 тыс. кг). Соответственно по виду огнетушащего средства: водяные и пенные, порошковые, газовые, комбинированные [5].

РПК могут быть оснащены различными средствами тушения пожара, в т.ч. автономными модульными средствами пожаротушения и (или) средствами стационарного пожаротушения. Дополнительно РПК оборудуются манипулятором с инструментами, навесным инженерным оборудованием, средствами радио-химического мониторинга, средствами тепловой защиты. В целом РПК предназначены для выполнения мероприятий по разведке и тушению пожара в условиях повышенного радиационного фона, химического заражения, осколочно-фугасного поражения и др. опасных факторов проявляющихся при проведении аварийно-спасательных работ [6].

РПК являются технически сложными и дорогими устройствами, востребованными только в период работ по ликвидации последствий крупных пожаров и ЧС. По данным статистики за период с 2022-2024 гг. пожарный робот манипулятор при тушении пожара использовался только один раз. Наиболее востребованными и соответственно более эффективными являются

РПК объединяющие в себе различные технологические функции связанные не только с тушением пожаров, но и проведением аварийно-спасательных работ, разведки на местности в т.ч. в условиях повышенной опасности для человека и управляемых по единому алгоритму во взаимосвязи с др. системами тушения пожара или ликвидации ЧС. То есть РПК должны быть по возможности максимально унифицированы под решение разных функциональных задач.

За последние десятилетия разработана и внедрена в практику МЧС России целая линейка различных по своему функциональному назначению РПК [7]. Одним из таких средств является мобильный робототехнический комплекс «Ель-4», предназначенный для проведения аварийно-спасательных мероприятий и специальных работ по разборке строительных конструкций. Может использоваться для доставки средств тушения пожара (емкость с водой до 2 т) в условиях опасных для жизни и здоровья людей (радиационное и химическое заражение), а также обезвреживания боеприпасов и взрывоопасных предметов. Управление осуществляется непосредственно оператором по радиоканалу на расстоянии до 2 км.

Другим устройством, предназначенным для тушения пожара, является МРУП-СП-Г-ТВ-У-40-17КС. Этот РПК предназначен для тушения пожаров в авто- и железнодорожных туннелях, подземных автостоянках, станциях метрополитена и горных выработках. Комплекс оснащен машинным зрением глубиной до 300 м и блоком дизельного бесперебойного питания рассчитанного на 8 ч. Данный РПК обеспечивает подачу пены средней кратности на расстояние до 35 м, тонкораспыленной воды – 60 м, компактной или распыленной воды – 80 м.

Радиоуправляемый гусеничный беспилотный пожарный робот LUF 60 создан для работы в крайне ограниченном пространстве: туннель, склад, вокзал, шахта и т.п. Заложенные в нем технические характеристики позволяют ему уверенно перемещаться по лестничным маршам и узким проходам, подавать для ликвидации пожара пену на расстояние до 35 м, а воду на 80 м.

Радиоуправляемый РПК Teodor предназначен для осуществления визуальной разведки труднодоступной или опасной для человека местности. Он способен выполнять функции по поиску и обезвреживанию различных взрывоопасных предметов. При необходимости может быть использован для доставки грузов до 100 кг непосредственно на себе и до 300 кг при буксировке.

Автономный многофункциональный робот МРК-35 предназначен для проведения разведки на открытой местности. Управление осуществляется по кабелю до 200 м, по радиоканалу – 500 м. Непрерывная автономная работа РПК рассчитана на 4 ч. Позволяет осуществлять мониторинг химического, радиоактивного и бактериологического заражения местности, выявлять и ликвидировать неразорвавшиеся боеприпасы и пожаро-взрывоопасные предметы. Способен осуществлять перемещение грузов до 40 кг, а также проводить аварийно-спасательные работы в условиях опасных для жизни и здоровья людей.

Основные задачи мобильного МК РК-РП – это подача огнетушащего средства от водопенного или порошкового модуля тушения пожара, тонкораспыленной воды или воздушно-механической пены от пожарного автомобиля АБР-РОБОТ, осуществление аварийно-спасательных работ и разведки в труднодоступных местах. РПК снабжен системой видеонаблюдения позволяющей оператору работать удаленно. Управление осуществляется по кабелю на расстоянии до 200 м, а по радиосигналу – 1 км.

Автономный робот MV-4 предназначен для поиска различных видов боеприпасов и расчистки проходов в завалах на открытой местности. Время автономной работы составляет 3 ч. Дальность управления по радиосигналу составляет 1 км.

Электрический робототехнический комплекс ТРОПА-ЗРОП предназначен для целей проведения разведки и тушения пожаров. РПК управляется дистанционно, оснащен системой порошкового пожаротушения, системой видеомониторинга и системой оповещения населения о ЧС (до 500 м). Продолжительность работы данного РПК до 10 ч.

Как видно из приведенных выше характеристик современных РПК они объединяют в себе одновременно несколько функций. Для дальнейшего решения многофункциональности задач связанных с тушением пожаров и ликвидаций последствий ЧС необходимо не только увеличивать количество возможных функций РПК, но и осуществлять коннектное взаимодействие с др. комплексами и системами объединенных в единую систему управления.

В настоящее время, основное развитие робототехники осуществляется в военных целях, что обусловлено проведением специальной военной операции. Благодаря развитию технологий создаются современные робототехнические комплексы нового поколения, что дает возможность использовать апробированные технологические решения и для обеспечения пожарной безопасности. Например, беспилотные летательные аппараты можно объединить в единую систему с РПК, осуществляющим разведку и мониторинг местности. Такая задача, может быть решена только при глубокой интеграции всех систем управления в единую сеть на основе искусственного интеллекта. Поэтому дальнейшее развитие современных РПК невозможно представить без использования средств машинного обучения и технологий искусственного интеллекта. Это позволит при проведении разведки и аварийно-спасательных работ более четко определять очаги возможных опасностей, места локации пострадавших людей и способы их спасения, просчитывать возможные риски, связанные с жизнью и здоровьем личного состава пожарно-спасательных подразделений и обеспечить ликвидацию пожара или ЧС в короткие сроки и с минимальными потерями (социальными и материальными).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юбилейный сборник трудов ФГБУ ВНИИПО МЧС России / Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2007. – 477 с.
2. Копылов Н.П., Москвиллин Е.А. особенности развития лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения и их влияние на ведение аварийно-спасательных работ // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Материалы 2-й Международной науч.-практ. конф. – Минск: Изд. центр БГУ, 2003. – С. 183-184.
3. Интеллектуальное тушение пожаров: роботизированная техника // Сайт Некоммерческое партнерство инженеров. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=8606 (дата обращения: 25.09.2025).
4. Пожарная безопасность. Энциклопедия. 3-е изд., испр. и доп. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013. 564 с.
5. ГОСТ 35035-2023 «Техника пожарная. Мобильные робототехнические комплексы пожаротушения, Классификация, Общие технические требования. Методы испытаний» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов URL: <https://docs.cntd.ru/document/1305263712> (дата обращения: 01.10.2025).
6. Гражданская защита. Энциклопедия. Т. III / Под общ. ред. С.К. Шойгу; МЧС России. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2007. – 512 с., илл.
7. Робототехнические комплексы (РТК): основные модели, описания и ТТХ // Сайт. Firemen.club. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth/?ysclid=mfzgn4wjmo428218405> (дата обращения: 01.10.2025).

УДК 614.841.45

Т. В. Назмиева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Статья посвящена исследованию инновационных методов обеспечения пожарной безопасности в нефтехимической промышленности, акцентируя внимание на современных технологических решениях, которые помогают минимизировать риски и охранять ценные ресурсы. В статье рассматриваются умные системы мониторинга на основе Интернета вещей, комплексные системы автоматизации, инновационные огнетушащие агенты, а также использование виртуальной реальности для обучения персонала. Особое внимание уделяется внедрению беспилотников и робототехники, которые позволяют проводить инспекции и мониторинг в труднодоступных и опасных зонах. Также описываются алгоритмы машинного

обучения для оценки рисков, позволяющие повысить уровень безопасности на производстве. В заключение подчеркивается важность комплексного подхода к вопросам пожарной безопасности в нефтехимической отрасли, что способствует созданию безопасной и эффективной рабочей среды.

Ключевые слова: пожарная безопасность, инновационные методы, интеллектуальные системы мониторинга, комплексные системы автоматизации, робототехника, алгоритмы машинного обучения.

T. V. Nazmieva

INNOVATIVE METHODS OF ENSURING FIRE SAFETY IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY

The article is devoted to the study of innovative fire safety methods in the petrochemical industry, focusing on modern technological solutions that help minimize risks and protect valuable resources. The article discusses smart monitoring systems based on the Internet of Things, integrated automation systems, innovative fire extinguishing agents, as well as the use of virtual reality for staff training. Special attention is being paid to the introduction of drones and robotics that allow inspections and monitoring in hard-to-reach and dangerous areas. It also describes machine learning algorithms for risk assessment, which can improve the level of safety in production. In conclusion, the importance of an integrated approach to fire safety issues in the petrochemical industry is emphasized, which contributes to the creation of a safe and efficient working environment.

Keywords: fire safety, innovative methods, intelligent monitoring systems, integrated automation systems, robotics, machine learning algorithms.

Промышленность нефтехимического сектора во многом определяет развитие экономики, но при этом сопряжена с высоким риском возникновения пожаров и взрывов. В условиях современных технологий и постоянно растущих требований к безопасности, внедрение инновационных методов обеспечения пожарной безопасности становится неотъемлемой частью управления производственными процессами. В этой статье мы рассмотрим новейшие подходы и технологии, которые помогают минимизировать риски и защищать ценные ресурсы.

Современные технологии позволяют создавать системы, которые не только контролируют параметры производственной среды, но и предсказывают возможные угрозы. Использование датчиков, оснащенных IoT (Интернет вещей), помогает в реальном времени отслеживать изменения температуры, давления и концентрации газов. Эти системы могут автоматически оповещать персонал о потенциально опасных ситуациях и запускать процедуры эвакуации. [2]

Интеграция систем управления и автоматизации в нефтехимическом производстве позволяет осуществлять круглосуточный мониторинг и управление производственными процессами. Эти системы могут перехватывать сигналы о возможных утечках или перегреве оборудования, что значительно снижает вероятность возникновения пожаров. Современные SCADA-системы

(системы управления и диспетчеризации) способны собирать данные с различных датчиков и проводить анализ в режиме реального времени. [3]

Традиционные огнетушащие средства, такие как вода или пеногасящие вещества, не всегда эффективны в условиях нефтехимической индустрии. Разработка новых огнетушащих агентов, например, на основе порошковых технологий или углекислоты, помогает эффективно справляться с возгораниями углеводородов. Эти агенты обладают высокой проникающей способностью и способны подавлять пламя даже в сложных условиях, что делает их особенно ценными для применения в этой сфере. [4]

Виртуальная реальность (VR) становится все более популярным инструментом для обучения сотрудников. Проведение тренировок и симуляций в виртуальной среде позволяет работникам освоить действия в экстренных ситуациях без риска для жизни. Использование VR-технологий помогает сделать обучение более интерактивным и доступным, что, в свою очередь, повышает готовность команды к реагированию на чрезвычайные ситуации. [7]

Алгоритмы машинного обучения могут проанализировать большие объемы данных, собранных на промышленном объекте, чтобы выявить паттерны, которые могут указывать на повышение вероятности возникновения пожара. Такие алгоритмы могут учитывать множество факторов, включая техническое состояние оборудования, производственные процессы и даже погодные условия, что позволяет создать более точные модели оценки риска. [8]

Беспилотные летательные аппараты (дроны) и робототехника играют все более важную роль в обеспечении пожарной безопасности на нефтехимических предприятиях. Они могут использоваться для инспекции труднодоступных или опасных зон, где человеческое присутствие может быть небезопасным.

Дроны, оснащенные термальными камерами, способны обнаруживать перегрев оборудования и ранние признаки возгораний. Это позволяет быстро реагировать на потенциальные угрозы даже в сложных условиях. Кроме того, использование дронов для мониторинга газовых утечек обеспечивает оперативный сбор данных и минимизацию рисков для персонала.

Роботы могут также применять специальные огнетушащие средства в случае возникновения пожара, например, в местах, куда физически невозможно добраться сотрудникам. Такие решения не только повышают эффективность реагирования, но и значительно снижают риск для жизни работников. [5-6]

Пожарная безопасность в нефтехимической промышленности представляет собой сложную задачу, требующую комплексного подхода и внедрения современных технологий. Инновации в области мониторинга, автоматизации, обучения и оценки рисков открывают новые горизонты для повышения безопасности работников и защиты производственного оборудования. Внедрение этих методов не только снижает вероятность возникновения пожаров, но и способствует созданию более безопасной и эффективной рабочей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gazizov A., Popova E., Abzalilov V., Sagitova A. Increasing the fire resistance of reinforced concrete structures. *Key Engineering Materials*. 2022. T. 910 KEM. C. 914-922.
2. Eksioglu, S., & Duran, M. (2017). Internet of Things for Industrial Applications: A Review. *Journal of Industrial Information Integration*, C. 4, 1-10.
3. Lagoudis, I., & Dimitriadis, S. (2020). A Review of Safety Management in the Chemical Industry. *Safety Science*, C. 121, 211-230.
4. White, R., & Lee, R. (2018). Innovations in Fire Suppression Systems for Continuous Flow Processing. *Chemical Engineering Journal*, C. 343, 712-721.
5. Flath, C. M., & Talluri, S. (2019). Application of Drones in Industry: Fire Safety Measures. *Journal of Safety Research*, C. 70, 130-140.
6. Thomas, J., & Fatima, R. (2021). Robotic Fire Fighting: Principles and Applications. *International Journal of Industrial Robotics*, C. 48(6), 883-895.
7. Kuhl, C. (2020). Virtual Reality for Disaster Response Training: A Review. *Journal of Disaster Research*, C. 15(1), 97-107.
8. Zhang, L., & Wang, Y. (2021). Risk Assessment Based on Machine Learning in the Chemical Industry. *Safety Science*, C. 142, 105392.

УДК 699.814

**Ч. Ц. Наранов, А. В. Щербаков, Р. Р. Лайпанова, М. И. Шавшин,
Е. О. Борзова**

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Пожарная безопасность является одной из важнейших составляющих в проектировании и эксплуатации зданий и сооружений. Одним из ключевых аспектов этой безопасности является определение пожарно-технических характеристик строительных конструкций – пределов огнестойкости и классы пожарной опасности. В данной статье мы рассмотрим методы определения этих характеристик, а также их значение для обеспечения безопасности зданий.

Ключевые слова: огнестойкость; предел огнестойкости; строительная конструкция; класс пожарной опасности.

**Ch. Ts. Naranov, A. V. Shcherbakov, R. R. Laipanova, M. I. Shavshin,
E. O. Borzova**

ON THE ISSUE OF DETERMINING FIRE-TECHNICAL CHARACTERISTICS OF BUILDING STRUCTURES

Fire safety is one of the most important aspects of the design and operation of buildings and structures. One of the key aspects of this safety is the determination of the fire-technical characteristics of building structures, such as fire resistance limits and fire hazard classes. In this article, we will explore the methods for determining these characteristics and their significance for ensuring the safety of buildings.

Key words: fire resistance; fire resistance limit; building structure; fire hazard class.

В современном строительстве и проектировании одной из приоритетных задач является обеспечение пожарной безопасности зданий и сооружений [1]. Пожарная безопасность строительных конструкций играет ключевую роль в предотвращении или минимизации ущерба от пожаров, сохранении жизни и здоровья людей. Для этого важно правильно определять пожарно-технические характеристики строительных конструкций – предел огнестойкости и класс пожарной опасности. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты определения пожарно-технических характеристик строительных конструкций в соответствии с действующим законодательством [2-4].

Огнестойкость определяется способностью конструкции противостоять действию высокой температуры, сохранить свою прочность и не разрушаться в течение определённого времени. Этот параметр играет важнейшую роль в обеспечении пожарной безопасности, так как конструкции здания должны выдерживать нагрузку при пожаре до эвакуации людей и прибытия пожарных подразделений.

Предел огнестойкости – это время, в течение которого конструкция может сохранять свои функциональные характеристики при воздействии огня. Он определяется в минутах и зависит от ряда факторов: материала, из которого изготовлена конструкция, ее геометрических параметров, температурного режима, схемы обогрева, величины действующей на конструкции нагрузки, статической схемы работы конструкции, наличия огнезащиты и т.д. [5, 6]

Основные строительные конструкции обладают следующими предельными состояниями по огнестойкости:

R – потеря несущей способности. Способность конструкции противостоять деформациям или разрушению под действием высокого температурного воздействия.

E – потеря целостности. Способность конструкции предотвращать распространение огня, дыма и горячих газов на смежные помещения через трещины или отверстия.

I – потеря теплоизолирующей способности. Умение конструкции ограничивать передачу тепловой энергии в соседние помещения в сторону ее необогреваемой поверхности.

Каждый элемент строительной конструкции (стены, перекрытия, колонны и другие) должен соответствовать установленным нормативам огнестойкости. Пределы огнестойкости устанавливаются в зависимости от требуемых (допустимых) пожарно-технических характеристик здания.

Существует несколько методов определения пределов огнестойкости [7, 8]:

1. Экспериментальный метод [9, 10]. Этот метод включает в себя проведение огневых испытаний на образцах конструкций. В ходе испытаний конструкция подвергается воздействию огня в условиях стандартных испытаний, и фиксируются время, в течение которого она сохраняет свои характеристики. Этот метод является наиболее надежным, но также и самым затратным.

2. Расчетно-аналитический метод. Этот метод основан на математических моделях, которые описывают тепловые процессы в конструкциях. С помощью расчетов можно определить, сколько времени конструкция сможет выдерживать огонь, исходя из ее материалов и геометрии. Этот метод менее затратен, но требует высокой квалификации специалистов.

3. Метод аналогий (по каталогу справочных данных). Этот метод основан на сравнении с уже испытанными конструкциями. Если конструкция схожа с ранее испытанными образцами, то можно использовать данные о пределе огнестойкости этих образцов для оценки новой конструкции.

Материал, из которого изготовлена конструкция, оказывает значительное влияние на ее предел огнестойкости. Например, бетонные конструкции имеют высокий предел огнестойкости благодаря своей способности поглощать тепло, в то время как металлические конструкции прогреваются до критических температур гораздо быстрее. Поэтому при проектировании зданий важно учитывать характеристики материалов и их поведение при воздействии огня.

Предел огнестойкости – это временной интервал, в течение которого строительная конструкция сохраняет свою функцию в условиях пожара. Например, для жилых зданий и сооружений предел огнестойкости является минимальным показателем, представляющим время, необходимое для эвакуации людей и проведения первичных мер по ликвидации возгорания.

Главной задачей установления предела огнестойкости является создание условий, позволяющих минимизировать потери в результате пожара. Нормативы предела огнестойкости определяются в зависимости от категории здания, его назначения, этажности, а также риска возникновения возгорания.

Класс пожарной опасности определяет, насколько конструкция может способствовать распространению огня. Конструкции здания также может оказывать влияние на класс пожарной опасности. Например, наличие вентиляционных шахт, открытых пространств и других элементов может способствовать распространению огня. Поэтому при проектировании зданий необходимо учитывать не только материалы, но и общую архитектурную концепцию [11, 12].

Определение пожарно-технических характеристик строительных конструкций имеет огромное значение для обеспечения безопасности зданий. Оно позволяет:

1) Снизить риск возникновения пожара. Определение пределов огнестойкости и классов пожарной опасности позволяет проектировщикам разрабатывать более безопасные здания, которые способны выдерживать последствия пожара.

2) Обеспечить безопасность людей. Здания, в которых правильно определены пожарно-технические характеристики, обеспечивают безопасность людей, находящихся внутри, и позволяют им эвакуироваться в случае пожара.

3) Сохранить имущество. Правильное проектирование и выбор материалов могут значительно снизить ущерб от пожара, сохраняя имущество и уменьшая финансовые потери.

4) Соблюдать законодательные требования. В большинстве стран существуют строгие нормы и правила, касающиеся пожарной безопасности. Определение пожарно-технических характеристик позволяет соблюдать эти нормы и избегать штрафов.

Определение пожарно-технических характеристик строительных конструкций – это сложный и многогранный процесс, который требует глубоких знаний и опыта [13, 14]. Методы определения пределов огнестойкости и классов пожарной опасности играют ключевую роль в обеспечении безопасности зданий и людей. Важно помнить, что безопасность – это не только соблюдение норм и правил, но и ответственность каждого, кто участвует в проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. Правильный подход к определению пожарно-технических характеристик может спасти жизни и сохранить имущество, что делает эту задачу особенно актуальной в современном строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лоцманов Е.А., Буренков В.А., Наконечный С.Н. Исследование параметров огнестойкости проектируемого общественного здания. // Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 17–18 ноября 2020 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 577 с. ISBN 978-5-907353-01-5.

2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

3. СП 2.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

4. Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения" (ТР ЕАЭС 043/2017).

5. Фролов М.А., Сизов Н.А., Наконечный С.Н. О необходимости определения фактической степени огнестойкости здания / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 г. – Иваново: Ивановская

пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – 594 с. ISBN 978-5-907492-53-0.

6. Ильин Н. А. Определение огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений / Н. А. Ильин // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 1. – С. 18.

7. Сизов Н.А., Фролов М.А., Наконечный С.Н. Изучение вопроса определения параметров огнестойкости строительных конструкций / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – 594 с. ISBN 978-5-907492-53-0.

8. Наконечный С.Н., Азовцев А.Г. К вопросу определения предельных состояний по огнестойкости строительных конструкций // Современные проблемы гражданской защиты, 4(53) / 2024, с. 79-84.

9. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.

10. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.

11. Азовцев А.Г., Наконечный С.Н., Михалин В.Н. К вопросу об определении класса пожарной опасности строительных конструкций по характеристикам строительных материалов. Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Иваново, 14 октября 2021 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 562 с.

12. Федосеев Е.В., Азовцев А.Г., Наконечный С.Н. Возможность определения класса пожарной опасности строительных конструкций расчетным методом /. Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – 563 с. ISBN 978-5-907492-19-6, с. 482-484.

13. Загоруйко, Т. В. Определение огнестойкости железобетонных конструкций с учетом изменения свойств бетона / Т. В. Загоруйко, А. А. Леденев, Б. К. Мацюрак // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2018. – № 1(9). – С. 143-145.

14. Кузьменко, М. П. Предел огнестойкости строительных конструкций и методы его определения / М. П. Кузьменко // Наука и молодёжь: новые идеи и решения : Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей, Волгоград, 20–22 марта 2019 года. Том Часть I. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. – С. 216-218.

УДК. 544.558

*И. К. Наумова¹, Ю. С. Доброва², К. В. Наумова³, А. Е. Гуркина¹,
М. А. Воробьева¹*

¹Ивановский государственный университет

²Ивановский государственный химико-технологический университет

³РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина

ИСПЫТАНИЕ РАНОЗАЖИВЛЯЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

Композиционные материалы на основе хитозана с включением наночастиц серебра, оксидов цинка или меди получены плазмохимической обработкой водных суспензий хитозана в присутствии поливинилового спирта. Полученные композиции, нанесенные на стерильные медицинские салфетки, испытаны при заживлении кожных ран у мышей. Отмечено ускоренное заживление ран.

Ключевые слова: хитозан, наночастицы, серебро, оксид цинка, плазмохимическая обработка, ранозаживление.

I. K. Naumova, Yu. S. Dobrova, K. V. Naumova, A. Ye. Gurkina, M. A. Vorobieva

TESTING THE WOUND HEALING PROPERTIES OF CHITOSAN-BASED COMPOSITE MATERIALS

A chitosan-based composite materials containing silver, zinc oxide or copper oxide nanoparticles were obtained by plasma-chemical treatment of aqueous chitosan suspensions in the presence of polyvinyl alcohol. The resulting compositions, applied to sterile medical wipes, were tested for wound healing in mice. Accelerated wound healing was noted.

Key words: chitosan, nanoparticles, silver, zinc oxide, plasma-chemical treatment, wound healing.

Ожоги – один из самых распространенных видов травм при пожаре и четвертый по распространенности вид травм в мире. Так, в отчете Всемирной организации здравоохранения отмечено, что около 265 тысяч человек ежегодно умирают от ожогов [1]. Ожоги с обширными ранами чаще приводят к инфекциям и более медленному заживлению, чем другие травмы. Это делает профилактику и лечение ожоговых инфекций важнейшим этапом в процессе заживления.

В последние годы для лечения инфицированных ожоговых ран все чаще применяют препараты на основе такого биополимера, как хитозан [1-3]. Хитозан активирует защитную реакцию организма в области его нанесения, способствует улучшению обмена веществ и кровоснабжения; заметно снижает

болевые ощущения и ускоряет процессы детоксикации при воспалениях и ожогах [2]. Антимикробная активность хитозана может быть значительно усилена путем создания на его основе композитов с наночастицами металлов или их оксидов, а его растворимость в воде, прочность и эластичность, пленкообразующую способность можно регулировать за счет сшивания с другими полимерами, например, поливиниловым спиртом (ПВС) [4, 5]. Разработка простых и недорогих противомикробных нанокompозиций рассматривается сегодня как перспективное направление в фармацевтике и медицине.

Цель данной работы – испытания ранозаживляющей и антимикробной активности композиционных материалов на основе хитозана, модифицированных наночастицами серебра, оксида цинка и оксида меди.

Композиционные материалы с наночастицами получали путем плазмохимической обработки водных суспензий хитозана в присутствии ПВС с использованием газового разряда между погруженными в суспензию металлическими электродами, как показано на рис. 1. Водная суспензия (100 мл) содержала 1 г хитозана и 1 г поливинилового спирта. Электроды – стержни диаметром 1,0 мм из серебра, меди или цинка были помещены в керамический изолятор с двумя параллельными каналами. Расстояние между электродами составляло 1,5 мм, средний ток разряда – 0,25 А, длительность обработки – от 5 до 10 мин.

Использовали хитозан производства ЗАО «Биопрогресс» (Россия) со средней молекулярной массой 192 кДа и степенью деацетилирования 82 % и поливиниловый спирт с молекулярной массой 200 кДа (ООО «Химреактив», Россия). Приготовленную суспензию помещали в разрядную ячейку и производили ее обработку плазмой при перемешивании магнитной мешалкой. Подробнее установка и методики экспериментов описаны в [5, 6].

Электронные спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре СФ-56 (ООО «Спектр», Россия). Фазовый состав композитов анализировали по спектрам рентгеновской дифракции (дифрактометр D2 Phaser, Brucker, источник излучения – $\text{Cu K}\alpha$, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$). Образцы для анализа были приготовлены измельчением отлитых пленок. Суспензиями с наночастицами пропитывали стерильные медицинские салфетки (ООО «Нью-Фарм», Россия), которые потом сушили при 30°C. Пропитанные салфетки испытывали при заживлении дермальных ран у лабораторных мышей.



Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Медико-биологические испытания выполнены в Институте ветеринарной медицины и биоинженерии Верхневолжского ГАУ. Наблюдали 20 беспородных белых мышей массой 25-30 г в возрасте 6 месяцев, которые были разделены на 4 исследовательские группы. Оценивали время заживления ран и формирования рубцов, а также анализировали гистологические препараты. Для формирования ран в межлопаточной области сбривали шерсть и хирургическим скальпелем производили рассечение эпидермиса, дермы и подкожной клетчатки до мышц. Длина раны составляла 5 мм. Раны закрывали медицинскими повязками, пропитанными соответствующими составами, и ежедневно обрабатывали 0,9%-ным физиологическим раствором. Состояние ран оценивали визуально и фотографировали. В контрольной группе использовали стерильные салфетки без пропитки композициями. Результаты представлены в таблице. В ранах мышей всех опытных групп на второй день эксперимента появились первичные коричневатые струпья толщиной до 1 мм. На пятые сутки после нанесения раны в первой и третьей группах (при использовании композиций с наночастицами Ag и ZnO) образовался светлый ободок краевой эпителизации. На седьмые сутки раневые дефекты в группах 1 и 3 закрылись практически полностью, а к десятому дню раневая поверхность была гладкой и бледно-розовой. В контрольной группе эпителизацию раны (ободок краевой эпителизации) наблюдали лишь на седьмые сутки, а в группе 2 – на шестые сутки заживления. Полное заживление раны с формированием гладкой розовой поверхности кожи в этих группах наблюдалось лишь на 13-е сутки. Указанные сроки эпителизации и развития соединительной ткани подтверждены результатами гистологических исследований. Необходимо отметить, что образцы с наночастицами оксида меди (Cu_2O) не показали высокой эффективности в заживлении ран.

*Таблица. Заживление кожных ран
при использовании композиций хитозан – ПВС с наночастицами*

Испытуемая группа	Условия заживления раны	Концентрация наночастиц, мас. %	Начало эпителизации	Полное заживление
Контроль	Стерильная салфетка	-	7 сутки	13 сутки
Группа 1	Образец 1 (НЧ Ag)	3,48	5 сутки	7 – 10 сутки
Группа 2	Образец 2 (НЧ Cu_2O)	2,99	6 сутки	13 сутки
Группа 3	Образец 3 (НЧ ZnO)	3,15	5 сутки	7 – 10 сутки

На рис. 2 показаны изображения поверхности волокон салфеток, пропитанных композициями с наночастицами Cu_2O и ZnO. Изображения получены на сканирующем электронном микроскопе Quattro S (Thermo Fisher Scientific, Чехия). На поверхности отчетливо видны наночастицы диаметром около 50-60 нм.

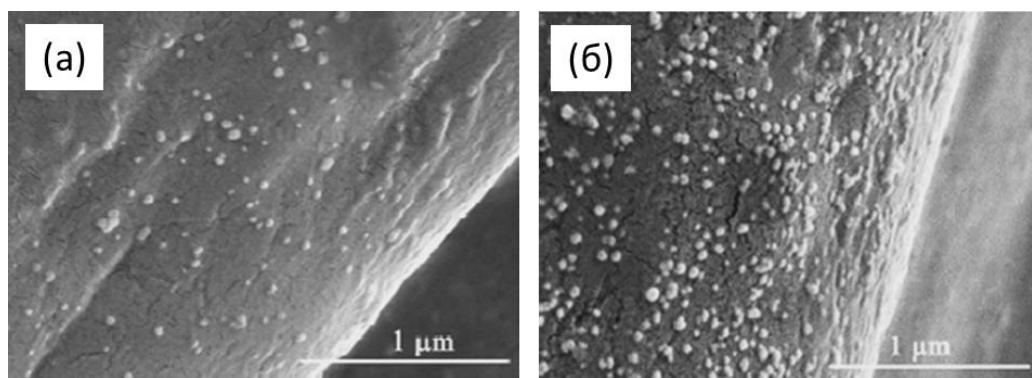


Рис. 2. Электронно-микроскопические изображения волокон с наночастицами оксида меди (а) и оксида цинка (б)

Электронные спектры поглощения суспензии после обработки разрядом с электродами из серебра показали не только наличие полос электронных переходов в С=О-группах, обусловленных окислительной деструкцией хитозана, но и полосы ($\lambda = 405$ нм), которая связана с плазмонным резонансом в наночастицах серебра. Встраивание наночастиц в полимерные композиции подтверждено и рентгенограммами образцов, в которых присутствуют рефлексy, отвечающие наличию наночастиц Ag, ZnO и Cu₂O [6].

Таким образом, обработка суспензий хитозан – ПВС газовыми разрядами между погруженными в жидкость электродами из серебра, цинка или меди, позволяет получить композиционные материалы, которые содержат наночастицы металла (Ag) или оксидов (ZnO, Cu₂O) с концентрацией около 3 мас.%. Такой процесс характеризуется относительной простотой и экономичностью. Испытания на мышах показали, что медицинские салфетки, пропитанные композициями на базе хитозана с наночастицами серебра и оксида цинка, ускоряют заживление ран. При этом образцы с наночастицами оксида меди (Cu₂O) обладают существенно меньшей эффективностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Que Bai, Caiyun Zheng, Wenting Chen, Na Sun, Qian Gao, Jinxi Liu, Fangfang Hu, SaHu Pimpi, Xintao Yan, Yanni Zhang and Tingli Lu // Mater. Adv. 2022.V. 3. P. 6707-6727.
2. Владимирова О.В., Лаврешин П.М., Минаев С.В., Кораблина С.С., Байчоров Х.М., Терехин А.В., Вергасов М.М., Рыбалко А.Е. // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2023. Т. 11, № 3. С. 99-104.
3. Погорелов М.В., Калинкевич О.В., Ивахнюк Т.В., Москаленко Р.А., Бончев С.Д., Данильченко С.Н., Скляр А.М., Калинкевич А.Н., Сикора В.З., Романюк А.Н. // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2012. № 4. С. 34 – 45.

4. Perelshtein I., Ruderman E., Perkas N., Tzanov T., Beddow J., Joyce E., Mason T.J., Blanes M., Mollá K., Patlolla A. et al. // J. Mater. Chem. B. 2013. V. 1. P. 1968.

5. Sirotkin N., Khlyustova A., Titov V., Naumova I., Kicheeva T., Khizhkina M., Agafonov A. // Materials Chemistry and Physics. 2024. V. 327. P. 129887.

6. 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 699.812:666.972.16+691.6

А. П. Непейков

Тюменский индустриальный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ (ТОПЛИВО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ) С УЧЕТОМ ЗАЩИТНОЙ СТЕНЫ, НА ЗДАНИЕ ОПЕРАТОРНОЙ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

Избыточное давление, или баристическое давление, при наружном взрыве, кратковременное повышение давления воздуха, действующее на конструкции здания сверх нормального атмосферного давления. Оно возникает в результате ударной волны взрыва, распространяющейся от эпицентра взрыва наружу и вызывающей значительную нагрузку на ограждающие конструкции.

Ключевые слова: Взрыв топливно-воздушной смеси, инцидент, защитная стенка, избыточное давление.

A. P. Nepeykov

DETERMINATION OF RESIDUAL EXCESS PRESSURE (FUEL-AIR MIXTURE) TAKING INTO ACCOUNT THE PROTECTIVE WALL, ON THE OPERATOR'S ROOM BUILDING AT A HAZARDOUS INDUSTRIAL FACILITY

Excess pressure, or baristic pressure, in an external explosion is a short-term increase in air pressure acting on the building structures above normal atmospheric pressure. It occurs as a result of the shock wave of the explosion, spreading outward from the epicenter of the explosion and causing significant loads on the enclosing structures.

Key words: Explosion of fuel-air mixture, incident, protective wall, excess pressure.

Взрыв топливно-воздушной смеси (ТВС) представляет собой стремительное сгорание смеси горючего материала и воздуха, которое сопровождается мощным выделением энергии и образованием ударной волны.

Такие инциденты могут возникать в результате аварий на промышленных объектах и представляют собой серьезную угрозу [1].

Для снижения взрывной волны топливно-воздушной смеси, предусматривается противопожарная (взрывозащитная) стена для защиты от взрыва облака ТВС предназначена для снижения последствий возгорания/взрыва топливно-воздушной смеси: уменьшения давления ударной волны и теплового воздействия в защищаемой зоне, предотвращения распространения горения на соседние установки и создания защищённых путей эвакуации [3].

Основной принцип защиты, является защита действует как барьер, меняющий геометрию распространения ударной волны и перенаправляющий пламя/осколки.

- эффективность зависит от размеров и формы облака, расстояний, ориентировки стены и наличия открытых проёмов.

- стена сама проектируется как конструкция, рассчитанная на динамические (взрывные) и термические нагрузки.

Противопожарная стена может быть выполнена следующих типов:

- железобетонные монолитные панели – хороши против давления и термической нагрузки.

- стальные панельные барьеры с усиленным каркасом – легче, требуют качественного анкерования и антикоррозийной защиты.

- земляные валы (бермы) – эффективны для снижения ударной волны, дешевле, но занимают больше места.

- комбинированные решения (бетон + земляная засыпка, сталь + бетонное основание) часто оптимальны.

Проектирование и расчёт конструкционного исполнения противопожарных стен:

- перед проектированием делают инженерно-техническую оценку сценариев (количество и состав ТВС, объём облака, вероятные точки воспламенения, расстояния до защищаемых объектов).

- выполняют расчёт динамических нагрузок и требуемой прочности стены по методикам расчёта давления ударной волны (расчёт выполняет квалифицированный инженер-взрывобезопасник).

- учесть требования действующих нормативов по пожарной и промышленной безопасности и правила согласования проектного решения с надзорными органами.

Проектирование и выбор типа стены, на основании расчёта, основанного на конкретных параметрах объекта [3].

Определение взрывоопасности резервуара с нефтью и воздействие на здание операторной.

В моделируемой аварийной ситуации речь идет вертикальном стальном резервуаре 20000 м³ с тяжёлой нефтью. При аварии возможен взрыв паровоздушной смеси нефти, образующейся в результате быстрого вскипания

или разгерметизации резервуара [1]. Такой взрыв считается «топливо-воздушным» (ТВС) и оценивается по нормам промышленной безопасности. В частности, нормативное «Руководство по методам обоснования взрывоустойчивости» рекомендует определять зону воздействия ударной волны при авариях с ТВС [2]. Это значит, что необходимо рассчитать максимальное избыточное давление ударной волны на здание операторной и учесть влиянием ограждающей стены между резервуаром и зданием.

Роль защитной стенки и расчёт остаточного давления. Защитная стенка обеспечивает частичное экранирование ударной волны. Взрывная волна, ударяясь в стену, частично отражается, а часть проходит вдоль и за стеной (за счет дифракции и огибания). Точная модель здесь сложна, однако по известным указаниям ограждающие сооружения значительно снижают давление за ними. В упрощенном подходе предполагают, что прошедшая волна имеет остаточное давление, на порядок меньше первоначального. Таким образом, вместо несколько кПа у стены фактическое давление у операционной может снизиться до сотен кПа.

После прохода через стену давление дополнительно падает. Итоговая оценка, за защитой в здании операторной избыточное давление, вероятно, не превысит сотен кПа. Для детальной картины рекомендуется построить график на рис. 1 зависимости $\Delta P(R)$, показывающий пик избыточного давления на защитную стену, быстрый спад давления с учетом защитной стены, сначала резкий спад в ближней зоне, затем плавное затухание (по формулам методики) [4].

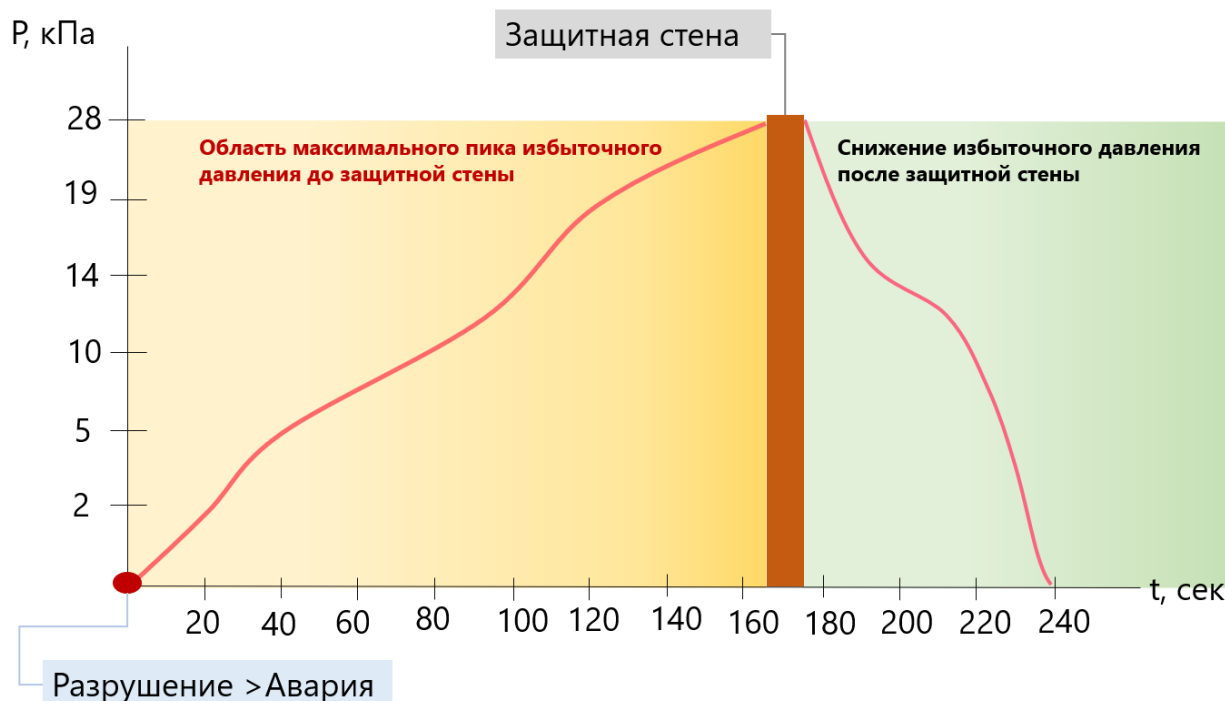


Рис. 1. Пик и снижения избыточного давления

Для оценки давления воспользуемся принципом эквивалентности энергии взрыва.

Приблизительно давление ТВС без стены на здание операторной падение избыточного давления может составить 28 кПа на рис. 2. При наличии ограждающей стены высотой 12 м ударная волна частично отражается и ослабляется. Научные методы показывают, что за стеной на расстоянии 1–1,5 высот стены амплитуда волны падает примерно на 50 %.

У нас после стены до здания операторной ~15 м ($\approx 1.25 h$), так что можно принять схожее ослабление.

Таким образом, остаточное избыточное давление на операторной оценивается порядка 0,03–0,04 кПа. Это существенно ниже предельных давлений, при которых здание теряет несущую способность (для железобетонных конструкций II категории обычно допускается 0,1 – 0,2 кПа и выше) [3].

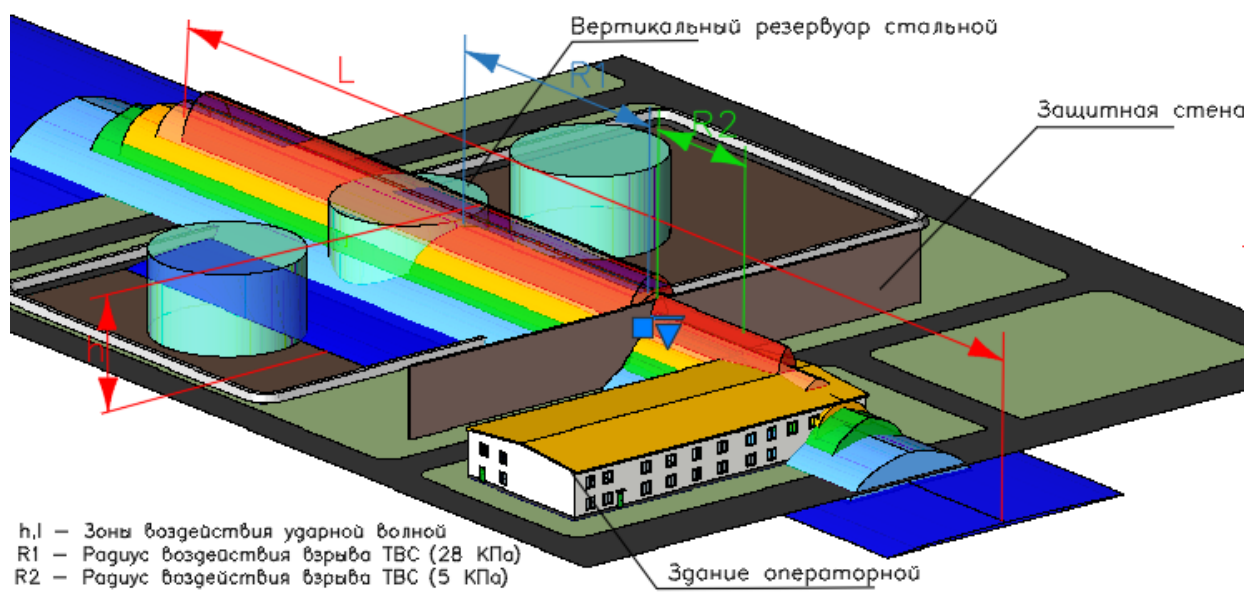


Рис. 2. Взрыв топливо-воздушной смеси, воздействие на здание операторной

Оценки во многом зависят от метеоусловий (температуры, плотности воздуха) и характера взрыва (детонация/дефлаграция). Тяжёлые углеводороды характеризуются более высоким пределом взрываемости, однако при аварийном пожаре образуется физический взрыв (BLEVE). Как отмечено в нормативной документации, исследованиях, при одинаковой энергии физические взрывы (BLEVE) дают более слабую ударную волну, чем детонация конденсированного воздействия. Это означает, что оценка избыточного давления, полученные по взрывчатому эквиваленту, скорее консервативны.

На основании выполненного исследования можно сделать следующие выводы.

Рассмотренный вопрос показывает, что при аварии вертикального стального резервуара с 20000 м³ тяжелой нефти ударная волна на здание операторной будет высокой. Без стены на здание операторной давление было бы порядка 28 кПа, а с учетом стены снижено примерно до 5 кПа. Это ниже порогов разрушения для здания с классом огнестойкости II. Таким образом, здание операторной считается взрыво- и взрывоустойчивым к такой аварии. Ключевыми факторами являются масса жидкости в резервуаре, энергия испарения (температура) и эффективность ослабления волны ограждениями. На данный момент кроме научных исследований, нет методических рекомендаций и методики по расчету остаточного значения ударной волны при аварии, с учетом защитной стены [2].

Таким образом, матрица рисков является важным инструментом для обеспечения безопасности опасных производственных объектов, позволяя минимизировать вероятность аварий и их последствий [3].

Результаты оценки безопасности и анализа рисков позволяют разработать эффективные меры по предотвращению аварий, снижению их последствий и обеспечению защиты персонала, населения и окружающей среды. Данная тема имеет высокую актуальность в связи с ростом сложности производственных процессов и увеличением потенциальных угроз, связанных с эксплуатацией опасных объектов [2].

Оценка безопасности и анализ рисков на опасных производственных объектах являются важнейшими элементами обеспечения безопасности. Эти процессы позволяют выявить потенциальные угрозы, оценить их последствия и разработать эффективные меры по предотвращению аварий. Регулярное проведение анализа рисков и внедрение современных методов управления безопасностью способствуют снижению вероятности аварий и минимизации их последствий, что в конечном итоге обеспечивает защиту жизни и здоровья людей, сохранность окружающей среды и имущества [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: утв. приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 26 июня 2024 г. № 533. – Москва: МЧС России, 2024. – Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 12.3.047-2012 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: / (ФГБУ ВНИИПО МЧС России). – Москва: (издательство), 2012. –Текст : непосредственный.
3. Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах: руководство по безопасности. – Москва : Издательство, Год. 2009 – Количество страниц с. 69 – Текст : непосредственный.

4. Лазарева, Н. В. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей / Н. В. Лазарева, Э. Н. Левина ; ред. засл. деят. науки проф. Химия. – М. : Изд-во, 1976. – 592 с. – Текст : непосредственный.

УДК 351.87

А. Н. Николаева

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПО УЧЕТУ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассматривается трансформация системы государственного контроля (надзора) в Российской Федерации, связанная с внедрением риск-ориентированного подхода и профилактической модели. Основное внимание уделяется анализу новых видов профилактических мероприятий – объявления предостережения и профилактического визита. Исследуется процесс их проведения, отраженный в блок-схеме, и механизм фиксации в Едином реестре контрольных (надзорных) мероприятий. Доказывается, что создание прозрачной и централизованной системы учета является ключевым элементом в снижении административной нагрузки на бизнес и повышении эффективности контрольно-надзорной деятельности.

Ключевые слова: государственный контроль, надзор, профилактические мероприятия, предостережение, профилактический визит, Единый реестр, риск-ориентированный подход, административная реформа, контрольно-надзорная деятельность.

A. N. Nikolaeva

IMPROVING STATE CONTROL (SUPERVISION) IN THE RUSSIAN FEDERATION THROUGH THE IMPLEMENTATION OF THE INSTITUTE OF PREVENTIVE MEASURES AND A UNIFIED REGISTER

The article examines the transformation of the state control (supervision) system in the Russian Federation, which is associated with the introduction of a risk-based approach and a preventive model. The main focus is on the analysis of new types of preventive measures, such as issuing warnings and conducting preventive visits. The article explores the process of conducting these measures, which is depicted in a flowchart, and the mechanism for recording them in the Unified Register of Control (Supervision) Measures. It is proved that the creation of a transparent and centralized accounting system is a key element in reducing the administrative burden on business and increasing the efficiency of control and supervision activities.

Key words: state control, supervision, preventive measures, warning, preventive visit, Unified Register, risk-based approach, administrative reform, control and supervision activities.

Введение

Современная парадигма государственного контроля (надзора) в развитых странах смещается от «карательных» мер к профилактическим, направленным на предупреждение нарушений [1-11]. Этот тренд нашел свое отражение и в российском законодательстве с принятием Федерального закона от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации». Одной из ключевых новаций данного закона стало введение института профилактических мероприятий, призванных снизить риски причинения вреда охраняемым законом ценностям.

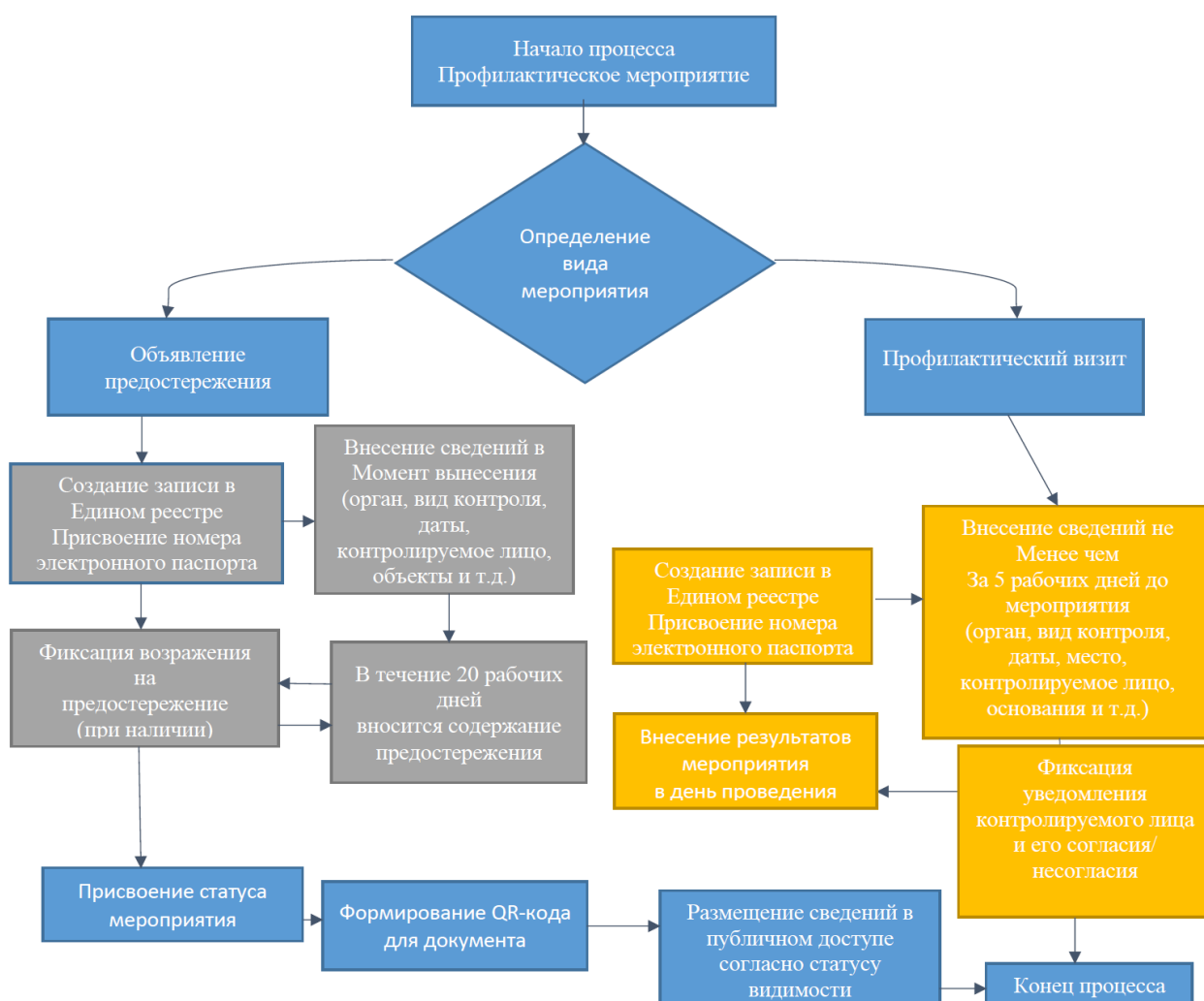


Рис. 1. Блок-схема регистрации основных профилактических мероприятий

Реализация этих положений потребовала создания эффективного инструментария учета. Таким инструментом стал Единый реестр контрольных (надзорных) мероприятий, порядок формирования и ведения которого утвержден Постановлением Правительства РФ от 16.04.2021 № 604. На основе опыта учета результатов профилактической работы, применения различных видов, процедур и механизмов фиксации профилактических мероприятий на основе указанных нормативных документов и визуализированной блок-схемы процесса.

Профилактические мероприятия следует рассматривать как основной инструмент контрольно-надзорной деятельности. Согласно разделу I Приложения к Правилам формирования и ведения Единого реестра, к профилактическим мероприятиям относятся два основных вида: объявление предостережения и профилактический визит.

Внедрение этих инструментов знаменует переход от модели «контроль ради наказания» к модели «контроль ради профилактики», что соответствует лучшим международным практикам в области регулирования бизнеса.

2. Процессуальные особенности учета результатов проведения профилактических мероприятий представлены в блок-схеме алгоритма.

Рассмотрение предоставленной блок-схемы позволяет детально реконструировать административные и технические процедуры для каждого вида мероприятия.

Процесс объявления предостережения

Процесс состоит из четырех последовательных этапов:

1. Создание записи и присвоение номера электронного паспорта. В момент вынесения предостережения в Едином реестре автоматически создается запись и присваивается уникальный, неизменяемый номер электронного паспорта. Это обеспечивает однозначную идентификацию мероприятия на всех последующих стадиях.

2. Внесение базовых сведений. Одновременно с созданием записи вносятся основные данные: контролирующий орган, вид контроля, сведения о контролируемом лице, объектах контроля, основания проведения. Это отражает принцип оперативности фиксации.

3. Внесение содержания предостережения. В течение 20 рабочих дней с момента получения предостережения органом в реестр вносится его содержание. Установленный срок позволяет подготовить юридически выверенный и обоснованный текст.

4. Фиксация возражений. На последнем этапе фиксируется факт поступления возражений от контролируемого лица (при их наличии), что обеспечивает принцип состязательности и учета позиции обеих сторон.

Процесс проведения профилактического визита

Профилактический визит также включает четыре этапа, но с иными временными рамками и акцентами:

1. Создание записи и присвоение номера. Аналогично предостережению, в момент создания мероприятия формируется его электронный паспорт.

2. Заблаговременное внесение плановых данных. Ключевое отличие – основные сведения (орган, вид контроля, даты, место, контролируемое лицо, основания) должны быть внесены не менее чем за 5 рабочих дней до начала визита. Это обеспечивает принцип предсказуемости и открытости для бизнеса.

3. Фиксация взаимодействия с контролируемым лицом. Фиксируется факт уведомления лица о визите и его согласие или несогласие на проведение. Это подчеркивает диалоговый характер мероприятия.

4. Внесение результатов. Результаты визита вносятся в реестр в день его проведения, что гарантирует высокую оперативность и актуальность информации.

3. Единый реестр как системообразующий элемент

Единый реестр, являясь федеральной государственной информационной системой, выполняет несколько критически важных функций:

- Функция учета и идентификации. Присвоение уникального номера электронного паспорта каждому мероприятию исключает дублирование и обеспечивает сквозную.

- Функция обеспечения прозрачности. Размещение сведений в публичном доступе позволяет контролируемым лицам, предпринимателям и общественности получать информацию о планируемых и проведенных мероприятиях. Нанесение QR-кода на документы напрямую связывает бумажный носитель с электронной записью в реестре.

- Функция стандартизации. Использование обязательных справочников и классификаторов, таких как справочник видов контроля, реестр обязательных требований, ФИАС, обеспечивает единообразие и машиночитаемость данных.

- Функция контроля за сроками. Жесткая регламентация сроков внесения сведений дисциплинирует контролирующие органы и предотвращает «задним числом» внесение информации.

Схематично общий процесс, начиная от определения вида мероприятия (блок «В») и заканчивая размещением сведений в публичном доступе (блок «G»), демонстрирует, как Реестр интегрирован в сквозной рабочий процесс контрольно-надзорной деятельности.

Заключение

Внедрение профилактических мероприятий и создание Единого реестра контрольных (надзорных) мероприятий представляют собой значительный шаг в реформировании системы государственного контроля в России.

1. Профилактическая работа преобладает над административным давлением.

2. Цифровизация и прозрачность.

3. Процессуальная четкость.

Дальнейшее развитие системы видится в углубленной аналитике данных Реестра для выявления системных рисков, автоматизации межведомственного взаимодействия и расширении возможностей для обратной связи от предпринимательского сообщества. Успешная реализация этих нововведений способна существенно повысить эффективность государственного управления и снизить административные барьеры для экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коноваленко Е.П. [и др.] Воспитание ценностного отношения менеджера-андрагога к обеспечению техносферной безопасности // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 3 (73). – 2017. С. 259-265. – EDN: YOCNFD
2. Бабушкин М.Ю. [и др.] Аксиологический подход к профессиональной подготовке государственных инспекторов по пожарному надзору // Пожарная и аварийная безопасность. 2024. № 2 (33). С. 14-20. – EDN: YVAFXG
3. Романова О.С. [и др.] Пожарная опасность объектов надзора на основе анализа обстановки с пожарами в Ивановской области в 2022 году // В сборнике: 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 // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 61-65. – EDN: LEWZBW
5. Липинская А.А. [и др.] Анализ судебной практики приведения в пожаробезопасное состояние торговых центров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 254-257. – EDN: OPEJFE
6. Романова О.С. [и др.] О пожарной безопасности населенных пунктов, подверженных угрозе ландшафтных (природных) пожаров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 341-346. – EDN: ODBFRW
7. Осмоловская А.А. [и др.] Регламентация и структурирование специальных технических условий по пожарной безопасности // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 295-299. – EDN: CWHEPR
8. Лазарев А.А. [и др.] Анализ результатов контрольной деятельности в области пожарной безопасности в 2023-2024 годах // В сборнике: 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

9. 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

10. Якубов К.Н. [и др.] Историко-правовые предпосылки совершенствования подходов к проведению проверок пожарной безопасности мечетей // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. № 3 (18). С. 40-48. – EDN: KVJJTU

11. Якупова Э.Ф. [и др.] О пожарной безопасности деревянных конструкций // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 561-565. – EDN: QVITEA

УДК 614.8

Н. М. Панев, А. М. Мочалов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР РОССИЙСКОГО ОПЫТА ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДКИ И СНИЖЕНИЯ ЕЁ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

В статье представлен обзор отечественного опыта продления срока службы изоляции электрической проводки и мероприятий по снижению её пожарной опасности, рассмотрены основные механизмы старения изоляционных материалов, методы диагностики и восстановления, а также рекомендации по снижению риска возгораний в кабельных системах.

Ключевые слова: изоляция проводки, продление срока службы, пожарная безопасность, диагностика кабельных линий, восстановление изоляции, безгалогеновые кабели.

N. M. Panyov, A. M. Mochalov

OVERVIEW OF RUSSIAN EXPERIENCE IN EXTENDING THE SERVICE LIFE OF WIRING INSULATION AND REDUCING ITS FIRE HAZARD

This paper presents a review of Russian experience in extending the service life of electrical wiring insulation and in measures aimed at reducing its fire hazard, examines principal aging mechanisms of insulating polymers, diagnostic and restorative techniques, and measures to mitigate fire hazard of cable systems.

Key words: electrical wiring insulation; service-life extension; fire safety; cable diagnostics; insulation restoration techniques; halogen-free cables.

Срок службы изоляции проводки и кабелей определяется сочетанием факторов: термического и окислительного старения, механических нагрузок, агрессивной среды и режимов работы электрических сетей. Длительная эксплуатация проводников и стремление к снижению затрат обуславливают востребованность восстановительных и превентивных технологий [1, 2]. Параллельно с этим требования пожарной безопасности актуализируют задачи снижения горючести, дымообразования и токсичности продуктов горения изоляционных материалов [3, 4].

Деградация изоляционных полимеров обусловлена различными механизмами, включая термолиз, окисление, гидролиз (для некоторых материалов), механическое истирание, а также воздействие ультрафиолетового излучения и биологических агентов. Подробное описание этих механизмов и их влияния на диэлектрические свойства материалов представлено в работах отечественных ученых, посвящённых вопросам диагностики и восстановления свойств полимерных композиций [5, 6].

В России для оценки состояния изоляции применяются следующие методы [7-9]:

- измерение электрического сопротивления изоляции и тангенса угла диэлектрических потерь;
- частотная спектральная диагностика;
- испытания частичными разрядами;
- тепловизионный контроль;
- эндоскопический осмотр каналов прокладки;
- механическая оценка состояния оболочек;
- визуальный контроль.

Для оценки пожарной опасности изоляции используются испытания на дымообразование, выделение токсичных газов и другие методы, соответствующие международным и межгосударственным стандартам [7-9].

Срок службы изоляции может быть увеличен путем проведения ряда организационных и технических мероприятий:

- оптимизация режимов нагрева путём снижения токовых нагрузок и улучшения теплового отвода в соответствии с правилами [1] и нормативами эксплуатации;
- защита изоляции от воздействия агрессивной среды путём герметизации вводов, применения кабельных лотков с соответствующей защитой и соблюдения корректных условий прокладки, предусмотренных методическими указаниями по диагностике кабельных линий [2];
- правильное крепление кабелей для снижения механических напряжений [1, 2];
- замена кабелей на огнестойкие с низким дымогазовыделением (LSOH, FRLS) или низкотоксичные варианты, а также установка огнестойких муфт и кабельных проходок [10-12];

- прокладка дополнительных линий резервирования с учётом требований пожарной безопасности и эксплуатационных нормативов [10-12].

Также продлению срока безопасной эксплуатации способствуют такие локальные восстановительные технологии, как [9-12]:

- термоусадочные и холодноусадочные муфты и гильзы для восстановления целостности изоляции;

- пропитка и лакирование отдельных участков изоляции полимерными композициями для восстановления её диэлектрических свойств с учётом совместимости материалов и возможного влияния на долговечность;

- нанесение защитных обмазок и компаундов для обеспечения механической и химической защиты изоляции.

Меры снижения пожарной опасности изоляции, применяемые на сегодняшний день, сводятся к [2-4]:

- использованию негорючих или трудногорючих материалов, а также составов-антипиренов и наполнителей для снижения горючести;

- применению безгалогеновых изоляционных композиций с низким дымогазовыделением для уменьшения риска отравления продуктами горения и снижения интенсивности задымления;

- разделению кабельных трасс, установка противопожарных преград и сохранению предела их огнестойкости при прокладке кабельных линий через них (совокупность мер, рекомендованных в руководствах по противопожарной защите кабельных трасс и нормативных документах [1, 2]);

- проведению сертификационных испытаний, включая оценку распространения пламени по кабелю, дымообразования и токсичности продуктов горения, в соответствии с документами по стандартизации [7-8].

В России широко применяется комбинированный подход, включающий регулярный мониторинг состояния изоляции, проведение локальных восстановительных ремонтов и поэтапную замену наиболее уязвимых участков [5, 9, 10]. На ряде объектов энергоснабжения и в атомной отрасли внедрены программы периодической диагностики, что позволило существенно снизить количество внеплановых отказов и пожароопасных ситуаций [5, 9]. Практика эксплуатации показывает, что экономически целесообразным является сочетание профилактических мер и точечных восстановительных работ.

В то же время существует ряд проблемных вопросов, связанных с темой данной статьи. К ним можно отнести недостаток долговременных статистических данных о надёжности восстановленных участков при различных условиях эксплуатации [9], а также ограниченную совместимость некоторых современных антипиренов с существующими марками кабелей, что может привести к ускоренному старению изоляционных материалов при комбинированном воздействии внешних факторов [10-12].

Исходя из вышеизложенного, можно привести следующие рекомендации по продлению срока службы изоляции кабельных изделий и снижению её пожарной опасности:

- разработка и внедрение единых методик оценки остаточного ресурса изоляции, учитывающих локальные восстановительные мероприятия и требования правил [1], а также нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности;
- проведение пилотных испытаний новых огнестойких композиций с низким дымогазовыделением для применения в ремонтных технологиях с последующим мониторингом их долговечности и испытаниями на дымообразование и токсичность [3];
- совершенствование нормативного регулирования нормативного регулирования методов ремонта, включая требования по оценке пожарной безопасности восстановленных участков, и проведение обязательного лабораторного контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ): 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 2003. — 912 с.
2. ГОСТ 31565-2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.
3. Федеральный закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Собрание законодательства РФ. — 2008. — № 30.
4. Об утверждении перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления 134 оценки соответствия: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 10.03.2009 № 304-Р // Собрание законодательства Российской Федерации, № 11, 16.03.2009, ст.1363.
5. Новые методы измерения диэлектрических характеристик электроизоляционных материалов / В. В. Костромин [и др.] // Кабели и провода. 2006. № 5. С. 16-22.
6. Гусев, Е.В. Сорбционно-массопроводные свойства полимерных фенопластовых композитов / Е.В. Гусев, Н.А. Набойщикова // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XXIII Бенардосовские чтения): Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию Российской атомной промышленности. В 3-х томах, Иваново, 29-31 мая 2025 года. — Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2025. — С. 299-302. — EDN QAWIBE.
7. ГОСТ 3345-76. Кабели, провода и шнуры. Метод определения электрического сопротивления изоляции. М.: Издательство стандартов, 1982. 9 с.
8. ГОСТ Р МЭК 60331-23-2003. Испытания электрических кабелей в условиях воздействия пламени. Сохранение работоспособности. М.: Издательство стандартов, 2003. 9 с.

9. Диагностика кабельных линий энергосистем по тангенсу угла диэлектрических потерь и постоянной времени саморазряда бумажно-пропитанной изоляции / Б.Г. Набока [и др.] // Электротехника и электромеханика. 2011. № 2. С. 65-69.

10. Оценка влияния старения полимеров на изменение их пожароопасных свойств / И.А. Богданов, С.Н. Ульева, А.Л. Никифоров, А.А. Краснов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2025. – № 1(54). – С. 5-11. – EDN FXTOJO.

11. Влияние способа воспламенения на пожароопасные свойства / С.А. Шабунин, И.А. Богданов, Н.М. Панев [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90- й годовщине образования гражданской обороны, Иваново, 24 ноября 2022 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», 2022. – С. 260-263. – EDN GKCMXR.

12. Оценка влияния температурных воздействий на пожарную опасность изоляции на основе ПВХ-диэлектриков / И.А. Богданов, С.А. Шабунин, С.Н. Ульева [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 4(45). – С. 64-70. – EDN FEMJQY.

УДК 614.8

Н. М. Панев, А. Л. Никифоров, А. А. Кочетова, Е. А. Сиплатов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ О ТЕНДЕНЦИЯХ, СВЯЗАННЫХ С РАЗРАБОТКОЙ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ И МАТЕРИАЛОВ НА ЕЁ ОСНОВЕ

В статье представлен обзор отечественных и зарубежных исследований в области обеспечения пожарной безопасности древесины, строительных материалов и конструкций на ее основе, а также некоторые тенденции в рассматриваемой области.

Ключевые слова: древесина, пожарная опасность строительные материалы и конструкции, ДСП, огнезащитные составы, термический анализ, интумесцентные составы.

N. M. Panev. A. L. Nikiforov, A. A. Kochetova, E. A. Siplatov

ON THE TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF FLAME-RETARDANT FORMULATIONS FOR VARIOUS APPLICATIONS IN WOOD AND WOOD-BASED MATERIALS

The article offers a comprehensive analysis of both domestic and international research pertaining to fire safety in wood, building materials derived from wood, and structures constructed using such materials. It also highlights several key trends within this specialized field of study.

Key words: wood, fire hazard, building materials and structures, chipboard, flame retardants, thermal analysis, intumescent compounds.

Огнезащита древесины, строительных и отделочных материалов на ее основе – одно из ведущих направлений исследований отечественных ученых, работающих в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. Актуальность разработки отечественных огнезащитных составов (далее – ОЗС) значительно возросла в условиях импортозамещения, что стимулирует российских производителей к активному освоению освободившейся рыночной ниши и разработке конкурентоспособных материалов. Рынок огнезащитных химикатов демонстрирует устойчивый тренд на импортозамещение, что подчеркивает востребованность исследований в данной области [1].

В трудах ряда исследователей поднимаются вопросы, связанные с разработкой новых рецептур огнезащитных составов (далее – ОЗС), совершенствованием рецептуры уже существующих ОЗС, применением различных ОЗС для огнезащиты строительных материалов, отделочных материалов и других элементов интерьера.

Одна из тенденций в рассматриваемой области – использование интумесцентных покрытий для ОСП и ДСП [2], а также CLT-панелей [3]. В отличие от древесины, эти материалы содержат в своём составе связующие и клеящие вещества, что существенно повышает их пожарную опасность [4]. Кроме этого, такие материалы зачастую применяются там, где не требуется сохранить их внешний вид (например, в целях создания красивого интерьера), что также обосновывает тенденцию применения в таких условиях именно вспучивающихся ОЗС, способные при воздействии опасных факторов пожара (далее – ОФП) образовывать на поверхности теплоизолирующий слой, препятствующий быстрому нагреванию материала и, как следствие, способствующий увеличению огнестойкости строительных конструкций.

В работах [2, 5, 6] авторы говорят о том, что структура таких ОЗС, как правило, включает в себя порообразующие вещества, плёнообразующие компоненты, доноры кислоты, источники углерода и полимерные связующие. В связи с тем, что зачастую огнезащитные свойства таких ОЗС зависят от микроструктуры, образующейся в результате воздействия ОФП на огнезащитное покрытие. В ходе анализа работ [7, 8] было установлено, что улучшению огнезащитной эффективности способствуют распространённые наполнители, обладающие низкой стоимостью – сульфированный графен, зола рисовой шелухи или яичная скорлупа. Кроме этого, в состав ОЗС включают такие компоненты, как регидратированный красный шлам, бура, пенообразователь ПО-1, окисленный графит, стеклянные аппретированные

микрофферы, полые корундовые микрофферы, перлит, вермикулит и ряд других веществ.

Одним из самых популярных веществ, применяемых при гидрозащите и огнебиозащите строительных конструкций, в том числе и изготовленных из древесины и материалов на её основе, остаётся жидкое стекло [9], способное выполнять в составе ОЗС функции как самостоятельного антипирена, так и плёнообразующего вещества. Как и вышеперечисленные наполнители для вспучивающихся ОЗС, введение поверхностно-активного вещества в огнезащитную композицию на основе жидкого стекла с последующим воздушно-механическим вспениванием приводит к образованию быстротвердеющей пены [10], по свойствам аналогичной вспененному покрытию, полученному путём воздействия ОФП на интумесцентный состав, при этом композиции на основе жидкого стекла экономически выгоднее многих интумесцентных покрытий за счет низкой сырьевой базы.

Исследования, проведённые отечественными учёными, показали, что кислородный индекс древесины, пропитанной составами с добавлением жидкого стекла, в 1,5-2 раза превышает аналогичный показатель для рыночных ОЗС, а термодеструкция жидкого стекла согласно ГОСТ [11] резко отличается от порошкообразного гидросиликата натрия по скорости удаления воды, что подтверждает гипотезы, выдвинутые в работах [12, 13]. Сегодня исследователями ведется работа по комплексному термоаналитическому исследованию компонентов интумесцентных и пропиточных ОЗС различного назначения для получения полной картины их поведения при воздействии ОФП и совершенствованию их рецептуры [14].

Таким образом, одними из ведущих тенденций, связанных с научными исследованиями в области обеспечения пожарной безопасности применения строительных материалов и конструкций из древесины и материалов на её основе на сегодняшний день являются:

- 1) подбор компонентов, придающих ОЗС необходимые эксплуатационные свойства (огнезащитную способность, вспучиваемость, порообразующую и плёнообразующую способность и т.д.) в зависимости от предполагаемых условий применения;
- 2) исследование компонентов ОЗС для древесины и материалов на её основе методами термического анализа, а также другими методами, позволяющими оценить их огнезащитную способность и поведение в условиях воздействия опасных факторов пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ рынка строительных огнезащитных составов в России – 2025. Показатели и прогнозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tebiz.ru/mi/rynok-stroitelnykh-ognegaschitnykh-sostavov-v-rossii>

2. Научные подходы к поиску оптимальных компонентов огнезащитных составов для строительных материалов на основе производных древесины / А.А. Кочетова, А.Л. Никифоров, С.А. Шабунин [и др.] // 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 РФ, 2024. – С. 186-190. – EDN PMBKQW.

3. Кочетова, А.А. Зарубежный взгляд на проблемные вопросы в области изучения пожарной опасности материалов на основе производных древесины / А.А. Кочетова, А.Л. Никифоров // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Материалы VI всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 19 апреля 2024 года. – Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий», 2024. – С. 440-444. – EDN ADTXCD.

4. Asci T., Kucuktuek M. and Keskin H. Increasing the fire resistance of particleboard used in architecture with colophony doped boron compounds, Politeknik Dergisi, 2022, vol. 25 (3), pp. 1157–1165. DOI: 10.2339/politeknik.895063.

5. Зыбина О.А., Варламов А.В., Чернова Н.С., Мнацаканов С.С. О роли и превращениях компонентов огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композиций в процессе термолiza. Журнал прикладной химии, 2009. № 4 (82). С.1445-1449.

6. Кочетова, А.А. Сравнительный анализ огнезащитных составов, применяемых для строительных материалов на основе производных древесины / А.А. Кочетова, А.Л. Никифоров // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 24 мая 2024 года. – Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий», 2024. – С. 514-518. – EDN WXHSCE.

7. Устинов А.А. Влияние функциональных добавок на огнестойкость интумесцентных композиций // Матер. 5-й междунар. научно-практ. конф. «Ройтмановские чтения». 25 февраля 2017. Москва. М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. С. 94-96.

8. Aqlibous A., Tretsiakova-McNally S., Fateh T. Waterborne intumescent coatings containing industrial and bio-fillers for fire protection of timber materials. Polymers. 2020, 12, 757. P. 1-16.

9. Разработка нового подхода к обеспечению защиты строительных конструкций из древесины и материалов на ее основе от воздействия высоких температур и открытого пламени / Е.А. Сиплатов, А.Л. Никифоров, Н.М. Панев, В.А. Мусатов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 1(46). – С. 136-144. – EDN DUNQHK.

10. Белых, С.А. Жидкое стекло из микрокремнезема в качестве связующего при получении огнезащитной композиции для древесины / С.А. Белых, Ю.В. Новоселова, А.И. Кудяков // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 4(32). – С. 154-160. – DOI 10.18324/2077-5415-2016-4-154-160. – EDN XEEQBD.

11. ГОСТ Р 53293-2009 «Идентификация веществ, материалов и средств огнезащиты методами термического анализа».

12. Перспективные вещества для использования в качестве антипиренов для древесины / Н.М. Панев, А.А. Александров, А.А. Воронцова [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 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», 2016. – С. 145-147. – EDN YQCYKN.

13. Проблемы разработки огнезащитных составов для древесины и контроля их наличия / Н.М. Панев, А.А. Воронцова, С.Н. Животягина, А.Л. Никифоров // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2017. – № 2(23). – С. 7-11. – EDN YSDTCD.

14. Термическая деструкция жидкого стекла и его компонент в различных условиях нагревания и различных средах / Е.А. Сиплатов, А.Л. Никифоров, Ю.К. Нагановский, К.А. Новожилова // 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. 349-355. – EDN BUQKEJ.

УДК 614.841.4:62/69

И. А. Пеньков, Д. В. Бухтояров, Н. Н. Курицына, А. С. Люкшин
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С МОДУЛЕМ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

В статье рассматриваются проблема обеспечения огнетушащими веществами робототехнических средств пожаротушения. Проанализированы особенности применения установок газового пожаротушения на основе жидкой двуокиси углерода (CO₂) установленные на мобильные робототехнические средства пожаротушения, для защиты объектов топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: робототехнические средства, объекты электро- и теплоснабжения, пожаротушение, газовое пожаротушение, жидкая двуокись углерода, CO₂.

I. A. Penkov, D. V. Bukhtoyarov, N. N. Kuritsyna, A. S. Lyukshin

RELEVANCE OF USING ROBOTICS WITH A LOW-PRESSURE GAS FIRE EXTINGUISHING MODULE TO PROTECT FUEL AND ENERGY COMPLEX FACILITIES

This article examines the issue of supplying robotic fire extinguishing systems with fire extinguishing agents. It analyzes the application of liquid carbon dioxide (CO₂)-based gas extinguishing systems mounted on mobile robotic fire extinguishing systems to protect fuel and energy facilities.

Key words: robotic equipment, electricity and heat supply facilities, fire extinguishing, gas fire extinguishing, liquid carbon dioxide, CO₂.

В условиях современного мира работа пожарных становится все более сложной и опасной. Это связано с усложнением технологических процессов, а также с увеличением количества пожароопасных веществ, которые используются в топливно-энергетических отраслях. Одной из актуальных проблем, с которой сталкиваются пожарные, является сильное воздействие тепловых потоков во время тушения пожаров. Для решения этой проблемы требуется внедрение более современных и качественных технологий, которые смогут обеспечить безопасность и эффективность работы пожарных. Одним из перспективных направлений в этой области является разработка и модернизация робототехнических средств (РТС). Применение РТС, позволяет снизить риск гибели и травмирования пожарных, так как они могут заменять людей на наиболее опасных участках во время проведения операций по тушению пожара.

За последние два десятилетия РТС, предназначенные для тушения пожаров, зарекомендовали себя с положительной стороны. В числе примеров их успешного применения можно отметить тушение пожара, произошедшего в ядерном центре, расположенном в городе Саров, тушения пожаров и ликвидации последствий ЧС на арсеналах боеприпасов в таких городах, как Уфа, Оренбург и Ижевск, а также тушения пожаров на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в Республике Крым [1].

Однако, несмотря на очевидные преимущества и актуальность внедрения РТС в практику пожарных подразделений МЧС России, проведенный анализ особенностей эксплуатации РТС показал, что фактическое применение РТС в ситуациях пожаротушения остается на крайне низком уровне. В результате анализа информации от подразделений, оснащённых РТС, установлено что применение РТС по их прямому назначению не превышает 1 % от общего числа случаев. В результате анализа и практического опыта, так же

установлено, что одной из главных проблем, с которыми сталкиваются специалисты, работающие с РТС это сложности, связанные с обеспечением бесперебойной подачи огнетушащих средств. Дополнительно стоит отметить, что отсутствует возможность автоматического прокладывания рукавной линии на большие расстояния, что значительно ограничивает функционал и эффективность применения РТС в условиях реальных пожаров.

Одним из вариантов решения данной проблемы, является применение модулей газового пожаротушения размещённых в составе РТС, взамен емкостей для воды и пенообразователя или прокладки рукавной линии.

В России история газового пожаротушения берёт свое начало с конца 30-х годов прошлого века. В это время в ФГБУ ВНИИПО МЧС России (на тот момент - ЦНИИПО), начались научные исследования в области газового пожаротушения. Основное внимание уделялось созданию эффективных газовых огнетушащих составов.

Установки газового пожаротушения, использующие жидкую двуокись углерода (CO_2), функционируют на основе физического принципа подавления пламени. Когда система активируется, жидкий CO_2 мгновенно превращается в газ, образуя облако, которое охватывает зону горения. Этот процесс сопровождается несколькими важными эффектами, которые способствуют эффективному тушению пожара. Первое, что происходит при активации системы - это вытеснение кислорода из области горения. Поскольку для поддержания реакции горения необходим кислород, его недостаток приводит к прекращению самой реакции. Это является одним из ключевых аспектов работы установок на основе CO_2 . Второй важный эффект - охлаждение поверхности, которое происходит благодаря эндотермической реакции испарения двуокиси углерода. Когда CO_2 превращается из жидкого состояния в газообразное, он поглощает тепло из окружающей среды, что дополнительно способствует снижению температуры в области возгорания. Третий эффект заключается в образовании защитного слоя газа, который препятствует повторному возгоранию.

В ФГБУ ВНИИПО в рамках опытно-конструкторской работы «Разработка технологического оборудования для мобильных робототехнических комплексов пожаротушения» был разработан модуль газового пожаротушения низкого давления для размещения в составе робототехнических комплексов. Эта установка включает в себя резервуар вместимостью 5 м³, размещённый на специальном прицепе - тележке, который одновременно можно использовать как в составе РТС на пожаре, так и в составе грузового автомобиля, для доставки к месту ЧС по дорогам общего пользования. Для подачи огнетушащего газа, в данной системе – ствол размещается на робототехническом комплексе (на рисунке ствол размещён на РТС Ель-4), при этом данный ствол объединен с манипулятором, что повышает его функциональность и удобство в эксплуатации [2].



Рисунок. Применение установки газового пожаротушения в составе РТС

Установка модуля газового пожаротушения низкого давления на РТС позволяет значительно повысить эффективность процесса пожаротушения, принимая во внимание специфические условия и особенности защищаемых объектов. При этом система газового пожаротушения адаптирована для интеграции с существующими РТС, что делает его универсальным решением для различных сценариев.

Одним из значительных преимуществ использования CO_2 в пожаротушении с применением РТС является его способность проникать в труднодоступные места, такие как внутренние полости резервуаров или трубопроводы, при этом применение РТС, позволяет это сделать в дистанционном режиме, с минимальным риском для жизни и здоровья спасателей и пожарных. Это делает систему особенно эффективной для защиты объектов, имеющих сложные конструкции, где традиционные методы тушения могут оказаться малоэффективными.

Использование жидкой двуокиси углерода для защиты резервуарных парков с применением РТС имеет несколько значительных преимуществ. Во-первых, это высокая скорость подавления пламени. CO_2 действует практически мгновенно, что критически важно для предотвращения распространения пожара и минимизации ущерба. Во-вторых, отсутствие вторичного ущерба. В отличие от воды или пены, которые могут повредить оборудование и нефтепродукты, CO_2 не оставляет после себя никаких следов, что способствует снижению экономических потерь. В-третьих, экологическая безопасность. Двуокись углерода не наносит вреда окружающей среде и легко рассеивается в

атмосфере после своего использования. В-четвертых, универсальность применения. CO_2 эффективен для тушения различных типов пожаров, которые могут произойти на объектах топливно-энергетического комплекса, включая возгорания электрооборудования и легковоспламеняющихся жидкостей.

В дальнейшем развития данной технологии применения установок газового пожаротушения в составе РТС должны идти по пути создания более совершенных систем, которые будут адаптированы к современным требованиям безопасности и экологичности. В частности, стоит уделить внимание следующим направлениям:

- комбинирование углекислого газа с другими средствами тушения, которое может привести к созданию гибридных решений, которые обеспечат еще более высокий уровень защиты;
- переход от системы дистанционного управления РТС, к супервизорному с возможностью автономного выполнения отдельных видов работ;
- развитие технологий хранения и применения углекислого газа в составе робототехнических комплексов;
- технологии применения установок газового пожаротушения в составе РТС и расчете необходимого количества CO_2 на борту РТС для ликвидации пожаров на объектах топливно-энергетического комплекса [3].

В заключение, можно сделать вывод, что применение установок газового пожаротушения в составе РТС, использующих жидкую двуокись углерода, представляет собой перспективное решение для защиты резервуарных парков, где хранятся нефть и нефтепродукты. Углекислый газ позволяет подавлять очаги возгорания и минимизировать вторичный ущерб. Кроме того, использование CO_2 в пожаротушении обеспечивает высокий уровень экологической безопасности. Таким образом, развитие робототехнических комплексов для пожаротушения с использованием газовых огнетушащих веществ представляет собой важное направление, которое может существенно повысить уровень безопасности в различных условиях. Важно продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы создать более эффективные и надежные системы, способные справляться с разнообразными угрозами и обеспечивать защиту людей и имущества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Penkov, I. A. Improving the quality of monitoring using robotic systems on the example of extinguishing fires at fuel and energy complex facilities / I. A. Penkov // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций : Материалы научно-практической конференции, Красноярск, 24–26 октября 2024 года. – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2025. – С. 105-109. – EDN XRBHSL.

2. Пожаркова, И. Н. Использование машинного обучения в задачах управления пожарными роботами / И. Н. Пожаркова, С. Г. Цариченко, С. Г. Немчинов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2023. – № 12. – С. 19-25. – DOI 10.25791/pribor.12.2023.1460. – EDN DDCIRI.

3. Система робототехники МЧС России. Состояние и перспективы развития / А. И. Асхадеев, Е. В. Павлов, А. Ю. Баранник [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19, № 2(72). – С. 41-47. – DOI 10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72.8.41. – EDN NMLZXW.

УДК 614.841.4:62/69

И. А. Пеньков, В. Д. Волков, Е. А. Шишкина, О. Е. Варламкина
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ТУШЕНИИ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В статье рассмотрены опыт применения робототехнических средств при тушении крупных пожаров. Проведён анализ проблематики внедрения робототехнических средств для тушения пожаров в условиях плотной городской застройки. Дана оценка выполняемых функций робототехническими средствами.

Ключевые слова: робототехнические средства, условия городской застройки, пожаротушение, опасные факторы пожара, функции робототехнических средств.

I. A. Penkov, V. D. Volkov, E. A. Shishkina, O. E. Varlamkina

APPLICATION OF ROBOTICS IN EXTINGUISHING LARGE FIRES IN URBAN AREAS

The article discusses the experience of using robotic equipment in the fight against large fires. It analyzes the challenges of using robotic equipment for firefighting in densely populated urban areas. The article also evaluates the functions performed by robotic equipment.

Key words: robotic equipment, urban development conditions, firefighting, fire hazards, and robotic equipment functions

Применение робототехнических средств (РТС) пожаротушения играет важную роль в повышении уровня безопасности как в сфере пожаротушения, так и в рамках обеспечения промышленной безопасности. Основная, первостепенная цель их внедрения заключается не только в минимизации потенциального материального ущерба, который может быть нанесен в результате масштабных возгораний, техногенных аварий и катастроф, но и в

снижении риска для пожарных и спасателей, от многочисленных, зачастую смертельно опасных угроз и рисков, неизбежно возникающих в процессе ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера. Традиционные методы борьбы с пожарами, несмотря на их проверенную временем эффективность, имеют определенные пределы и ограничения, которые РТС способны существенно расширить, преодолевая барьеры, недоступные для человека.

Рассмотрим актуальность применения РТС на двух примерах тушения сложных пожаров в 2017 году, в составе робототехнических средств: ЛУФ-60 и Ель-10. В марте 2017 года произошёл крупный пожар на территории промышленной зоны города Щёлково. Пожар охватил массивный ангар, в котором хранились лакокрасочные изделия. Это обстоятельство сразу же определило чрезвычайную сложность ситуации: лакокрасочные материалы обладают высокой горючестью, способны быстро распространять пламя, выделять токсичные продукты горения и развивать высокие температуры. Когда пожарные расчеты прибыли на место, стало очевидно, что обычные методы тушения сопряжены с колоссальными рисками. Пожар стремительно развивался, и значительная часть металлических перекрытий ангара уже обрушилась под воздействием высоких температур [1].

Существовала реальная угроза дальнейшего обрушения конструкций, что делало невозможным приближение личного состава к непосредственным очагам горения, из-за высокой температуры, плотного задымления и угрозы взрывов емкостей с горючими веществами. В такой ситуации приоритетом становится не только эффективное тушение, но и безусловное обеспечение безопасности пожарных. Руководство МЧС России, оценив всю серьезность обстановки и риски для личного состава, приняло решение о задействовании робототехнической группировки ФГБУ ВНИИПО МЧС России. К месту тушения пожара были оперативно доставлены РТС ЛУФ-60 и Ель-10. После получения данных от руководителя тушения пожара (РТП), РТС незамедлительно приступили к работе. ЛУФ-60, использовался для подачи воды и пены непосредственно вглубь горящего ангара, эффективно охлаждая конструкции. РТС Ель-10, в свою очередь, выполняло функции разведки, передавая операторам информацию о динамике развития пожара, а также применялась для точечной подачи огнетушащих веществ или охлаждения отдельных элементов конструкции, предотвращая их дальнейшее разрушение. Благодаря применению робототехнических средств, уже в течение светового дня удалось полностью ликвидировать.

Применение РТС на пожаре в промышленной зоне города Щёлково предотвратило распространение огня на близлежащие складские помещения. Если бы пламя перекинулось на соседние объекты, это могло бы привести к значительному увеличению масштабов катастрофы, многократному росту материального ущерба и, что особенно важно, к серьезной экологической катастрофе из-за выброса вредных веществ в атмосферу и почву. Таким

образом, благодаря оперативному и грамотному использованию РТС, удалось не только быстро справиться с уже существующим пожаром, но и предотвратить его дальнейшую распространение.



Рис. 1. Применение РТС
на пожаре склада
промышленной зоны
г. Щёлково

Вторым ярким примером применения РТС является тушение пожара в ТЦ «Синдика»: 8 октября 2017 года. Уже через час после начала пожара его площадь превысила 1000 квадратных метров, что свидетельствовало о чрезвычайной интенсивности горения и огромных объемах распространения пламени. Ситуацию осложняло то, что здание торгового центра, будучи крупным и многофункциональным сооружением, начало частично обрушаться. Подобные разрушения представляют собой огромную опасность для пожарных, так как создают непредсказуемые зоны падения конструкций и дестабилизируют общую устойчивость здания. В борьбе с этим масштабным пожаром были задействованы колоссальные ресурсы: огонь тушили с помощью трех вертолетов, а на месте чрезвычайного происшествия работали не менее 300 человек личного состава. К вечеру того же дня пожар удалось локализовать. Однако из-за постоянной угрозы обрушения здания все работы по непосредственному тушению пожара, особенно внутри помещений, приходилось проводить исключительно с внешней стороны комплекса. Основные очаги горения, представлявшие наибольшую опасность, оставались на подземной парковке и в складских помещениях цокольного этажа. Эти зоны были практически недоступны для человека из-за сильного задымления, высоких температур, обрушившихся конструкций и риска дальнейших обрушений. Для полной ликвидации пожара внутри ТЦ «Синдика» требовалось локализовать очаги возгораний на первом этаже – парковке с высоким риском обрушения конструкций. В связи с этим руководство МЧС России приняло решение о привлечении робототехнических средств пожаротушения. 10 октября 2017 года, в соответствии с распоряжением Национального центра управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) МЧС России, на место тушения пожара прибыла робототехническая группировка в составе двух РТС: ЛУФ-60 и Ель-10. После получения задачи от руководителя тушения пожара,

роботизированная группировка приступила к работе. Основная задача заключалась в локализации возгораний на четвертом участке тушения пожара, которым являлось складское помещение на территории открытого паркинга цокольного этажа. В этих условиях, где завалы, сильное задымление и высокие температуры делали затруднительным действия пожарного расчёта, ЛУФ-60 и Ель-10 смогли продемонстрировать свои преимущества. РТК осуществляли разведку и безопасно проводили пожаротушение в режиме дистанционного управления.



Рис. 2. Применение РТС на пожаре в ТЦ «Синдика»

Способность роботов работать автономно, без необходимости присутствия человека в непосредственной близости очагам возгорания, позволила значительно ускорить процесс ликвидации пожара внутри комплекса, с минимальным риском для жизни и здоровья спасателей.

Анализ опыта применения РТС показал, что внедрение РТС в практику пожарных подразделений представляет собой перспективное направление в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности, а также в проведении комплексных аварийно-спасательных работ. Однако, несмотря на их неоспоримый потенциал, фактическое внедрение и широкое использование РТС для тушения пожаров в условиях плотной городской застройки, до сих пор остается явлением, встречающимся сравнительно редко. Такая ситуация обусловлена комплексом взаимосвязанных факторов. В первую очередь, это отсутствие наработанных и проверенных на практике тактических приемов и методик их эффективного использования. Во-вторых, серьезной проблемой является сложность логистики и доставки крупногабаритных РТС на место происшествия, особенно в условиях ограниченного пространства, дорожных заторов и затрудненного доступа, характерных для городских агломераций [2]. Для обеспечения максимально эффективного использования всех уникальных

возможностей РТК, необходимо чётко и однозначно определить их место и роль в общей системе технического оснащения пожарных подразделений. Они не являются универсальным решением, но представляют собой мощный инструмент для специфических задач. Исходя из этого, современные РТК способны сочетать в себе множество функций, выступая в роли многопрофильных систем, среди которых стоит отметить:

- разведка и мониторинг: оснащенные тепловизорами, газоанализаторами, видеокамерами высокого разрешения, РТС могут проникать в зоны с нулевой видимостью и высокой концентрацией токсичных газов, передавая РТП информацию о динамике развития пожара, местонахождении очагов, наличии людей и целостности конструкций;

- непосредственное пожаротушение: оборудованные лафетными стволами, пеногенераторами или установками тонкораспыленной воды, РТС могут подавать огнетушащие вещества непосредственно в очаг пожара, работая в условиях экстремальных температур и сильного задымления, куда вход человеку затруднен или невозможен;

- создание защитных завес: могут использоваться для осаждения дыма, охлаждения несущих конструкций или защиты соседних зданий от теплового воздействия;

- охлаждение и дегазация: после тушения открытого пламени РТС могут продолжать охлаждать тлеющие зоны и осуществлять дегазацию помещений;

- разборка завалов и расчистка путей: некоторые тяжелые РТС оснащены манипуляторами и отвалами, способны расчищать проходы для людей или осуществлять точечную разборку конструкций;

- транспортировка оборудования: РТС могут доставлять дополнительное оборудование (пожарные рукава, баллоны с воздухом) в опасные зоны [3].

В заключение стоит отметить, что практика применения РТС, подтвердила их актуальность при работе в условиях городской застройки, в том числе в зонах с высокой опасностью обрушения конструкций, например, после взрывов или длительного воздействия высокой температуры и открытого горения на несущие элементы. Работа спасателей и пожарных в таких условиях сопряжена с большим риском, тогда как РТС, даже будучи поврежденным или полностью уничтоженным, не несет угрозы для жизни оператора или спасателя. РТС могут проводить расчистку завалов в режиме дистанционного управления, используя штатный

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Penkov, I. A. Improving the quality of monitoring using robotic systems on the example of extinguishing fires at fuel and energy complex facilities / I. A. Penkov // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Материалы научно-практической конференции, Красноярск, 24–26 октября 2024 года. – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2025. – С. 105-109. – EDN XRBHSL.

2. Пожаркова, И. Н. Использование машинного обучения в задачах управления пожарными роботами / И. Н. Пожаркова, С. Г. Цариченко, С. Г. Немчинов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2023. – № 12. – С. 19-25. – DOI 10.25791/pribor.12.2023.1460. – EDN DDCIRI.

3. Система робототехники МЧС России. Состояние и перспективы развития / А. И. Асхадеев, Е. В. Павлов, А. Ю. Баранник [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19, № 2(72). – С. 41-47. – DOI 10.54234/CST.19968493. 2022.19.2.72.8.41. – EDN NMLZXW.

УДК 614.841.4:62/69

И. А. Пеньков, В. И. Козлов, Е. В. Павлов
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Рассмотрен вопрос применения робототехнических средств, комплексов и установок пожаротушения, находящихся на вооружении пожарно-спасательных подразделений МЧС России, в условиях атак беспилотных летательных аппаратов на объекты электро- и теплоснабжения

Ключевые слова: робототехнические средства, объекты электро- и теплоснабжения, пожаротушение, опасные факторы пожара

I. A. Penkov, V. I. Kozlov, E. V. Pavlov

RELEVANCE OF USING ROBOTS TO PROTECT POWER AND HEAT SUPPLY FACILITIES

The article discusses the use of robotic equipment, fire-extinguishing systems, and installations used by fire and rescue units of the Russian Ministry of Emergency Situations in the event of attacks by unmanned aerial vehicles on power and heat supply facilities.

Key words: robotic equipment, facilities for electricity and heat supply, firefighting, fire hazards

Применение робототехнических средств в защите объектов электро- и теплоснабжения от последствий атак беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) представляет собой критическую задачу, требующую детального рассмотрения. Существующая система реагирования на пожары, возникшие в результате подобных атак, имеет существенный недостаток: пожарные подразделения могут приступить к тушению пожара только после отбоя воздушной тревоги. Это затягивает время реагирования на значительные

промежутки времени, до нескольких часов, что приводит к неконтролируемому развитию пожара и его распространению на соседние объекты инфраструктуры и, как следствие, к значительному увеличению масштабов и сложности работ по ликвидации. За это время пожар может нанести колоссальный ущерб, уничтожив не только непосредственно пораженный объект, но и прилегающие здания, линии электропередач, тепловые сети и другие объекты жизнеобеспечения. Экономические последствия такого задержки могут значительно возрасти, не говоря уже о потенциальной опасности для жизни и здоровья людей.

Атаки БПЛА представляют собой комплексную угрозу. Они создают множество сопутствующих факторов, усложняющих тушение пожара: ударное воздействие самого БПЛА, воздушная ударная волна от взрыва (если он произошел), разлет осколков – все это наносит дополнительные повреждения инфраструктуре, в том числе и стационарным системам пожаротушения объектов и создает опасные зоны, недоступные для непосредственного вмешательства пожарных.

Нанесение ударов БПЛА по объектам в местах с труднодоступным рельефом или обилием легковоспламеняющихся материалов, усугубляет ситуацию. Особо опасны атаки на объекты ресурсного обеспечения боевых подразделений Министерства обороны, так как это может привести к нарушению работы критически важной инфраструктуры и нанести ущерб оборонной способности государства. Целенаправленный выбор противником мест атаки БПЛА указывает на наличие предварительной разведки и планирования, что требует адекватного противодействия.

Использование наземных робототехнических средств пожаротушения в данном контексте является крайне важным шагом к повышению эффективности борьбы с пожарами, возникшими в результате атак БПЛА. Существующие мобильные робототехнические средства и комплексы пожаротушения, а также передвижные дистанционно-управляемые установки пожаротушения (далее – робототехнические средства, комплексы и установки пожаротушения – сокращенно РТСКУ), находящиеся на вооружении пожарно-спасательных подразделений МЧС России, позволяют значительно сократить время реагирования и минимизировать потери. РТСКУ могут быть направлены к месту возгорания немедленно после обнаружения, независимо от состояния воздушной тревоги, осуществляя первичное тушение и разведку обстановки в опасной зоне. Их применение особенно эффективно в условиях, опасных для жизни пожарных: высоких температур, обрушения конструкций, наличия токсичных веществ и т.п. РТСКУ могут дистанционно управляться оператором, находящимся на безопасном расстоянии. Дистанционное управление РТСКУ в районе пожара позволяет не только эффективно бороться с огнём, но и проводить разведку, оценку обстановки и мониторинг ситуации в опасной зоне, обеспечивая более точное и оперативное принятие решений. Повторные атаки БПЛА, представляющие серьёзную угрозу для пожарных и спасателей,

становятся менее опасными благодаря возможности работы РТСКУ в дистанционном режиме управления в условиях непрерывной угрозы [1].

Однако, успешное применение РТСКУ требует тщательной подготовки и планирования. Необходимо учитывать тактико-технические характеристики (ТТХ) каждого конкретного робототехнического средства или комплекса, а также особенности защищаемого объекта. Это включает в себя анализ специфики территории (рельеф, наличие препятствий, особенности доступа), технологических процессов на объекте, источников водоснабжения для обеспечения бесперебойной работы РТСКУ и, конечно же, состояние противопожарной защиты самого объекта. В ряде случаев, эффективность работы РТСКУ может быть значительно повышена при совместном использовании со штатными пожарными автомобилями, обеспечивающими подачу воды и пенообразователя [2].

Для эффективного использования РТСКУ пожарно-спасательными подразделениями необходимо выполнить ряд организационных мероприятий. Прежде всего, необходимо определить наиболее подходящий тип и вид РТСКУ, учитывая специфику защищаемого объекта и его противопожарное состояние. Выбор пожарного автомобиля для совместной работы с РТСКУ должен осуществляться с учетом ТТХ обоих типов техники, обеспечивая совместимость и эффективную подачу огнетушащих веществ (ОТВ) по рукавным линиям непосредственно в очаг пожара. Назначение ответственных лиц за эксплуатацию РТСКУ, планирование их доставки к месту чрезвычайной ситуации (ЧС), разработка эффективной технологии и тактики применения на месте ЧС, а также организация управления РТСКУ в составе штаба пожаротушения – все это критически важные аспекты подготовки. Важно отметить, что управление РТСКУ должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить тесную координацию с основными силами и средствами пожаротушения. Особое внимание следует уделить соблюдению требований охраны труда при эксплуатации РТСКУ, чтобы минимизировать риски для персонала, обслуживающего и управляющего робототехническими средствами пожаротушения. В целом, эффективное применение РТСКУ требует комплексного подхода, включающего тщательное планирование, подготовку персонала, координацию действий различных служб и постоянное совершенствование методов работы с робототехническими средствами. Только в этом случае РТСКУ смогут в полной мере раскрыть свой потенциал и обеспечить максимальную безопасность людей и эффективное тушение пожаров в самых сложных и опасных условиях [3].

МЧС России активно внедряет мобильную робототехнику в практику пожарных подразделений. Эффективное функционирование робототехнических средств требует тщательной организации их эксплуатации и обслуживания. Для этого в каждом подразделении вводятся – операторы робототехнических средств. Допуск к работе с РТСКУ предоставляется только персоналу, прошедшему специальное обучение и имеющему соответствующее

удостоверение, подтверждающее право управления и обслуживания данной техники.

Планирование доставки РТСКУ к месту ЧС – этап, требующий тщательной подготовки и проработки различных сценариев. Заблаговременное планирование включает в себя разработку нескольких возможных маршрутов доставки, учитывая доступные транспортные средства: автомобильный, водный, железнодорожный и воздушный транспорт. Выбор оптимального маршрута – задача, требующая детального анализа. Необходимо провести дополнительные расчеты, учитывающие время, необходимое для подготовки РТСКУ к транспортировке, готовность транспортных средств, конструктивные особенности шасси РТСКУ (гусеничное или колесное), массу и габаритные размеры оборудования. Это позволит минимизировать время реагирования и обеспечить максимально эффективную доставку робототехнических средств к месту ЧС.

Разработка тактики и технологии применения РТСКУ на месте ЧС также является неотъемлемой частью этапа планирования. Этот процесс включает несколько основных этапов. На первом этапе проводится всесторонняя оценка обстановки на месте пожара. Определяется степень угрозы для окружающих объектов и технологических установок, прогнозируется дальнейшее развитие пожара, а также оценивается время, необходимое для доставки РТСКУ к месту ЧС, в случае, если она отсутствует на месте. Следующий этап включает в себя анализ тактических возможностей РТСКУ и пожарной техники, присутствующей на месте. На основе анализа объекта защиты и возможностей РТСКУ выбираются оптимальные варианты их применения для эффективной локализации и тушения пожара [4]. На следующем этапе планирования осуществляется корректировка плана тушения с учетом специфики работы РТСКУ. Это включает в себя четкую формулировку задач для РТСКУ и учет всех факторов, которые могут повлиять на эффективность их работы. Особое внимание уделяется безопасности работы персонала и предотвращению возможных рисков.

Так же крайне важно четко определить порядок взаимодействия и управления этими высокотехнологичными средствами в рамках штаба пожаротушения, в тесной координации с традиционными силами и средствами. Необходимость разработки подробных процедур управления, строгого контроля за действиями РТСКУ и оперативного реагирования на изменения обстановки на месте ЧС является первостепенной задачей. Эти процедуры должны учитывать различные сценарии применения РТСКУ: от одиночного использования отдельных робототехнических средств до сложных групповых операций, включающих взаимодействие с беспилотными авиационными системами (БАС).

БАС могут играть важную роль в разведке, определении масштабов пожара, мониторинге динамики распространения огня, прокладке оптимальных маршрутов для движения РТСКУ к очагам возгорания, и передаче визуальной

информации в штаб пожаротушения для принятия быстрых и взвешенных управленческих решений. Интеграция РТСКУ и БАС позволяет существенно повысить эффективность борьбы с огнем, минимизировать риски для жизни пожарных и обеспечить более точное и оперативное реагирование. Разработка таких процедур должна включать в себя детализированные инструкции по управлению каждой единицей РТСКУ, алгоритмы взаимодействия между различными роботами в группе, а также протоколы обмена информацией с БАС и штабом пожаротушения.

Особое внимание следует уделять вопросам безопасности и предупреждения возможных ошибок при управлении РТСКУ. Это подразумевает разработку системы резервного управления, проверку работоспособности оборудования перед каждым выездом и регулярное техническое обслуживание. При эксплуатации РТСКУ необходимо строго соблюдать требования охраны труда, изложенные в Приказе Министерства труда и социальной защиты РФ от 11.12.2020 № 881н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны». Раздел «Требования охраны труда при эксплуатации и техническом обслуживании робототехнических средств, вспомогательной техники и робототехнического имущества» этого приказа должен служить основой для разработки внутренних локальных актов и инструкций по безопасности. Это включает в себя обучение персонала, проверку знаний и проведение регулярных тренингов по безопасной работе с РТСКУ[5].

Развитие и совершенствование РТСКУ в долгосрочной перспективе, не только позволит снизить материальный ущерб от пожаров, но и будет способствовать снижению гибели и травмирования пожарных и спасателей. Помимо непосредственного тушения, РТСКУ могут быть использованы для проведения разведки, оценки масштаба повреждений, а также для ликвидации последствий пожара. Необходимо дальнейшее развитие этой технологии, включая создание более совершенных робототехнических средств, способных выполнять более широкий спектр задач, а также совершенствование систем управления и связи.

Важно также разработать четкие протоколы взаимодействия между пожарными подразделениями, военными и другими службами, чтобы обеспечить максимально эффективное использование робототехники в борьбе с последствиями атак БПЛА. В конечном итоге, интеграция робототехники в систему противопожарной безопасности является необходимым условием для обеспечения устойчивости страны к современным вызовам и угрозам. Это вопрос национальной безопасности, требующий комплексного подхода и постоянных инвестиций в исследования и разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пеньков И.А. и др. Основные направления деятельности и приоритеты развития робототехники пожаротушения на основе опыта применения в системе МЧС России //Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. – 2022. – С. 394-398.
2. Гусев И.А. и др. Актуальность применения мобильных робототехнических средств. Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. 2024. № 13. С. 45-52.
3. Bogue R. The role of robots in firefighting //Industrial Robot: the international journal of robotics research and application. – 2021. – Т. 48. – №. 2. – С. 174-178 (дата обращения: 02.09.2025).
4. Цариченко С.Г. Экстремальная робототехника в МЧС России – задачи и перспективы //Safety & Fire Technology. – 2012. – Т. 28. – С. 97-105.
5. Власов К.С., Тачков А.А., Данилов М.М. Групповое применение наземных робототехнических комплексов при тушении пожаров в резервуарных парках //Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2020. – №. 1. – С. 131-136.

УДК 614.842.8

С. В. Попова

Уральский институт ГПС МЧС России

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Данная статья посвящена анализу современных проблем и методам обеспечения пожарной безопасности на объектах энергетики. Рассматриваются основные источники возникновения пожаров, средства предотвращения и ликвидации возгораний. Подчеркивается важность внедрения инновационных технологий и обучение персонала в целях минимизации рисков возгорания и защиты критически важной инфраструктуры.

Ключевые слова: пожарная безопасность, объекты энергетики, автоматические системы пожаротушения, обучение персонала.

S. V. Popova

FIRE SAFETY AT ENERGY FACILITIES: CURRENT PROBLEMS AND METHODS OF ENSURING

This article is devoted to the analysis of modern problems and methods of ensuring fire safety at energy facilities. The main sources of fires, means of fire prevention and elimination are considered. The importance of introducing innovative technologies and staff training is emphasized in order to minimize fire risks and protect critical infrastructure.

Key words: fire safety, energy facilities, automatic fire extinguishing systems, personnel training.

Пожарная безопасность на объектах энергетики занимает особое место в комплексе мероприятий по обеспечению устойчивого функционирования и развития энергетической отрасли современной промышленности. От объектов энергетики (электростанций, подстанций, распределительных устройств и сетей) напрямую зависит не только экономическая стабильность, но и жизнеобеспечение населения, функционирование критически важных инфраструктурных объектов, транспортных систем, предприятий промышленности и социальной сферы. Нарушения требований пожарной безопасности на таких объектах могут привести к катастрофическим последствиям: крупномасштабным авариям, техногенным катастрофам, поражению персонала и населения, нанесению экологического и экономического ущерба [2, 4].

Проблема обеспечения пожарной безопасности на объектах энергетики обусловлена рядом факторов. Во-первых, высокие технологические нагрузки, связанные с эксплуатацией энергоустановок, повышают вероятность перегрева оборудования и возникновения коротких замыканий, что часто становится источником пожара. Во-вторых, в энергетике широко применяются материалы с высоким классом горючести (например, смазочные масла, изоляционные материалы), что увеличивает риск быстрого распространения огня. В-третьих, значительная часть энергетической инфраструктуры состоит из зданий и сооружений с устаревшими конструкциями, где отсутствуют современные системы пожаротушения и автоматического обнаружения возгораний.

Следует отметить, что ряд старых промышленных и энергетических объектов эксплуатируется значительно дольше установленных сроков службы. Многие из них были построены еще в советский период и зачастую не соответствуют современным нормативам по пожарной безопасности, как с точки зрения конструктивных решений, так и по составу инсталляций автоматических систем контроля и ликвидации очагов возгорания. Это обуславливает необходимость модернизации и регулярного аудита таких объектов для выявления и устранения пожарных рисков.

Особую сложность представляют вопросы организации эффективных мер реагирования в условиях масштабности объектов, многоуровневой структуры энергосистем и удаленности отдельных узлов. Дополнительной проблемой является необходимость обеспечения бесперебойной работы оборудования даже в условиях пожара, а также своевременной эвакуации персонала, минимизации угрозы для окружающей среды и локализации очага горения для предотвращения дальнейших разрушений.

Обеспечение пожарной безопасности объектов энергетики осложняется также высокими требованиями к отказоустойчивости и непрерывности технологических процессов. Остановка ряда объектов, особенно магистральных и распределительных подстанций либо электростанций, даже на короткий срок может привести к масштабным негативным последствиям: перебоям в подаче электроэнергии, сбоям в работе транспорта, социальных и промышленных предприятий, больниц и иных социально-значимых объектов.

Статистические показатели происшествий, произошедших в энергетической отрасли, указывает на недостаточный уровень внедрения современных технологий мониторинга и предупреждения пожаров, а также на недостатки в подготовке персонала и недостаточное финансирование программ повышения уровня пожарной безопасности таких объектов. Основными причинами происшедших пожаров являются: короткое замыкание, перегрузки электрического оборудования, воздействие атмосферных явлений (молния), неисправности систем охлаждения, а также нарушение технологической дисциплины и правил эксплуатации. Причем, несмотря на разработанные мероприятия по электробезопасности и регламентам обслуживания оборудования, человеческий фактор по-прежнему остается критически важным элементом в цепочке обеспечения пожарной безопасности. Нарушения правил техники безопасности, проведение несанкционированных технических работ, а также игнорирование предписаний по эксплуатации приводят к наибольшему проценту возгораний. Особую опасность представляют топливно-энергетические комплексы, где присутствует большое количество взрывоопасных и горючих веществ. Возможные утечки жидкого и газообразного топлива способны быстро трансформироваться в очаги взрыва, разрушения оборудования, образование масштабных зон возгорания с угрозой жизни персонала и массового выхода техники из строя, а также — нанесением ущерба окружающей среде [3].

Кроме того, тушение таких пожаров вызывает определенные сложности, выражающихся в высоких температурах при горении твердых горючих материалов, горючих жидкостей и газов с распространением тепловых потоков на соседние установки и сооружения, сильным задымлением внутри помещений, где происходит горение, опасностью обрушения строительных конструкций, поражение электрическим током участников тушения пожара и др. [1]. Часто требуется использование специализированных средств индивидуальной защиты и сложной инженерной техники, что требует высокой квалификации пожарных расчетов, а также высокого уровня взаимодействия с технологическим персоналом объекта.

Обеспечение пожарной безопасности предусматривает комплекс организационных и технических мероприятий. К техническим мерам можно отнести: использование современных систем автоматического обнаружения и оповещения о пожаре; установка стационарных и переносных средств пожаротушения (системы водяного, порошкового, газового пожаротушения);

регулярная проверка состояния электрооборудования и своевременная замена изношенных элементов; организация систем дистанционного мониторинга температурных и электрических параметров. На практике эффективные системы автоматического обнаружения и тушения пожаров позволяют значительно сократить время реагирования и минимизировать последствия даже при возникновении обширных очагов горения. Использование тепловизионного оборудования, интеллектуальных датчиков дыма и ИК-детекторов способствует увеличению информированности оперативных служб.

Организационные меры включают разработку и внедрение инструкций, проведение регулярных тренировок (учений) и обучения персонала правилам пожарной безопасности и действиям в случае возникновения пожаров, а также постоянное взаимодействие с аварийно-спасательными службами. При этом наблюдается тенденция к усилению теоретической и практической подготовки персонала посредством симуляторов и компьютерных тренажеров, моделирующих различные сценарии развития пожара и отработку корректных действий в условиях реального времени.

Важной составляющей профилактики пожаров остается регулярное проведение независимых экспертиз состояния инженерных систем зданий и сооружений, обновление технической и технологической базы, а также обязательная сертификация используемых материалов и конструкций на предмет соответствия стандартам пожарной безопасности.

В настоящее время тенденции автоматизации производств приводят к широкому внедрению интеллектуальных систем мониторинга и управления пожарной безопасностью. Применение тепловизоров, датчиков искрения, умных систем управления вентиляцией и блокировки подачи топлива позволяет оперативно выявить различные аварийные ситуации и предотвратить развитие ЧС. Перспективным направлением становится анализ больших данных и использование искусственного интеллекта для прогнозирования риска возгораний на основании параметров работы оборудования.

Особенно значимым становится внедрение новых материалов с повышенной огнестойкостью, а также конструкций, препятствующих распространению пламени и обеспечивающих замедление распространения очага возгорания. Разработка огнезащитных покрытий, строительных и электроизоляционных материалов нового поколения способствует повышению устойчивости объектов энергетики к внешним и внутренним воздействиям пожароопасного характера.

Среди приоритетных направлений совершенствования системы пожарной безопасности выделяется развитие дистанционного мониторинга, цифровизации процедур доклада и координации, интеграция с внешними экстренными службами. Это особенно важно в условиях масштабных объектов энергетики, для которых важна скорость передачи информации и слаженность совместных действий различных служб.

Подводя итог, отметим, что пожарная безопасность объектов энергетики требует постоянного совершенствования технической базы, обучения персонала и оперативного взаимодействия со службами экстренного реагирования. Эффективная система предупреждения и ликвидации пожаров на таких объектах — залог устойчивого и безопасного функционирования энергетической отрасли в целом, а также дееспособности инфраструктуры государства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ищенко, А. Д. Проблемы обеспечения тушения пожаров на объектах энергетики оперативными подразделениями пожарной охраны / А. Д. Ищенко // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 5. – С. 26-36. – DOI 10.18322/PVB.2016.25.05.26-36. – EDN WAAOXP.
2. Карапузиков, А. А. Пожарная безопасность объектов энергетики / А. А. Карапузиков, Д. Е. Опарин // Актуальные вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения : Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 23–24 сентября 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 78-81. – EDN TFWLEF.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2024 г. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ П 46 ВНИИПО МЧС России, 2025. 112 с.
4. Сафронова И.Г. Особенности тушения пожаров в электроустановках / И Г. Сафронова, А.А. Карапузиков, А. Д. Низяков // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 28 мая 2021 года. – Иваново: Ивановская пожарно спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 87-91. – EDN WTLNPK.

УДК 614.84

***А. А. Порошин, О. В. Стрельцов, А. А. Кондашов, Е. В. Бобринев,
Е. Ю. Удавцова***

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

ПРОФИЛАКТИКА ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЫ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Совершенствован метод расчёта численности личного состава подразделений пожарной охраны для организации и осуществления профилактики пожаров на производственных объектах с использованием оценок состояния их пожарной опасности.

Ключевые слова: объектовое подразделение пожарной охраны, объект экономики, пожарная опасность, производственный объект, профилактика пожаров

A. A. Poroshin, O. V. Streltsov, A. A. Kondashov, E. V. Bobrinev, E. Yu. Udavtsova

FIRE PREVENTION AT INDUSTRIAL FACILITIES AS A WAY TO REDUCE FIRE DANGER

The method of calculating the number of personnel of fire protection units for the organization and implementation of fire prevention at production facilities using assessments of their fire danger status has been improved.

Keywords: fire department facility, economic facility, fire hazard, production facility, fire prevention

Ранее численность надзорно-профилактического профилактического состава пожарной охраны предприятия определялась на основе оценок затрат рабочего времени на виды пожарно-профилактической работы с учётом количества смен и загруженности предприятия в каждую смену [3].

Профилактические подразделения объектовой пожарной охраны созданы на 83,1 % предприятий. Наибольшая доля предприятий с наличием профилактического подразделения наблюдается в следующих отраслях промышленности: машиностроении и металлообработки – 93,9 %, в чёрной металлургии – 92,6 %, в цветной металлургии – 90,9 %, в судостроении и судоремонте – 90,5 % (рисунок).

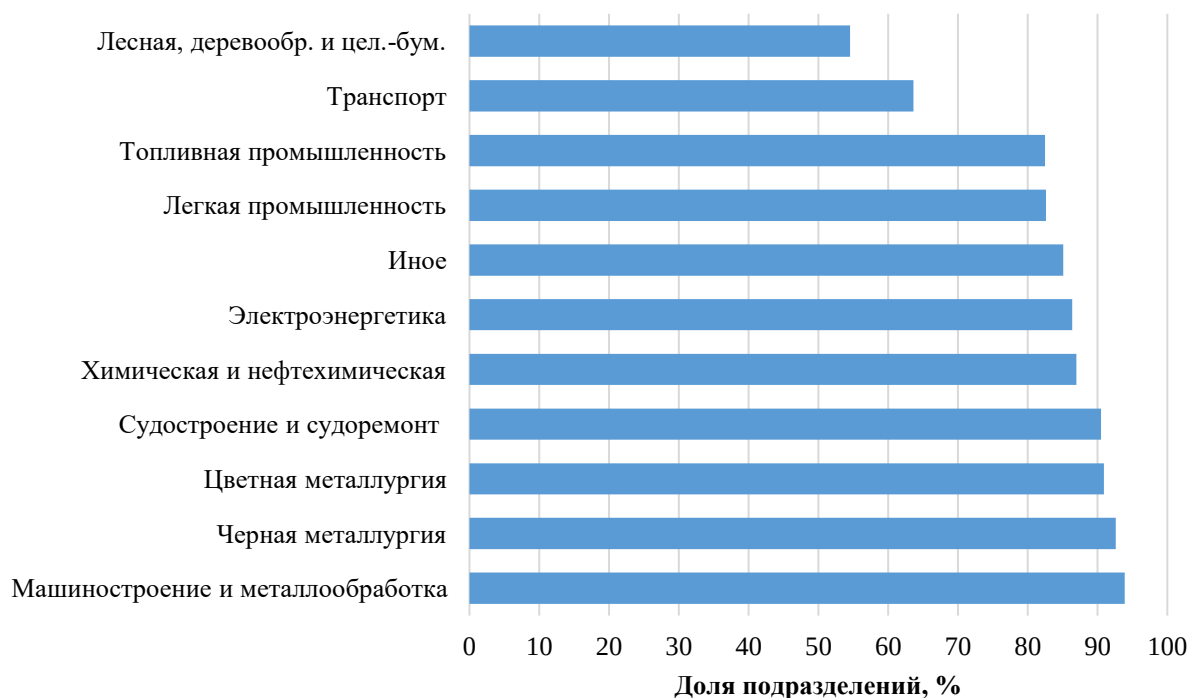


Рисунок. Доля производственных объектов, на которых имеются профилактические подразделения объектовой пожарной охраны

Для анализа технико-экономических характеристик производственных объектов, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны, а также характеристик самих объектовых подразделений проведён анкетный мониторинг. По результатам собрана и обработана информация о 726 производственных объектах [5].

Разработан новый подход расчёта численности личного состава подразделений пожарной охраны для организации и осуществления профилактики пожаров на объектах промышленной сферы. В основе метода лежит расчёт безразмерного вычислительного комплекса ($U_{по}$), характеризующего состояние пожарной опасности производственного объекта. Для вычисления комплекса $U_{по}$ используются показатели обстановки с пожарами для отрасли производства, к которой относится рассматриваемый производственный объект:

- количество пожаров в течение года в расчете на 100 предприятий (X_1 , ед.);
- количество людей, погибших и травмированных при пожарах, в расчете на 1000 пожаров предприятий (X_2 , чел.);
- средний ущерб от одного пожара (X_3 , руб.).

Также учитываются технико-экономические характеристики производственного объекта, влияющие на уровень пожарной опасности:

- площадь территории (Y_1 , м²);
- площадь застройки зданиями и сооружениями (Y_2 , м²);
- площадь застройки открытыми технологическими установками (Y_3 , м²);
- общая численность персонала (Y_4 , чел.) и численность персонала в наиболее загруженную смену (Y_5 , чел.);
- масса единовременно обращающихся в наружных технологических установках пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред (Y_6 , тонн);
- суммарная площадь зданий (сооружений) V степени огнестойкости (Y_7 , м²);
- площадь застройки зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесёнными к категориям взрывопожароопасности А (Y_8 , м²), Б (Y_9 , м²), В1-В4 (Y_{10} , м²), Г (Y_{11} , м²);
- фактическое количество пожаров в течение 5 лет (Y_{12} , ед.);
- расстояние по транспортной сети до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов (Y_{13} , км).

Уровень пожарной опасности для отрасли производства определяется на основе безразмерного комплекса (S_1), для вычисления которого используется формула

$$S_1 = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \frac{X_i}{X_{i,ср}}, \quad (1)$$

где α_i – весовые коэффициенты, формирующие вклад каждого слагаемого в итоговое значение S_1 , безр. Определяются на основе метода экспертной оценки.

$X_{i,ср}$ – средние значения показателей X_i по всем отраслям производства.

Значения показателей X_i для каждой отрасли производства определены с использованием статистических данных за 2020-2023 гг. по пожарам и их последствиям на объектах промышленности [1, 2].

Для автоматизации проведения процедуры расчета численности личного состава объектового подразделения пожарной охраны для организации и осуществления профилактики пожаров разработана программа для ЭВМ «Профилактический состав объектового подразделения пожарной охраны» [4]. При введении в действие изменений и дополнений в приказ МЧС России от 15 октября 2021 г. № 700 настоящая компьютерная программа может быть использованы органами управления промышленного предприятия и (или) территориальных подразделений МЧС России для проведения расчетов по обоснованию численности профилактического состава объектового подразделения пожарной охраны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобринев, Е.В. Изучение распределения рисков гибели людей при пожарах по отраслям производства / Е.В. Бобринев., А.А. Кондашов., Е.Ю. Удавцова // Сборник тезисов I Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность, системы жизнеобеспечения, промышленные технологии: проблемы и перспективы». – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. – С. 17-20.
2. Изучение показателей экономического ущерба от пожаров по отраслям промышленности Российской Федерации / О.В. Стрельцов, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова и др. // Материалы национальной научно-практической конференции «Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности». – Оренбург: 2024. – С. 232-236.
3. Определение численности личного состава пожарной охраны, необходимого для проведения пожарно-профилактической работы на предприятии / А.А. Порошин, В.А. Маштаков, Ю.А. Матюшин и др. // Пожарная безопасность. – 2013. – № 3. – С. 63-70.
4. Программа по расчету численности объектового подразделения пожарной охраны для организации и осуществления профилактики пожаров на предприятии (Профилактический состав пожарной охраны) / А.А. Кондашов, О.С. Маторина, А.А. Порошин и др. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025614478 Российская Федерация: № 2025612391; заявлено 12.02.2025; опубликовано 21.02.2024; заявитель ФГБУ ВНИИПО МЧС России.
5. Формирование информационной базы для расчета ресурсного обеспечения пожарной охраны по защите организаций от пожаров / П.А. Марахов, А.А. Порошин, О.В. Стрельцов и др. // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 3(52). С. 22-29.

УДК 699.812:666.972.16+691.6

М. Н. Пугачев

ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Иркутской области

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ КЛАССА Д

В статье рассматриваются классы горения металлов, их сплавов, металлосодержащих и металлоорганических веществ согласно ГОСТ. Особое внимание уделяется их особенностям, влияющим на пожаровзрывоопасность и горение. Также определяются эффективные методы тушения.

Ключевые слова: горение металлов, металлоорганические вещества, сплавы, металлосодержащие вещества, металлический порошок.

M. N. Pugachev

FEATURES OF EXTINGUISHING CLASS D FIRES

The article discusses the gorenje classes of metals, their alloys, metal-containing and organometallic substances according to GOST. Special attention is paid to their features that affect fire and explosion hazard and gorenje. Effective extinguishing methods are also being determined.

Key words: metal gorenje, organometallic substances, alloys, metal-containing substances, metal powder.

Понятия «горение металлов» представляет собой особо сложную задачу для аудитории, не обладающей специализированными знаниями в области пожарной безопасности. Общепринятое мнение о том, что металлы не подвержены горению, является заблуждением, которое не соответствует действительности. Многие металлы обладают способностью не только к горению, но и к самовоспламенению, что делает их потенциально опасными в практике пожарной безопасности. Основной закономерностью, определяющей пожарную опасность металлов, является их положение в периодической системе элементов. С уменьшением номера группы и увеличением номера периода возрастает химическая активность металлов, что, в свою очередь, коррелирует с их повышенной способностью к горению. Наиболее пожароопасными металлами являются щелочные металлы, такие как литий, натрий и калий. Эти элементы обладают высокой реактивностью и способны вступать в экзотермические реакции с кислородом и другими окислителями, что может привести к их самовоспламенению при контакте с воздухом или другими источниками зажигания.

Каждый металл представляет опасность. Рассмотрим алюминий (Al) – это горючий металл, температура плавления которого равна 660 °С, а кипения – 2486 °С. При взаимодействии алюминиевой стружки и пыли с пламенем спички или искры может возникнуть горение, а алюминиевая стружка, порошок и фольга с влагой образует оксид алюминия, который выделяет тепло и приводит к их самовозгоранию в кучах. Облегчает взрыв алюминиевой пыли при взаимодействии её с влагой выделение свободного водорода. Алюминий способен легко взаимодействовать с водными растворами щелочей и аммиака при комнатной температуре с выделением водорода. Также алюминий при комнатной температуре взаимодействует с хлором и бромом, а при нагревании с йодом и серой. Взаимодействие алюминиевого порошка с щелочными водными растворами способно породить взрыв. Алюминий в чистом виде в природе не встречается, так как он способен окисляться кислородом с образованием прочных оксидных стенок. Для конструкционного материала чистый алюминий не используют, а создают различные сплавы, которые делают металл более прочным, с хорошей пластичностью, коррозионной стойкостью и вибростойкостью [1].

Многие металлы, при их окислении в процессе горения, выделяют токсичные пары, среди которых выделяется кадмий. Данный элемент представляет собой тягучий, ковкий и мягкий металл серебристо-белого оттенка, а его порошкообразная форма характеризуется серебристо-серым цветом. Кадмий обладает относительно низкой температурой плавления, составляющей 321 °С, и кипит при 767 °С. Пожарная опасность кадмия обусловлена не только его высокой реакционной способностью в присутствии окислителей, но и способностью выделять токсичный дым, который представляет значительную угрозу для здоровья человека. Взаимодействие кадмия с окислителями приводит к образованию высокореактивных паров, что, в свою очередь, может вызывать взрывы пыли, усиливая потенциальные риски для безопасности.

Следующие металлы; такие как литий, натрий и калий, характеризуются высокой химической активностью и не могут быть потушены водой. Эти элементы относятся к группе щелочных металлов, и их взаимодействие с водой сопровождается экзотермическими реакциями, в результате которых выделяются водород и тепло. Данный процесс способствует увеличению температуры и созданию условий, способствующих распространению огня. Для предотвращения контакта с воздухом и минимизации риска возгорания, металлический литий, натрий и калий обычно хранятся в герметически закрытых контейнерах, заполненных сухим минеральным маслом или керосином. Эти вещества образуют инертную среду, препятствующую взаимодействию металлов с атмосферным кислородом, азотом и влагой. При попадании в контакт с водой, особенно в больших количествах, натрий способен инициировать мощные экзотермические реакции, сопровождающиеся выделением водорода и значительным повышением температуры. В некоторых

случаях это может привести к взрыву, что делает процесс тушения данных металлов крайне сложным и опасным.

Титан представляет собой высокопрочный металл, обладающий высокой температурой плавления, достигающей приблизительно 2000 градусов Цельсия. Несмотря на его устойчивость к коррозионным процессам, мелкие фракции титана, такие как порошок, стружка, опилки и титановая пыль, обладают повышенной пожароопасностью. Эти материалы могут самовоспламениться без контакта с внешними источниками огня или окислителей. В концентрированной азотной кислоте титан демонстрирует высокую коррозионную стойкость, однако при взаимодействии с оксидами азота он может подвергаться экзотермическим реакциям, сопровождающимся выделением большого количества тепла и даже взрывом. Это свойство требует особого внимания при обращении с титаном в химической промышленности. Наиболее опасным аспектом с точки зрения пожарной безопасности является склонность титана к самопроизвольному воспламенению его мелкодисперсных фракций. В отличие от крупных частиц, которые могут загореться только при непосредственном контакте с пламенем, мелкие частицы титана способны инициировать горение при значительно более низких температурах. Процесс горения титана характеризуется высокой устойчивостью к традиционным методам пожаротушения, таким как пена, углекислый газ и вода. Вода, попадая на горящую поверхность титана, не только не тушит пламя, но и способствует образованию гремучей смеси, которая может привести к взрыву. Это связано с тем, что титан способен вступать в реакцию с азотом, образуя азотиды, которые поддерживают горение в отсутствие кислорода. Для эффективного тушения горящего титана необходимо использовать специализированные огнетушащие порошки или, в крайнем случае, песок. Эти материалы обеспечивают надежное подавление горения за счет физического воздействия на горящие частицы титана, предотвращая их дальнейшее воспламенение.

В случае, если сталь находится в порошкообразном состоянии, она не может быть классифицирована как горючий металл. Однако, несмотря на это, порошкообразная сталь обладает потенциалом к воспламенению. Воспламеняемость металлического порошка обусловлена его склонностью к самопроизвольному возгоранию при контакте с окружающей средой. В условиях относительно невысоких температур такой контакт может инициировать взрывной процесс. Феномен воспламеняемости металлических порошков является предметом тщательных исследований в области материаловедения и химической физики. Степень воспламеняемости металла определяется рядом факторов, включая его химическую чистоту, природу и морфологические характеристики, такие как размер частиц и форма агрегатов.

Порошок магния способен к воспламенению. Также гореть будет твёрдый магний, если его температура превысит 650 градусов. Магний – это белый металл, способен деформироваться в холодном состоянии. Температура плавления магния – 651 °С, а кипения – 1107 °С, во влажной среде сгорает со

взрывом. Для горения стружки магния достаточно 9 % кислорода в воздухе, а в атмосфере чистого сухого азота он не воспламеняется [3].

Порошкообразный чугун при достижении критической температуры, превышающей его порог термостабильности, может инициировать взрывной процесс, сопровождающийся выделением большого количества энергии. Искры, образующиеся при этом, обладают высокой воспламеняющей способностью и могут стать источником возгорания горючих материалов, находящихся в непосредственной близости. Чугун, как интерметаллическое соединение железа и углерода, представляет собой прочный белый металл, обладающий уникальными физико-химическими свойствами. В отличие от стали, он характеризуется меньшей плотностью, что делает его менее тяжелым при сохранении высокой механической прочности. Чугун также не обладает токсичностью, что обуславливает его относительную безопасность при использовании в различных промышленных и технологических процессах. Следует отметить, что чугун является важным компонентом в производстве стальных сплавов, где он используется для повышения прочности, износостойкости и других эксплуатационных характеристик конечного продукта.

Процесс горения металлов классифицируется на так называемые классы Д, которые характеризуются различными параметрами и условиями горения. Данная классификация позволяет систематизировать и унифицировать подходы к оценке и предотвращению пожаров, связанных с горением рассматриваемых материалов. (Д1, Д2, Д3) [4].

Самовоспламеняться способна стружка, щелочные металлы, всякие порошки из металла, а также гидриды металлов. Стружка и порошки разной дисперсности лёгких металлов представляют пожароопасность и взрывоопасность по классу Д1. Металлы различной конфигурации, т.е. листы, профили, поджечь практически невозможно, если соблюдены для этого все условия [2].

Механизм горения металлов может быть проанализирован через призму их окислительных характеристик. При поднесении источника зажигания к металлической поверхности наблюдается испарение металла и его последующее окисление. В момент достижения концентрацией паров нижнего концентрационного предела воспламенения, происходит самопроизвольное возгорание металла. Для нелетучих металлов характерно образование плотной оксидной пленки, которая прочно сцепляется с металлической поверхностью. Эта пленка значительно снижает скорость диффузии, что препятствует горению крупных частиц металла. Вследствие этого, наиболее пожароопасными являются мелкие металлические частицы и стружка. Пожары, в которых преобладает горение металлов, представляют собой сложные для ликвидации чрезвычайные ситуации. Горение металлов класса Д характеризуется поверхностным протеканием при высоких температурах и интенсивным искрообразованием. В контексте тушения горящих металлов категорически не

рекомендуется использовать огнетушащие средства изложены в последующем абзаце.

В контексте пожаротушения металлических материалов необходимо учитывать их специфические химические свойства, которые могут существенно влиять на выбор наиболее эффективных средств подавления горения. Рассмотрим основные аспекты этого вопроса.

Вода, несмотря на свою универсальность в качестве огнетушащего агента, категорически не рекомендуется для тушения щелочных металлов, таких как натрий и калий. Это связано с тем, что вода вступает в экзотермическую реакцию с данными элементами, что может привести к усилению горения и разбрызгиванию горящих капель металла, что представляет серьёзную опасность для окружающих.

Аналогично, использование песка в качестве огнетушащего средства для щелочных металлов также не является целесообразным, поскольку его применение может вызвать аналогичные негативные последствия, связанные с химической реакцией.

Углекислый газ (CO_2), хотя и является эффективным средством тушения для большинства горючих материалов, не подходит для тушения активных металлов, таких как магний, калий, цезий и лантан. Это связано с тем, что данные металлы способны вступать в реакцию с углекислым газом, образуя карбонаты, что может привести к дальнейшему развитию горения.

Для тушения горящих металлов рекомендуется использовать специальные сухие порошки, состав которых подбирается в зависимости от конкретного металла. Эти порошки обладают высокой огнетушащей способностью за счёт формирования на поверхности горящего металла инертного слоя, который предотвращает доступ кислорода к зоне горения.

Литий, являясь одним из наиболее активных щелочных металлов, представляет особую сложность в плане тушения. В связи с этим были разработаны специальные порошковые смеси, такие как ПС 11, ПС 12 и ПС 13, которые содержат флюсы и графит с различными добавками. Эти смеси эффективно подавляют горение лития, образуя на его поверхности инертное покрытие. Альтернативным методом тушения лития является вытеснение воздуха из зоны горения, что предотвращает доступ кислорода и прекращает процесс горения.

Магний и его сплавы можно потушить с помощью сухого молотого флюса, который применяется при их плавке. Флюсы, обладая высокой температурой плавления, способны образовывать на поверхности горящего магния инертный слой, который изолирует металл от кислорода и прекращает горение.

Калий и натрий, являясь высокоактивными щелочными металлами, требуют использования специализированных огнетушителей, заполненных аргоном или азотом. Эти газы не вступают в реакцию с данными металлами и эффективно вытесняют кислород из зоны горения, прекращая процесс горения.

В России для эффективного тушения пожаров, связанных с горением металлов класса Д, применяются специализированные огнетушащие порошковые составы (ОПССН). Эти составы обладают уникальными физико-химическими свойствами, позволяющими успешно подавлять процессы горения металлов, характеризующихся высокой термостойкостью и химической активностью. Среди наиболее распространённых выделяются композиции на основе хлоридов щелочных металлов, которые демонстрируют высокую эффективность в подавлении горения металлов, включая алюминий, магний и их сплавы.

В данной статье представлен детальный анализ процесса горения металлов, а также рассмотрены ключевые проблемы и эффективные методы их тушения. Особое внимание уделено использованию огнетушащих порошковых составов сухого типа (ОПССН) в качестве одного из наиболее действенных подходов к ликвидации пожаров, обусловленных горением металлических материалов. Несмотря на определенные недостатки, применение ОПССН демонстрирует высокую эффективность в контексте тушения пожаров, связанных с горением металлов. Однако следует отметить, что данный метод обладает рядом существенных ограничений. В частности, одним из основных недостатков является относительно низкая степень охлаждения металлической поверхности при использовании порошковых составов, что может способствовать повторному возгоранию при недостаточном времени воздействия или низкой плотности покрытия. Кроме того, необходимо учитывать, что для эффективного тушения различных металлов требуется применение специализированных порошковых составов, адаптированных к химическим и физическим свойствам конкретного материала. В условиях дефицита или отсутствия подходящего порошкового состава, эффективность тушения может быть существенно снижена, а в некоторых случаях пожар может стать неуправляемым и привести к катастрофическим последствиям.

Таким образом, несмотря на высокую потенциальную эффективность ОПССН в тушении пожаров, связанных с горением металлов, необходимо учитывать комплекс факторов, включая химический состав материала, условия окружающей среды и доступность специализированных огнетушащих средств, для обеспечения максимальной безопасности и надежности при ликвидации подобных инцидентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнер В. С. Верещака А. Г. Схиртладзе Д. А. Негров О. Ю. Бургонова. Материаловедение: учебник для студентов вузов / Изд-во ОмГТУ, 2008. 232 с.
2. Чибисов А. Л. Смирнова Т. М. Громов А. Д. Акинин Н. И. Определение безопасной удельной скорости выделения водорода в технологическом процессе / Водородное материаловедение и химия гидридов металлов.: Сборник тезисов VIII международной конференции Ялта. 2003. С. 356-357.

3. Ягодников Д. А. Воспламенение и горение порошкообразных металлов / Москва Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана 2009. С. 432.
4. ГОСТ 27331-1987
5. Попов А.В. Казаков А.В. Бухтояров Д.В. Емельянов Р.А. Горение и тушение щелочных металлов / Безопасность труда в промышленности: 2022. № 3. С. 78–83.
6. Чибисов А.Л. Инчиков А.П. Смирнова Т.М. / горение и тушение металлов.: Пожарная безопасность №2 2012

УДК 614.8

А. Х. Салихова, С. А. Сырбу, О. Г. Циркина, Е. В. Барина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В статье описан способ получения трудновоспламеняемого материала для боевой одежды пожарного без ухудшения физико-механических свойств из кремнийсодержащих замедлителей горения. Обработанный новым составом материал обеспечивает защиту человека в условиях воздействия открытого пламени.

Ключевые слова: специальная одежда, техническая ткань, боевая одежда пожарного, огнезащита, устойчивость, открытое пламя.

A. Kh. Salikhova, S. A. Syrbu, O. G. Tsirkina, E. V. Barinova

DEVELOPMENT OF A FIRE-RETARDANT COMPOSITION FOR SPECIAL-PURPOSE FABRICS

This article describes a method for producing a flame-retardant material for firefighter clothing without compromising its physical and mechanical properties using silicon-containing flame retardants. The material treated with the new composition provides protection against open flames.

Key words: special clothing, technical fabric, firefighter clothing, fire protection, resistance, open flame.

Цель представленного исследования заключается в разработке огнезащитной композиции для тканей специального назначения, направленных на обеспечение пожарной безопасности пожарных, необходимой для охраны здоровья в условиях воздействия открытого пламени.

В ходе исследования решены следующие задачи:

- 1) выполнен обзор требований к специальной одежде и анализ существующих способов защиты тканей от воздействия опасных факторов

2) разработана рецептура огнезащитных составов для тканей;

3) проведены испытания образцов ткани с огнезащитной обработкой на устойчивость к воздействию пламени.

Особое внимание необходимо обратить на одежду для защиты от повышенных температур – специальная одежда, позволяющая защитить работника от воздействия высоких температур, открытого пламени, контактного и конвекционного тепла. Такая одежда производится для людей, работающих в условиях повышенного риска – это комплекты боевой одежды пожарного.

Анализ статистики производственного травматизма показывает, что в Российской Федерации причиной 21 % случаев гибели и травмирования пожарных является воздействие высокой температуры. В настоящее время отсутствует система, способная обеспечить комплексную защиту пожарного от воздействия опасных тепловых факторов пожара. Основным средством защиты пожарных от повышенных температур остается специальная защитная одежда пожарного. Ожоговые травмы, связанные с воздействием высоких температур, как правило, имеют местный характер и возникают в результате снижения теплозащитных показателей на определенном участке боевой одежды пожарного. В связи с этим возникает необходимость разработки новых текстильных материалов боевой одежды пожарного.

Проанализировав результаты патентного поиска, необходимо отметить, что в настоящее время активно ведется работа по совершенствованию специальной защитной одежды пожарного, однако, как правило, все инновации касаются изменения состава пакета материалов и разработки узконаправленных комплектов защитной одежды для целевого применения. С точки зрения обеспечения теплозащитных функций рассмотренные комплекты БОП выполнены по классической технологии, при которой практически не учитываются зависимости тепломассообменных процессов в системе «Человек – БОП – Окружающая среда» и влияние эксплуатационных нагрузок.

Сертификационные испытания БОП проводятся в соответствии ГОСТ Р 53264-2019 «Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний».

Разрабатываемая огнезащитная композиция не должна при этом ухудшать основные потребительские свойства ткани:

- поверхностная плотность в установленных пределах от 250 до 700 г/м² (в зависимости от типа БОП);
- прочность;
- фактурность и долговечность;
- практичность;
- высокие тактильные свойства и функциональность, эргономичность [1].

В работах [2, 3] авторами отмечаются достоинства использования кремнийорганических соединений при разработке рецептур огнезащитных составов для тканей различного назначения. Данные составы можно использовать на стадии производства материалов.

В работе [2] авторы описывают разработку способа огнезащиты для ткани для специальной одежды, основой которого является Пироватекс и кремнийорганическая смола RUT 3010. За счет кремнийорганической смолы на поверхности ткани получается тонкая пленка, придающая дополнительную защиту от негативных факторов производственной среды. Огнезащитный эффект при добавлении смолы увеличивается по сравнению со стандартной обработкой Пироватексом. Но за счет образования пленки увеличивается привес ткани после обработки на 30-40 %, что недопустимо для тканей, предназначенной для боевой одежды пожарного.

Поэтому был произведен поиск альтернативного способа огнезащитной обработки с использованием этих же компонентов, но исключающего пленкообразование на поверхности ткани. Данная задача может быть решена за счет введения вещества, изменяющего вязкость состава и улучшающего проникновение состава в структуру материала.

В работе [4] был предложен состав с Пироватексом и кремнийорганической смолой для технической ткани смешанного состава (хлопковое волокно – 65 %, полиэфирное волокно – 35 %) и поверхностной плотностью ткани 240 г/м²; переплетение ткани – рогожка. Нанесение огнезащитного состава на ткань было предложено провести путем двухстадийной обработки: на первой стадии - пропитка ткани водным раствором Пироватекса с добавлением уксусной кислоты и ПАВ, с последующей сушкой и термофиксацией; на второй стадии - обработка методом плюсования раствором кремнийорганической смолы марки RUT 3010 в толуоле для обеспечения лучшего эффекта проникновения в структуру ткани и исключения образования пленки на поверхности с последующей сушкой и термофиксацией. Использование данного способа приводит к обеспечению требуемых свойств огнезащиты и устойчивости к воспламенению в зависимости от функционального назначения хлопкополиэфирного материала в соответствии с нормативными документами:

1. ГОСТ 11209-2014 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды. Технические условия».
2. ГОСТ Р 12.4.200-99 «Одежда специальная для защиты от тепла и огня».
3. ГОСТ Р 50810-95 «Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация».
4. ГОСТ 11209-85 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды».

Боевая одежда пожарного изготавливается из ткани смешанного состава лен + хлопок с поверхностной плотностью от 350 г/м². Описанный выше способ возможен к применению и для обработки хлопкольняных тканей с некоторым изменением количества компонентов. Учитывая то, что на первом этапе осуществляется «пришивка» молекул антипирена Пироватекс за счет прочных ковалентных связей к гидроксильным группам целлюлозной составляющей ткани, и то, что льняные нити характеризуются более высокой линейной плотностью по сравнению с хлопком, то для обеспечения требуемого эффекта огнезащиты необходимо увеличить содержание Пироватекса в водном растворе. Обработка Пироватексом придает устойчивость огнезащитной отделки к мокрым обработкам. На втором этапе требуется провести обработку с последующим проникновением кремнийорганической смолы в структуру полотна с равномерным распределением по всему его объему. Поэтому снизить вязкость смолы, тем самым повышая способность состава к более глубокому проникновению в материал, можно путем ее смешения с растворителем. Нанесение состава на обоих этапах должно проводиться методом плюсования.

Привес ткани ЛВ+ХВ после нанесения состава составил 25 %. Испытания образцов ткани проводились на установке для испытаний на воспламеняемость с вытяжной камерой Flame Resistance, которая предназначена для определения параметров горения текстильных материалов при контролируемых условиях. Принцип работы установки позволяет провести испытания текстильных материалов по методике ГОСТ Р ИСО 6941-99 «Система стандартов безопасности труда. Материалы текстильные для средств индивидуальной защиты. Метод определения способности распространения пламени на вертикально ориентированных пробах» и ГОСТ 53264-2019 «Техника пожарная. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний» с последующим определением показателя «устойчивости материалов к воздействию открытого пламени».

Проведенные испытания дали следующие результаты:

- промышленный образец ткани для БОП в ходе испытания сгорел полностью. Это может свидетельствовать о том, что после 5 стирок огнезащитная обработка смылась и ткань стала не устойчива к воздействию пламени;
- после обработки предложенным составом обеспечивается повышение защиты от воздействия открытого пламени: отсутствует распространение пламени по поверхности, остаточное горение и тление не наблюдается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курылев Н.А., Салихова А.Х., Циркина О.Г., Сырбу С.А. Исследование пожарной опасности тканей специального назначения // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2022. № 1. С. 227-230.

2. Салихова А.Х., Сырбу С.А., Циркина О.Г., Киселев М.Р. Влияние кремнийсодержащих добавок на эффективность огнезащитной обработки текстильных материалов // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 2 (43). С. 91-99.

3. Салихова А.Х., Сырбу С.А., Баринова Е.В., Чуприна О.С. Повышение устойчивости к воздействию пламени технических тканей // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 356-359.

4. Салихова А.Х., Циркина О.Г., Сырбу С.А., Баринова Е.В., Клушин А.Н. Разработка способа огнезащиты технических тканей смешанного волокнистого состава // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 3 (56). С. 40-52.

УДК 614.84

А. Х. Салихова¹, О. Г. Циркина¹, В. Г. Спиридонова¹, А. И. Ильичева²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Нижегородской области

АКТУАЛИЗАЦИЯ СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПОКАЗАТЕЛЯХ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕЛЯХ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Для проведения комплексной оценки пожарной опасности объектов, моделирования процессов горения и при подготовке экспертных заключений по пожарам в зданиях, где применяются текстильные материалы, необходимо учитывать не только нормативные показатели пожарной опасности, установленные Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», но и закономерности воспламенения материалов в зависимости от типа материала, его технических характеристик, наличия различных дополнительных поверхностных обработок. В связи с этим возникает потребность в дополнении и расширении существующих баз данных о пожароопасных свойствах тканей различного назначения. Предлагаемый в статье электронный информационный ресурс объединяет и систематизирует данные о пожарной опасности текстильных материалов широкого спектра.

Ключевые слова: текстильные материалы, пожарная опасность, термический анализ, база данных, информационный ресурс, пожарно-техническая экспертиза

A. Kh. Salikhova, O. G. Tsirkina, V. G. Spiridonova, A. I. Ilyicheva

UPDATING REFERENCE INFORMATION ON FIRE HAZARD INDICATORS OF TEXTILE MATERIALS FOR FIRE AND TECHNICAL EXAMINATION

To conduct a comprehensive fire hazard assessment of facilities, model combustion processes, and prepare expert opinions on fires in buildings using textile materials, it is necessary to consider not only the fire hazard standards established by Federal Law № 123-FZ of July 22, 2008, «Technical Regulations on Fire Safety Requirements», but also the ignition patterns of materials depending on the type of material, its technical characteristics, and the presence of various additional surface treatments. Therefore, there is a need to supplement and expand existing databases on the fire hazard properties of fabrics for various purposes. The electronic information resource proposed in this article consolidates and systematizes data on the fire hazard of a wide range of textile materials.

Key words: textile materials, fire hazard, thermal analysis, database, information resource, fire-technical expertise

В статье 135 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» приводятся требования пожарной безопасности к применению текстильных и кожевенных материалов (далее – ТМ), к информации об их пожарной опасности. Основными требованиями является то, что ТМ должны применяться в зависимости от функционального назначения и пожарной опасности здания, сооружения или функционального назначения изделий, для изготовления которых используются данные материалы. В сопроводительных документах к ТМ необходимо указывать информацию об их пожарной опасности и применении в зданиях и сооружениях или изделиях различного функционального назначения в соответствии с показателями, указанными в таблице 30 приложения к [1].

Введение в Российской Федерации сертификации текстильной продукции на пожарную безопасность вызывает ряд проблем. В [1] определены показатели классификации пожарной опасности ТМ, которые должны указываться в сертификатах на продукцию. Соответственно, производители текстиля в обязательном порядке должны провести испытания продукции на определение этих значений. В России достаточно мало аккредитованных испытательных лабораторий, которые имеют лицензии на выполнение данных видов работ. При проектировании производства ткани с заданными характеристиками и определенного функционального назначения производители могут использовать предварительно справочную информацию о характеристиках пожарной опасности некоторых видов материалов в зависимости от назначения. Сведения о пожарной опасности ТМ необходимы и в деятельности испытательных пожарных лабораторий (СЭУ ФПС ИПЛ).

Наиболее известными источниками информации являются справочники, разработанные ВНИИПО МЧС России. В данном источнике имеются данные о пожароопасности материалов из различных видов волокон (рисунок). Но этих сведений недостаточно для идентификации пожарной опасности материала в соответствии с требованиями [1]. Поэтому возникает потребность в разработке новых информационных ресурсов в современных видах. Электронные таблицы и базы данных — это самый подходящий формат для представления и накопления справочной информации.

Ткань вискозная

Пожароопасные свойства: Горючий материал. Группа горючести Г4.

Средства тушения: Вода в виде компактных или распыленных струй.

Ткань вискозная для клеенки, арт. 75109

Пожароопасные свойства: Горючий материал. Группа горючести Г4.

Средства тушения: Вода в виде компактных или распыленных струй.

Ткань ворсовая типа “Полубархат”

Состоит из волокна на основе привитого сополимера целлюлозы и фосфорнокислой соли поли-2-метил-5-винилпиридина. Содержание фосфора в ткани 3,5–3,7% масс., азота 1,95–1,97% масс.

Пожароопасные свойства: Горючий материал. Группа горючести Г2, воспламеняемость В2.

Средства тушения: Вода в виде компактных или распыленных струй.

Ткань из волокна “Карбимид”

Пожароопасные свойства: Горючий материал. Группа горючести Г3.

Средства тушения: Вода в виде компактных или распыленных струй.

Рисунок. Фрагмент из справочного издания (Корольченко, А.Я.
Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения:
справочное издание/ А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко.
– М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. – Т. 1-2.)

Авторы предлагают создать базу данных о том, какими свойствами пожарной опасности обладают разные виды тканей [2]. Чтобы точно понять, насколько безопасно использовать те или иные ткани в зданиях и сооружениях, нужно учитывать не только установленные Техническим регламентом показатели, но и то, как эти ткани ведут себя при воздействии пламени. Важно понимать, как они загораются от разных источников огня, какие у них технические характеристики, есть ли на них специальные покрытия и для чего они обычно используются. Это поможет лучше защитить здания от пожаров и сделать их безопаснее.

В базе [3] содержатся численные значения величин, характеризующих пожароопасные свойства тканей широкого ассортимента, поверхностной плотности и вида отделки, выработанных из хлопковых и льняных волокон, и их поведение в условиях термического нагрева и огневого воздействия. В отличие от ранее созданной БД, новая база приводит информацию о физико-химических свойствах текстильных материалов, их характеристиках при воздействии температуры и свойства при термической деструкции. Разрабатываемый информационный ресурс позволит значительно упростить и ускорить поиск информации специалистами ИПЛ. При этом будут сокращаться сроки подготовки и повышаться качество подготавливаемых экспертных заключений по делам о пожарах на объектах, на которых пожарная нагрузка

состоит из текстильных материалов, например, в торгово-развлекательных центрах, культурно-зрелищных учреждениях, ресторанах, на текстильных и швейных предприятиях.

Для поиска информации в базе данных выбираются сведения из вспомогательных таблиц, содержащих технические сведения о текстильном материале и условия испытаний на определение показателей пожарной опасности «Характеристика текстильных материалов», «Среда», «Обработка». Требуемые показатели пожарной опасности и характеристики горения материалов принимаются из основной таблицы «Результаты оценки пожароопасных свойств».

Для полноты информации об особенностях горения тканей в структуру БД включены результаты экспериментального установления влияния химической природы и качественных показателей целлюлозных и синтетических текстильных материалов (тип материала, ткацкая структура, наличие в материале отделочных препаратов различной химической природы, состояние окружающей среды). В настоящее время является актуальным использование результатов термического анализа в качестве справочной информации для решения частных задач при проведении пожарно-технических экспертиз и в ходе прикладных исследований в области пожарной безопасности. Поэтому в БД включены результаты термогравиметрического анализа (далее – ТГА) и дифференциального термического анализа (далее – ДТА) образцов волокон и тканей: температура начала и окончания термического разложения волокнообразующего полимера (°C), температура максимальной скорости разложения материала (°C), величина теплового эффекта (Дж/г), масса зольного остатка (%) [4].

Таким образом, на окончательном этапе работы будет сформирована база данных по пожароопасным свойствам текстильных материалов из целлюлозных и синтетических волокон и их смесей, которая будет содержать показатели, характеризующие горение материалов и возможность развития пожара, и показатели ТГА и ДТА, которые могут быть использованы при проведении научных исследований, прогнозирования и моделирования опасных факторов пожара, при проектировании систем противопожарной защиты в качестве справочного информационного ресурса.

Разрабатываемые БД о поведении различных материалов, конструкций в условиях пожара, БД с моделями пожаров являются существенной поддержкой экспертов при осуществлении реконструкции процесса возникновения и развития пожара с использованием компьютерного моделирования в процессе производства пожарно-технической экспертизы, проектирования систем противопожарной защиты, прогнозирования опасных факторов пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Циркина О.Г., Салихова А.Х., Спиридонова В.Г. Разработка базы данных о пожароопасных свойствах текстильных материалов для использования в экспертной деятельности // Проблемы и перспективы судебной пожарно-технической экспертизы. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз М.А. Галишева. Санкт-Петербург, 2025. С. 66-68.
3. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Ульев Д.А., Шабунин С.А. Пожароопасные свойства тканей из хлопковых и льняных волокон. Свидетельство о регистрации базы данных RU 2022622738, 03.11.2022. Заявка № 2022621958 от 04.08.2022.
4. Циркина О.Г., Спиридонова В.Г., Салихова А.Х., Шабунин С.А., Шварев Е.А. Актуализация справочной информации о показателях пожарной опасности текстильных материалов // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 1 (54). С. 135-144.

УДК 669.1

А. С. Саляева, Э. Р. Ахмеджанова

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОСТОЙКОСТЬЮ

В данной статье рассматриваются основные аспекты производства высокопрочных материалов, которые являются устойчивыми к высоким температурам.

Ключевые слова: материалы, конструкции, термостойкость, методы, технологии.

A. S. Salyaeva, E. R. Akhmedzhanova

TECHNOLOGIES FOR CREATING CONSTRUCTION MATERIALS WITH HIGH THERMAL RESISTANCE

This article discusses the main aspects of the production of high-strength materials that are resistant to high temperatures.

Key words: materials, structures, heat resistance, methods, and technologies.

В современном мире, во времена большого технологического прогресса, предъявляются повышенные требования к термостойкости материалов для конструкций. Разные металлы имеют разные уровни термостойкости, что влияет на их использование в строительстве. Способность материалов противостоять воздействию больших температур и при этом сохранить все свои механические характеристики - это то, от чего зависит надежность и безопасность конструкций.

Термостойкость (или по-другому термическая стойкость) - способность материалов сохранять целостность при больших температурных воздействиях. При определении термической стойкости, учитываются многие параметры материала. Основные параметры, к примеру:

- теплопроводность (способность материала проводить тепловую энергию)
- упругие свойства материалов (способность материала не поддаваться деформации)
- коэффициент термического расширения (характеристика, которая показывает, на сколько материал может менять свои размеры при нагреве, или же охлаждении)
- конструктивные особенности (размеры изделия, формы, то есть все геометрические параметры изделия)

В совокупности именно эти параметры определяют способность материала выдерживать большие термические воздействия без каких-либо разрушений.

Можно выделить четыре основные группы термостойкости материалов, которые различаются по структуре и составу:

- Металлические материалы. К таковым относятся нержавеющие, титановые, никелевые сплавы.
- Полимерные материалы. Имеют высокую термостойкость, к примеру, полиимиды, которые выдерживают самые экстремальные температуры.
- Керамические материалы. Сюда относятся как оксидные и неоксидные керамики.
- Композитные материалы. Это комбинирование различных материалов и компонентов для получения материалов с оптимальными свойствами и улучшенными характеристиками.

Перейдем к методам и технологиям производства термостойких материалов.

- Одним из основных современных методов являются литейные технологии (рис. 1). Такой метод обеспечивает возможность изготовления изделий сложных форм из термостойких металлов. Литье под давлением, или же, вакуумное литье позволяет создавать материалы с минимизированными дефектами.



Рис. 1. Литейное производство материалов

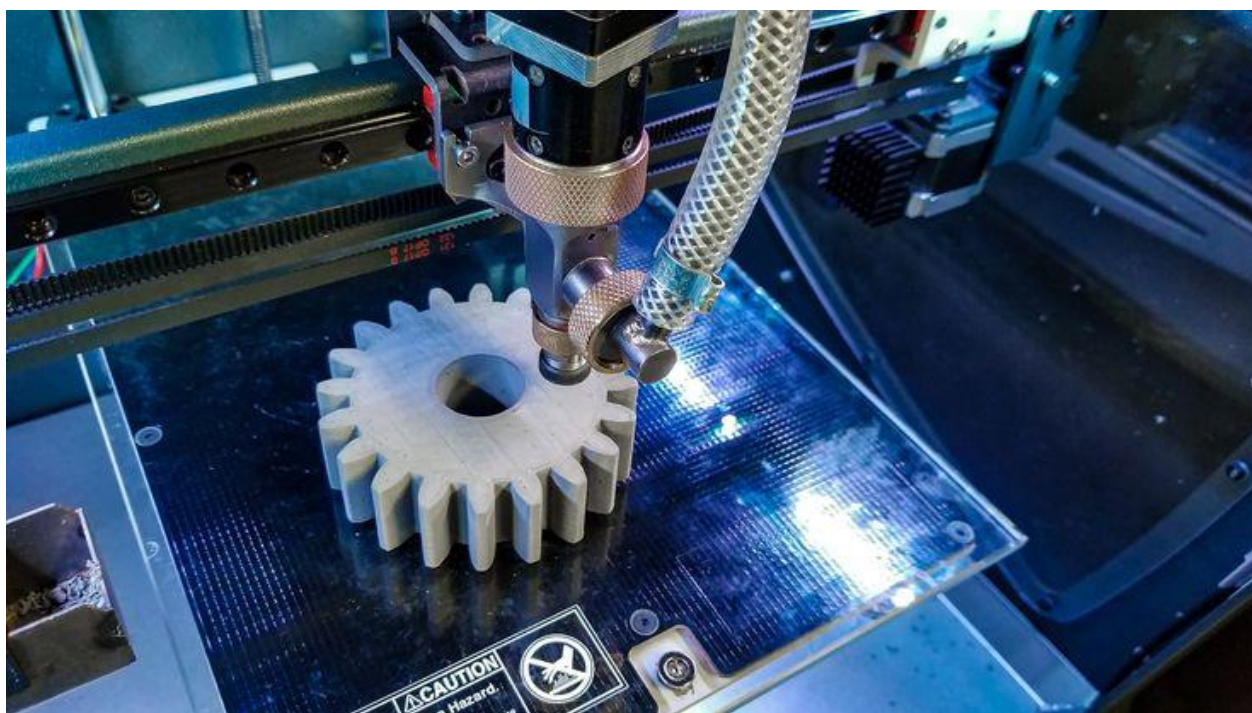


Рис. 2. Процесс создания материалов с помощью 3D-печати

- Метод порошковой металлургии тоже является одним из основных. Данный метод представляет собой способ производства материалов уже с заранее заданными свойствами и характеристиками. Происходит смешивание порошков разных компонентов с их дальнейшим прессованием и спеканием.

- Термическая обработка. Процессы закалки и отжига могут улучшить термостойкость, повышая прочность и жесткость металлов. Этот метод позволяет повысить устойчивость к высоким температурам путем изменения внутренней структуры материала. Таким образом, обработка высокими температурами улучшает прочность и жесткость материалов.

- И последний, самый современный метод - это аддитивное производство (рис. 2). Другими словами, это метод 3D-печати. Он открывает большие возможности при изготовлении материалов со сложной конструкцией, улучшая их параметры и характеристики.

Рассмотрим перспективы развития технологий термостойких материалов:

- Современные нанотехнологии в создании термостойких материалов. Такие технологии расширяют возможности для развития конструкционных материалов. Из-за структуры на уровне наночастиц, у этих материалов хорошие показатели термостойкости и прочности. Это открывает большие возможности и перспективы для их применения в различных отраслях.

- Антикоррозийная защита материалов. Исследовательские работы в этой сфере помогут продлить срок службы термостойких конструкций и материалов при эксплуатации в агрессивной среде. Разработка эффективных защитных покрытий значительно повысит долговечность изделий.

- Повышение усталостной прочности. Это повысит надежность конструкций при воздействии циклических нагрузок. Наиболее важной разработкой это является для областей, где материалы подвергаются большим и регулярным механическим воздействиям.

Металлы, благодаря своим уникальным свойствам, широко используются в строительстве, машиностроении и других отраслях. Однако термостойкость металлов, то есть их способность сохранять прочность и форму при высоких температурах, является критически важным аспектом, особенно в условиях, когда они могут подвергаться воздействию огня.

Разработка и создание конструкционных материалов, которые обладают улучшенной термостойкостью – основная задача для всех промышленных областей. Современные исследования и научные открытия способны для обеспечения качественных характеристик конструкционных материалов при высоких температурах. Понимание термостойкости металлов и необходимость огнезащиты становится важной задачей для проектировщиков и строителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Термостойкость металлов и необходимость огнезащиты // URL: <https://msc01.ru/blog/novosti/termostoykost-metallrov-i-neobkhodimost-ognezashchity/> (Дата обращения: 11.10.2025)
2. Термостойкость. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C> (Дата обращения: 11.10.2025)
3. Портал про пожарную безопасность // URL: <https://propb.ru/library/wiki/teplostoykost/?special=Y> (Дата обращения: 11.10.2025)

УДК 614.841.1

С. Ф. Свищевский, С. Л. Лейнова, Г. А. Соколик, С. Я. Рубинчик

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

ТОКСИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА И ПЕНОИЗОЦИАНУРАТА

Проведена сравнительная оценка токсичности продуктов горения теплоизоляционных материалов, изготовленных на основе пенополиуретана и пеноизоцианурата, и выявлены основные факторы, определяющие опасность таких материалов при возгорании.

Ключевые слова: токсичность продуктов горения, пожарная безопасность, теплоизоляционные материалы, пенополиуретан, пенополиизоцианурат

S. Svirshevsky, S. Leinova, G. Sokolik, S. Rubinchik

TOXIC HAZARD OF COMBUSTION PRODUCTS OF THERMAL INSULATION MATERIALS MADE BASED ON POLYURETHANE FOAM AND ISOCYANURATE FOAM

A comparative assessment of the toxicity of combustion products of thermal insulation materials made from polyurethane foam and isocyanurate foam was carried out, and the main factors determining the danger of such materials during combustion were identified.

Key words: toxicity of combustion products, fire safety, thermal insulation materials, polyurethane foam, polyisocyanurate foam

Теплоизоляция помещений является одним из основных способов снижения потребления энергоресурсов объектами жилищно-общественного назначения. При этом, используемый утеплитель должен соответствовать эксплуатационным критериям и требованиям безопасности, в том числе, пожарной, одним из показателей которой является токсичность продуктов горения.

Контроль пожарной безопасности теплоизоляционных материалов является обязательным при оценке возможности их использования, наиболее важным из которых является токсичность продуктов горения, поскольку образующиеся при высокотемпературном воздействии на материалы токсичные газообразные вещества являются причиной гибели до 80 % людей при пожарах.

Целью настоящей работы является проведение сравнительной оценки токсической опасности продуктов горения теплоизоляционных материалов, изготовленных на основе пенополиуретана и пеноизоцианурата и выявлении основных факторов, определяющие опасность таких материалов при возгорании.

Токсическая опасность газовой смеси, образующейся при их термическом разложении оценивалась по показателю токсичности продуктов горения H_{CL50} , который устанавливался по методу, представленному в [1, 2] и по удельному выходу образующемуся в условиях испытаний СО (II). Удельные выходы основных токсичных газов в образующейся при горении газовой смеси оценивались как отношение концентрации анализируемого газа в замкнутом объеме установки к массе испытываемого образца (мг/г).

При оценке параметров, определяющих токсичность газов, образующихся при возгорании исследуемых материалов, теплоизоляционные материалы на основе пенополиуретана и изделия на основе пенополиуретана (плиты и маты из пенополиуретана, пенополиуретан напыляемый, пенополиуретан с резиновой крошкой) и пенопласты жесткие из полиизоцианурата для удобства анализа и обработки полученных результатов были объединены в подгруппы «А» и «В» на основании информации об их плотности и модификации исходного базового вещества.

Подгруппа «А» объединила в себе плотные и жесткие материалы:

- плиты и маты из пенополиуретана;
- пенопласты жесткие из полиизоцианурата.

Подгруппа «В» включала пористые или модифицированные материалы:

- пенополиуретан напыляемый;
- пенополиуретан с резиновой крошкой.

Базовым веществом в плитах, в матах, в напыляемом материале является пенополиуретан. Основное различие между жесткими и напыляемыми материалами заключается в способе их применения. В результате этого их некоторые физико-химические свойства, а также пожарные характеристики также могут различаться. Полиизоцианурат представляет собой модифицированный пенополиуретан. Полиизоцианурат и пенополиуретан это два родственных класса полимеров, имеющих закрытую ячеистую структуру [3]. Основные компоненты данных материалов одинаковы – это полиол и полиизоцианат. Однако, в пенополиуретане молекулы соединены линейно, а полиизоцианурат, благодаря большему количеству в материале полиизоцианата, помимо уретановых связей, имеет более устойчивые изоциануратные кольца, следствием чего является его большая огнеустойчивость по сравнению с пенополиуретаном. Пенополиуретан с резиновой крошкой представляет собой композитный теплоизоляционный и звукоизоляционный материал, сочетающий свойства пенополиуретана и резинового наполнителя.

Результаты, полученные при исследовании материалов, изготовленных на основе пенополиуретана и пеноизоцианурата, представлены на рисунке, где приведены максимальные удельные выходы угарного газа (CO), образующегося при горении указанных материалов и изделий на их основе.

Как видно из представленных данных, материалы, входящие в подгруппу «А», характеризуются высокими значениями удельного выхода CO: 445,3 мг/г для плит и матов из пенополиуретана и 435,2 мг/г для жестких пенопластов из полиизоцианурата. Показатели токсичности продуктов их горения ($HC1_{50min}$) при этом составляют, соответственно, 15 и 14 г/м³.

Материалы, входящие в подгруппу «В», характеризуются более низкими значениями удельного выхода CO, которые близки друг к другу: 245,8 мг/г для пенополиуретана напыляемого и 232,7 мг/г для пенополиуретана с резиновой крошкой. Показатели токсичности продуктов их горения ($HC1_{50min}$) при этом составляют 22 и 24 г/м³, что выше, чем у плит и матов из пенополиуретана и жестких пенопластов из полиизоцианурата.

Все исследованные материалы и подгруппы «А», и подгруппы «В» по токсичности продуктов горения, в соответствии с классификацией, представленной в [1, 2], относятся к высокоопасным (класс опасности ТЗ).

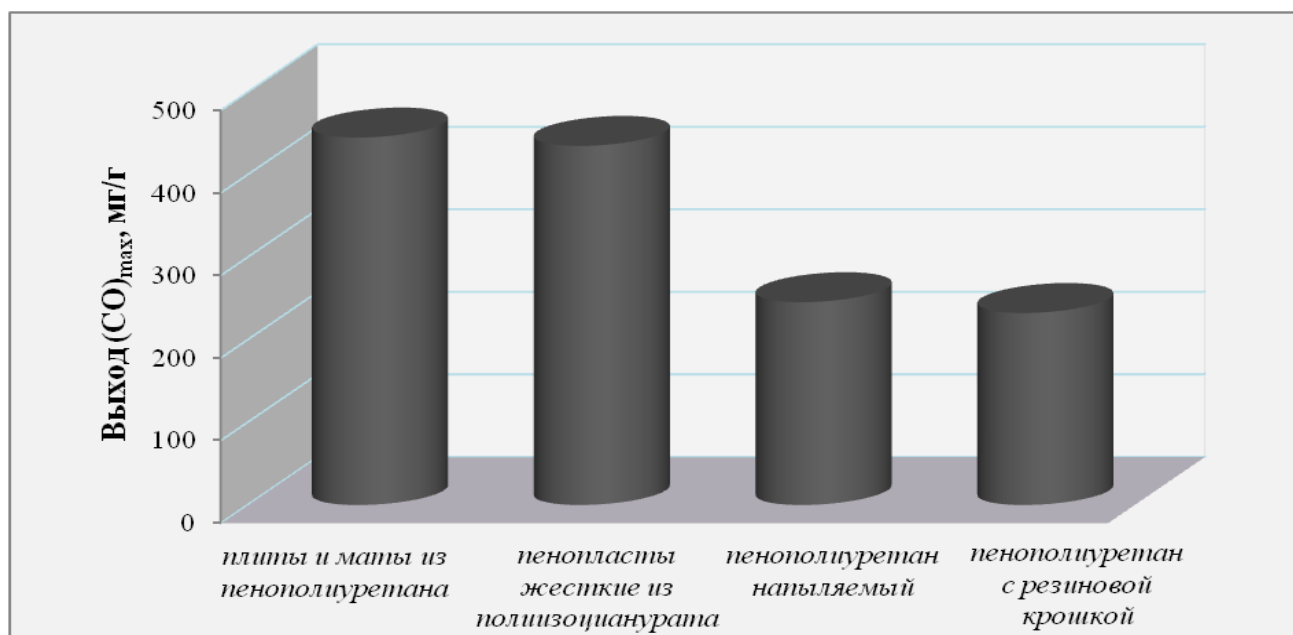


Рисунок. Максимальные значения удельных выходов оксида углерода (CO), образующегося при горении разных видов материалов и изделий на основе пенополиуретана и полиизоцианурата

Из представленных данных видно, что плиты и маты из пенополиуретана демонстрируют самый высокий выход CO среди всех исследованных образцов – 445,3 мг/г. При этом, как было показано выше, и самые низкие значения показателей токсичности продуктов горения.

Несмотря на то, что пенополиизоцианурат имеет улучшенные огнестойкие свойства, по сравнению с пенополиуретаном, это не приводит к существенному уменьшению выхода СО при горении. Жесткие пенопласты из полиизоцианурата имеют удельный выход СО равный 435,2 мг/г, что лишь немного ниже, чем у плит и матов. Жесткость данного материала, также, как и плотных плит и матов из пенополиуретана, может быть причиной неполного сгорания утеплителей и приводить к образованию значительного количества угарного газа. Это говорит о том, что даже при повышении огнестойкости такие материалы сохраняют высокий уровень токсичности продуктов горения, как и плотные материалы из пенополиуретана. Высокий уровень СО указывает на их серьезную опасность в условиях пожара, так как угарный газ является токсичным и может быстро накапливаться в закрытых помещениях, создавая угрозу для жизни.

Материалы подгруппы «Б» имеют значительно более низкие зарегистрированные значения максимальных удельных выходов СО.

Напыляемый пенополиуретан, с выходом СО 245,8 мг/г, отличается от жестких и плотных материалов своей более легкой и пористой структурой. Процесс нанесения утеплителя в виде пены может способствовать снижению токсической опасности образующейся при горении газовой смеси. Это делает напыляемый пенополиуретан менее опасным с точки зрения токсичности продуктов горения по сравнению с материалами из жесткого пенополиуретана и пеноизоцианурата.

Пенополиуретан с резиновой крошкой демонстрирует самый низкий выход СО среди исследуемых материалов – 232,7 мг/г. Добавление резиновой крошки, вероятно, способствует уменьшению доли горючего пенополиуретана в составе продукции или изменяет процесс горения, способствуя более полному окислению, что приводит к минимальному образованию СО среди всех исследованных материалов. Такой результат указывает на то, что внесение определенных добавок, создание композиционных изделий может быть эффективным способом снижения токсичности продуктов горения.

Таким образом, полученные результаты позволили выявить основные факторы, определяющие опасность продуктов горения теплоизоляционных материалов, изготовленных на основе пенополиуретана и пеноизоцианурата, при возгорании. К таким факторам относятся: свойства основного базового вещества, наличие других компонентов, входящих в их состав, а также форма, структура, плотность и способ применения материала.

Так, модификация исходного базового вещества - пенополиуретана и улучшение его огнестойкости, которая характерна для полиизоцианурата, не снижает существенно токсичность продуктов его горения. Внесение добавок, а именно, добавление резиновой крошки к базовому веществу (пенополиуретану) снижает выход СО, и, следовательно, приводит к уменьшению их токсической опасности при возгорании. Токсическая опасность продуктов горения

материалов и изделий из жесткого и плотного пенополиуретана в 1,8 раза выше, чем у напыляемого пенополиуретана.

Жесткие и плотные материалы из пенополиуретана и полиизоцианурата, такие как плиты и маты, характеризуются высоким выходом СО что делает их опасными с точки зрения токсичности продуктов горения. В случае пожара такие материалы могут быстро создавать высокую концентрацию СО в помещении, представляя серьезную угрозу для здоровья и жизни. Напыляемый пенополиуретан и пенополиуретан с резиновой крошкой, более безопасны, что в условиях пожара, по сравнению с жесткими и плотными материалами из пенополиуретана и полиизоцианурата. Это делает его предпочтительным выбором в ситуациях, где важно уменьшить риски воздействия продуктов горения на людей. Такие материалы являются более безопасной альтернативой жестким формам пенополиуретана.

Полученные данные свидетельствуют, что чем выше удельные выходы оксида углерода в образующейся при горении газовой смеси, тем ниже установленные значения показателей токсичности продуктов горения у указанного типа материалов. Содержание карбоксигемоглобина в крови погибших животных, контролируемое в соответствии с [4], свидетельствует о том, что основным токсичным газом при термическом разложении всех исследованных материалов является оксид углерода СО (II).

Анализ полученных результатов показал, что все представленные материалы, изготовленные на основе пенополиуретана и полиизоцианурата, в порядке уменьшения токсической опасности продуктов их горения можно расположить в следующей последовательности: «Плиты и маты из пенополиуретана», «Пенопласты жесткие из полиизоцианурата», «Пенополиуретан напыляемый», «Пенополиуретан с резиновой крошкой». Токсическая опасность образующейся при их горении газовой смеси уменьшается в указанном ряду в 1,9 раза.

Можно отметить, что, наиболее безопасными с точки зрения токсичности продуктов горения являются пенополиуретан с резиновой крошкой и напыляемый пенополиуретан, что подчеркивает важность выбора материала для минимизации рисков при пожаре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. 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

3. ГОСТ Р 56590-2015 (EN 13165:2012). Изделия из жесткого пенополиуретана теплоизоляционные заводского изготовления, применяемые в строительстве. Общие технические условия. – Введ. 25.09.2015. – Москва: Некоммерческое партнерство "Производители современной минеральной изоляции "Росизол", 2015. – 32 с.

4. Методика спектрофотометрического определения карбоксигемоглобина в крови подопытных животных: МВИ 1925-2003. – Введ. 11.08.2003. – Минск: Белорусский государственный институт метрологии, 2003. – 40 с.

УДК 614.841.1

Н. А. Сизонова

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

В данной статье описаны особенности воспламенения, горения, тушения металлов, гидридов металлов, металлосодержащих веществ, в том числе металлоорганических веществ. Рассмотрены отличительные характеристики при тушении по классам Д1, Д2, Д3. Отражены вопросы безопасности при тушении металлов и металлосодержащих веществ.

Ключевые слова: взрывопожароопасность, горение металлов, взрывчатые материалы, гидриды металлов, пожар.

N. A. Sizonova

FEATURES OF METAL BURNING AND EXTINGUISHING

This article describes the features of ignition, combustion, and extinguishing of metals, metal hydrides, and metal-containing substances, including organometallic substances. It also discusses the distinctive characteristics of extinguishing in classes D1, D2, and D3. The article also addresses safety issues related to extinguishing metals and metal-containing substances.

Key words: explosibility, combustion of metals, explosive materials, metal hydrides, fire.

Металлургическое производство относится к числу наиболее опасных отраслей промышленности, что обусловлено значительной вероятностью возникновения взрывов и пожаров. Причинами высокой аварийной опасности служат экстремальные температурные условия, применение токсичных соединений, а также эксплуатация технически сложного оборудования. В соответствии с классификацией пожаров, установленной ГОСТ 27331-87, воспламенение металлических и металлоорганических веществ подразделяется

на три категории. К классу Д1 относят возгорание легких металлов, таких как магний, алюминий и их сплавы, а также ряда плотных металлов, включая цирконий, титан, уран и ниобий. Класс Д2 охватывает воспламенение щелочных металлов — натрия, калия, лития и др. В категорию Д3 включаются металлоорганические соединения, например, литий-, алюмо- и цинкорганика, а также гидриды легких металлов.

Гидриды металлов и большинство чистых металлических веществ при нормальных условиях находятся в твёрдом агрегатном состоянии. Исключение составляют металлоорганические соединения, которые, как правило, представлены в виде жидкостей. Повышенная пожаро- и взрывоопасность указанных веществ обусловлена рядом характерных свойств. К числу наиболее значимых относятся способность к самовозгоранию без дополнительного источника воспламенения, взрывоопасность в виде аэрозольных смесей, а также химическая реактивность при взаимодействии с водой и рядом газообразных огнетушащих сред, включая азот и хладоны. Особую опасность представляют тонкодисперсные формы щелочных металлов, а также гидриды и металлоорганические вещества, отнесённые к классам Д2 и Д3, отличающиеся выраженной пирофорностью.

Среди металлов, возгорание которых классифицируется по признакам класса Д1, наибольший риск сопряжён с алюминием и магнием в мелкодисперсной форме — порошках и стружке. В то же время монолитные элементы в виде листов или профилей неспособны к самостоятельному воспламенению при условии отсутствия внешнего теплового воздействия, достаточного для компенсации теплоотвода. Гидриды металлов занимают промежуточное положение между органическими соединениями и металлическими веществами: при их термическом распаде образуется водород, аналогичный по свойствам горючим газам, выделяемым в ходе пиролиза органики.

Применение традиционных средств пожаротушения при горении металлов признано неэффективным и в ряде случаев может усугубить ситуацию. Вода, водные пеносоставы и некоторые газовые смеси способны инициировать вторичные реакции, усиливающие горение. В связи с этим для локализации очагов воспламенения, отнесённых к категориям Д1, Д2 и Д3, применяются специализированные порошковые огнетушащие составы (ОПСН), разработанные с учётом специфики металлических пожаров. Ключевыми параметрами, определяющими эффективность таких составов, являются химическая инертность по отношению к активным металлам, гранулометрический состав (оптимальные размеры частиц) и устойчивость к слеживанию, достигаемая введением гидрофобных и антислеживающих компонентов.

На практике наибольшее распространение получили ОПСН на основе хлоридов калия (внутренний рынок) и натрия (страны Европы и США). Кроме того, разрабатываются и применяются жидкие средства на базе

борорганических соединений, в частности эфиров борной кислоты. Эффективность тушения обеспечивается за счёт создания однородного, сплошного порошкового слоя, изолирующего очаг горения от доступа кислорода, тем самым прекращая реакцию окисления.

При выборе состава ОПСН учитываются особенности веществ. Так, для класса Д1 применяются порошки на основе хлорида калия плотностью около 1 г/см³. Пожары класса Д3 требуют аналогичных характеристик, но при тушении жидких металлоорганических веществ плотность состава должна приближаться к их удельной массе — порядка 0,7–0,8 г/см³, что достигается добавлением лёгких негорючих компонентов, например, вермикулита или перлита.

Процесс горения натрия сопровождается выраженным фитильным эффектом, возникающим вследствие формирования оксидной оболочки, через которую расплавленный металл продвигается к зоне доступа кислорода. Для подавления этого явления в состав огнетушащих средств вводятся специальные добавки, препятствующие росту оксидных структур. Наибольшую эффективность демонстрируют порошковые огнетушители марок ОП-4, ПС-1 и ПС-2, позволяющие сформировать плотное покрытие над очагом горения.

Дополнительную защиту обеспечивают насыпные инертные материалы, такие как мелкодисперсная поваренная соль, кальцинированная сода или кварцевый песок. При этом предпочтение отдаётся поваренной соли, учитывая возможную реакцию щелочных металлов с кремнеземом, содержащимся в песке. Применение порошкообразного графита допустимо исключительно при тушении чистого натрия. Его использование в присутствии калий-натриевых сплавов недопустимо, поскольку возможно образование надпероксида калия, вступающего в взрывоопасную реакцию с углеродом.

Составы, содержащие бикарбонат натрия, а также огнетушащие средства на основе тетрафтордибромэтана, неэффективны при тушении щелочных металлов. В качестве альтернативы возможно использование инертных газов, таких как азот и аргон. Однако подача газовой среды требует высокой точности, поскольку избыточное давление или неправильный угол направления могут привести к разбрызгиванию расплава.

Горение лития представляет исключительный риск ввиду его высокой реакционной способности. При контакте с водой, углекислым газом или пенообразующими составами возможен взрыв, обусловленный бурной химической реакцией с выделением тепла и водорода. Эффективное тушение достигается путём применения порошков на основе графита, дополненных гидрофобизирующими компонентами и флюсами. Также используется метод вытеснения кислорода инертным газом. После завершения горения требуется охлаждение оставшегося металла в потоке аргона для предотвращения повторного воспламенения.

В условиях пожаров классов Д1–Д3 принципиальное значение имеет равномерное нанесение огнетушащего порошка на зону горения. Для обеспечения стабильной подачи применяются специальные насадки — успокоители, позволяющие сформировать сплошной изолирующий слой. Несмотря на высокую эффективность порошкового метода, он имеет ограничения. Порошковые составы не обладают выраженным охлаждающим действием, что особенно важно при температуре горящих металлов, значительно превышающей температуру их самовоспламенения. Кроме того, технические параметры большинства мобильных порошковых установок ограничивают их применение в крупных производственных помещениях. Максимально возможный объём защищаемого пространства обычно не превышает 300–600 м³. Вертикальная дальность подачи составляет 10–25 м, а горизонтальное распространение — не более 60 м, что затрудняет тушение в труднодоступных и удалённых зонах.

Опасные свойства различных металлов обуславливают необходимость индивидуального подхода к их тушению. Алюминий, обладая высокой электропроводностью и низкой температурой плавления (660 °С), в порошкообразной форме может взрываться. Кадмий при нагревании выделяет токсичные пары, что требует использования средств индивидуальной защиты. Щелочные металлы при взаимодействии с водой выделяют водород, легко воспламеняющийся при наличии тепла. Порошкообразный чугун способен детонировать под воздействием открытого пламени. Сталь в целом негорюча, однако в виде пыли или опилок подвержена воспламенению. Титан плавится при 2000 °С, а его мелкие фрагменты могут загораться. Магний, входящий в состав легких сплавов, воспламеняется при температуре около 650°С, особенно в форме стружки или порошка.

Большинство инцидентов обусловлены нарушением регламентов технологических процессов или износом оборудования. Так, 23 января 2023 года на предприятии «Морилен» в городе Рошаль произошла детонация алюминиевой пыли, что привело к частичному разрушению здания и травмированию одного человека. 10 марта 2025 года в поселке Новосельдинский пожар охватил 4 т. технического магния на складе ООО «Поляна». Пожарные предотвратили распространение огня на 40 кв. м. площади хранения с бочками масла. В ликвидации приняли участие 65 человек и 23 единицы техники. Пострадавших не зафиксировано. 25 сентября 2025 года в Батайске на складе по пер. Стадионному локализовано возгорание на площади 300 кв. м.; к тушению было привлечено 48 человек, в том числе 35 сотрудников МЧС.

Заключение

Наибольшую угрозу представляют металлы в измельчённой форме: стружка, пыль, опилки. Их горение сопровождается интенсивным искрообразованием и высокой температурой. Контакт воды с раскалёнными металлическими веществами не только не снижает интенсивность горения, но

может стать катализатором для распространения пламени, а также причиной термических травм вследствие разбрызгивания расплава. Применение песка также сопряжено с риском усиления горения. Эффективными признаны лишь специально разработанные сухие порошковые составы, индивидуально подбираемые для каждого типа металла. В случае магния и его сплавов оптимальны флюсы, традиционно используемые при металлургической плавке, создающие герметичное покрытие, блокирующее доступ кислорода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория горения и взрыва: учебное пособие/ А.И. Сечин, В.А. Перминов, О.Б. Назаренко. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 162 с.
2. Демидов П. Г. Горение и свойства горючих веществ [Учеб. пособие для пожар.-техн. уч-щ] / П. Г. Демидов, В. А. Шандыба, М. : Химия, 1981. – 272 с.
3. Габриэлян С.Г., Габриэлян Г.С. Рекомендации по тушению жидкого натрия и пирофорных алюмоорганических катализаторов М.: Изд. ВНИИПО, 2000. – 19 с.
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ, изд.: в 2 книгах; кн. I/А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. – М., Химия, 1990. – 496 с.
5. Теория горения и взрыва: учеб. пособие / П. П. Кукин [и др.]. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 435 с.

УДК 662.1(075.8)

Н. А. Сизонова

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ И ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

В данной статье описаны основные компоненты пиротехнических изделий, технологии производства пиротехники, а также роли и обязанности специалистов в этой сфере. Рассмотрены конструкции зданий, особенности работы оборудования и меры по снижению взрывопожароопасности при хранении пиротехнических материалов. Отражены вопросы безопасности и контроля качества продукции.

Ключевые слова: взрывопожароопасность, пиротехника, взрывчатые материалы, пожар.

N. A. Sizonova

FEATURES OF TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF PYROTECNIC AND EXPLOSIVE MATERIALS

This article describes the main components of pyrotechnic products, the technology of pyrotechnic production, as well as the roles and responsibilities of specialists in this field. It examines the design of buildings, the features of equipment operation, and measures to reduce the risk of explosion and fire during the storage of pyrotechnic materials. The article also addresses the issues of product safety and quality control.

Key words: explosives, pyrotechnics, and fire hazards.

Процесс изготовления пиротехнической продукции представляет собой технологически насыщенную и потенциально опасную деятельность, требующую строгого соблюдения нормативных предписаний и стандартов промышленной безопасности. В категорию данной продукции входят различные виды фейерверков, ракет, петард, а также иные устройства, используемые преимущественно в рамках торжественных мероприятий. Основное назначение таких изделий заключается в создании визуально эффектных световых композиций, включая огненные шары, красочные всполохи и иные зрелищные элементы.

Проектирование и реализация производственных процессов в данной сфере предполагает обязательное учетное включение факторов, связанных с высокой степенью взрывопожароопасности. Особое значение в этом контексте приобретает квалифицированная подготовка персонала, ответственного за обращение с пиротехническими средствами. Необходима систематическая реализация инструктажей, направленных на формирование устойчивых навыков безопасного хранения и эксплуатации указанных изделий. Стратегическая цель заключается в исключении вероятности возникновения взрывов и пожаров внутри технологических установок, предотвращении разрушения оборудования, а также минимизации высвобождения горючих компонентов в воздушную среду при аварийных утечках.

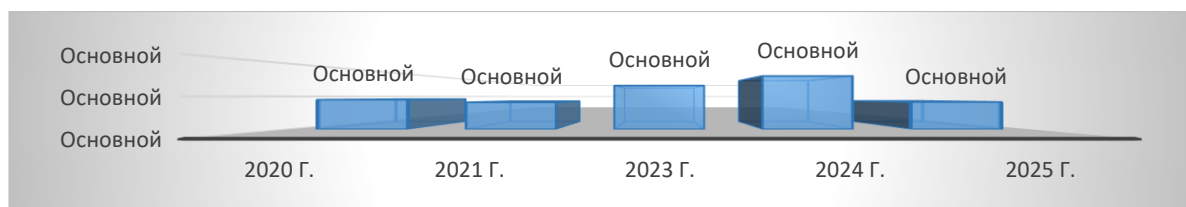


Диаграмма 1. Статистические данные по пожарам в результате нарушения правил пожарной безопасности при использовании пиротехнических изделий за период 2020-2024 гг.

За период 2020–2024 гг. в Российской Федерации неоднократно фиксировались случаи возгораний, напрямую связанных с нарушениями требований пожарной безопасности при обращении с пиротехническими средствами. Динамика соответствующих инцидентов представлена на диаграмме 1 [1]. Пик числа зарегистрированных пожаров пришелся на 2023 г., в то время как наименьший уровень происшествий был зафиксирован в 2021 г.

По причине возгорания пиротехнических изделий за период 2020-2024 гг. на территории Российской Федерации были зафиксированы несчастные случаи. Данные приведены в диаграмме 2 [1]. Максимальное количество погибших зарегистрировано в 2021 и 2024 гг.

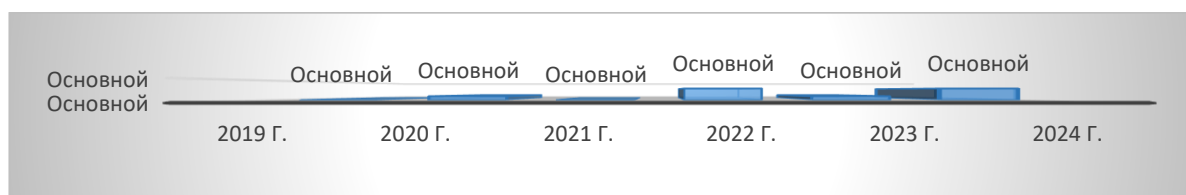


Диаграмма 2. Статистические данные по количеству погибших в связи с нарушением правил пожарной безопасности при использовании пиротехнических изделий за период 2020-2024 гг. в Российской Федерации

Возникновение пожаров, сопровождающихся гибелью и травматизмом людей, регулярно сопряжено с применением пиротехнических и взрывчатых веществ. Основные причины подобных происшествий кроются в нарушении правил эксплуатации, использовании несертифицированной продукции и несоблюдении установленных норм безопасности [2]. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий осуществляет профилактическую деятельность, направленную на предупреждение инцидентов. Ведомством рекомендуется приобретать исключительно сертифицированные изделия, строго следовать инструкции производителя и полностью исключать доступ несовершеннолетних к пиротехническим средствам.

В основе пиротехнических устройств лежат составные элементы, определяющие их функциональные свойства. Основу составляют порошкообразные вещества, фитили и гильзы. Первые обеспечивают световые и звуковые эффекты за счёт химических реакций, в которых участвуют металлы и их соединения. Соли различных металлов позволяют получить цветовую палитру: соединения бария — зелёное свечение, стронция — красное, магний создаёт интенсивное белое пламя. Гильзы служат контейнерами, стабилизирующими конструкцию, предотвращающими преждевременное воспламенение и обеспечивающими надежность действия. Их изготавливают из картона, металла либо пластика.

Технологический цикл производства основан, прежде всего, на методах химического синтеза, благодаря которому получают необходимые соединения для создания запланированных эффектов [3]. Пиротехническая композиция состоит из металлов, окислителей и связующих компонентов, совокупность которых определяет характеристики итогового продукта. Изготовленные изделия проходят обязательные испытания в специализированных лабораторных условиях, что позволяет своевременно выявить возможные дефекты. Современные технологии стремятся к повышению надёжности и снижению рисков, связанных с использованием данной продукции. В уплотненном состоянии пиротехнические составы легко воспламеняются под воздействием механических и тепловых факторов — удара, трения, искрения. Их относят к категории взрывоопасных веществ, потенциально способных вызвать ожоги, воспламенение одежды и иные повреждения. При использовании соединений свинца возрастает угроза токсического воздействия на организм.

Соблюдение комплекса мер безопасности на всех стадиях производства пиротехнических материалов является обязательным. Территориальное распределение зон, в которых размещаются административные, санитарные и вспомогательные помещения, должно исключать их нахождение в пределах потенциально опасной территории. Участки изготовления, обработки, сушки и хранения пиротехнических веществ обязаны находиться на достаточном удалении друг от друга. Необходимо строго регламентировать предельное количество используемых в работе компонентов, а также ограничивать численность персонала, задействованного в различных производственных помещениях.

Между зданиями различного функционального назначения устанавливаются минимальные нормативные расстояния: от 30 м между опасными и безопасными постройками, от 15 м — между корпусами для обработки, от 20 до 40 м — от складских, сушильных и смесительных объектов до прочих сооружений, в зависимости от численности работающих, и от 15 до 20 м — между самими производственными единицами [4, 5]. Каждая технологическая операция должна быть организована в обособленном помещении, включая смешивание и хранение составов, их обработку и упаковку, отделку, сушку и складирование готовой продукции.

Исходные реагенты размещаются отдельно, с учётом их физико-химических свойств и опасностей. К таким веществам относятся: хлораты, перхлораты, включая перхлорат аммония (NH_4ClO_4), нитраты, органические пероксиды, окислители, горючие жидкости, красный фосфор, нитроцеллюлоза $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3-x(\text{ONO}_2)_x]_n$, которую требуется хранить во влажной среде. Металлические порошки следует защищать от взаимодействия с влагой, жирами и смазочными материалами.

Среди технических решений, снижающих уровень взрывопожароопасности [6], следует выделить оптимизацию подбора компонентов для предотвращения образования опасных смесей, строгий контроль режимов дозирования, внедрение инертных разбавителей, многостадийность технологических процессов, а также обязательную очистку сырья от примесей.

Здания, предназначенные для операций со взрывоопасными составами, должны иметь легко сбрасываемые элементы конструкции. Типовая конфигурация включает три стены и перекрытие, обладающие взрывостойкостью, и одну взрывовыводящую панель из пластмассы. Допускается установка дополнительной защитной перегородки напротив взрывовыводящей стены. Категорически запрещено объединение в одном помещении операций со смесями, содержащими хлораты, и компонентами на основе металлов или сульфида сурьмы (Sb_2S_3). Для сушки пригодны здания с аналогичной взрывобезопасной архитектурой либо заглубленные, окружённые насыпью. Температура в сушильных помещениях не должна превышать 50°C .

Каждая стадия производственного процесса — от набивки до упаковки — должна быть организована в отдельном помещении. Строения, где осуществляются опасные технологические операции, проектируются одноэтажными, без подвалов. Стены обязаны быть гладкими и легко моющимися, полы — выполненными из мягких, неискрящихся материалов (например, ксилолита, асфальта без минерального наполнителя, синтетики), с ровной и герметичной поверхностью. Деревянные полы не допускаются. Электропроводимость полов и обуви — обязательное требование. Окна и двери проектируются с открыванием наружу, двери не должны блокироваться во время работы.

Допустимые типы отопления включают водяное, паровое низкого давления и электрическое (при наличии пылезащиты). Температура нагревательных элементов не должна превышать 115°C . Предпочтительны гладкие радиаторы; ребристотрубчатые — запрещены. Рабочие поверхности изготавливаются из огнестойких материалов либо твёрдой древесины. Все производственные и складские помещения подлежат регулярной влажной уборке. Расстановка рабочих мест, проходов и выходов должна обеспечивать мгновенную эвакуацию в случае аварийной ситуации. По возможности, рабочие зоны изолируются защитными перегородками. Все здания оборудуются молниеотводами. Курение на всей территории — под строгим запретом.

Всё производственное оборудование, применяемое при работе со взрывоопасными веществами, должно соответствовать нормам промышленной безопасности. Конструктивные характеристики аппаратов обязаны исключать локальные перегревы, искрение, застой продуктов, а также образование взрывоопасных паро- и пылевоздушных смесей. Используются исключительно искробезопасные инструменты, прошедшие соответствующую проверку.

Механические прессы комплектуются защитными экранами, размещаются в отдельных помещениях и управляются дистанционно; нахождение персонала в помещении во время работы пресса — недопустимо.

При воспламенении металлических порошков допустимо применение воды, пены или тетрахлорида углерода CCl_4 . В случае возгорания одежды следует обильно облить пострадавшего водой либо накрыть противопожарным покрывалом. Персонал обязан использовать герметичную и стойкую к воздействиям спецодежду. При манипуляциях с токсичными веществами необходимо исключать прямой контакт, а также обеспечить эффективную вытяжную вентиляцию для удаления вредных паров и пыли. Обязательным является наличие средств индивидуальной защиты органов дыхания и защитной одежды.

Условия хранения пиротехнических и взрывчатых материалов строго регламентированы. Размещение осуществляется исключительно в предназначенных для этого зонах, соответствующих установленным требованиям. Изделия, не находящиеся в обращении, следует изолировать брезентом, герметичными крышками или специальной тарой. Хранение на стеллажах и в штабелях организуется с учётом свободного доступа для вентиляции, визуального контроля и оперативного изъятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная – безопасность. Статистический сборник. 2024 г. ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ. URL: <https://ptmru/assets/images/biblioteka/Статистика/2022/ВНИИПО/466536955>.
2. Кириллов Г. Н., Дешевых Ю. И., Гилетич А. Н., Зуйков В. А., Нестругина А. Н., Пшеничников А. М. Обзорно-аналитический материал. Требования пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции. - М.: ВНИИПО и ДНД МЧС России, 2010. - С. 79.
3. Об утверждении требований пожарной безопасности при распространении и использовании пиротехнических изделий: постановление Правительства РФ от 22.12.2009 № 1052 // Собр. законодательства РФ. - 2008. - № 52 (ч. II), ст. 6581.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 29.07.2017): Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008// Собр. законодательства РФ. - 2008. - № 30 (ч. I), ст. 3579.
5. Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко Научно-техническое обоснование размеров пожарных отсеков в зданиях и сооружениях: монография. - М.: Издательство "Пожнаука", 2014. - 104 с.
6. Харламенков А.С. Требования пожарной безопасности к пиротехническим изделиям. Пожаровзрывобезопасность. – Т.26. - №12. – с.59-62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trebovaniya-pozharnoy-bezopasnosti-k-pirotechnicheskim-izdeliyam/viewer>.

УДК 614.841:621.36

Г. И. Смелков, Г. В. Боков, В. А. Пехотиков, О. И. Грузинова

Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ В СЕТЯХ С ТОКОПРОВОДЯЩИМИ ЖИЛАМИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ

Анализируются результаты выполненных исследований пожарной опасности электроустановочных устройств (ЭУУ) и кабельных изделий с токопроводящими жилами из сплавов алюминия и даются рекомендации по их применению с учетом вводимых в ПУЭ [1] требований, расширяющих область применения в электропроводках кабельных изделий с токопроводящими жилами из сплавов алюминия.

Ключевые слова: электроустановочные устройства, контактные соединения, токопроводящие жилы из сплавов алюминия, пожарная опасность.

G. I. Smelkov, G. V. Bokov, V. A. Pekhotikov, O. I. Gruzinova

FIRE HAZARD OF ELECTRICAL INSTALLATION DEVICES IN NETWORKS WITH CONDUCTIVE CORES OF CABLE PRODUCTS MADE OF ALUMINUM ALLOYS

The results of performed fire hazard studies of electrical installation devices and cable products with current-conducting conductors made of aluminum alloys are analyzed and recommendations for their use are given taking into account the requirements introduced in PUE [1] that expand the scope of application in electrical wiring of cable products with current-conducting conductors made of aluminum alloys.

Key words: electrical installation devices, contact connections, conductors made of aluminum alloys, fire hazard.

Электроустановочные устройства – самые многочисленные виды электроустановок, занявшие среди них в 2024 г. второе место (после электропроводок и кабельных линий) по количеству пожаров (2460) и ущерб от них (178,5 млн. руб).

Электроустановочные устройства (ЭУУ) – это общее название низковольтных электрических изделий (выключатели, переключатели, штепсельные розетки с вилками, разветвители, удлинители, контактные (клемные) колодки, патроны для ламп и др.), предназначенных для коммутации электрических цепей и подключения к сети различных видов потребителей.

На объектах токопроводящие жилы (ТПЖ) кабельных изделий электропроводок функционально непосредственно подключаются к контактными зажимам ЭУУ. Как показывают исследования и практика именно с контактными соединениями чаще всего и связана пожарная опасность ЭУУ, вследствие увеличения в них в процессе эксплуатации переходных сопротивлений вплоть до возникновения, так называемого «плохого контакта» (ПК), вызывающего нагрев и воспламенение конструкционных полимерных материалов изделия или изоляции присоединяемых проводников.

Высокая пожарная опасность режима ПК и его «коварство» заключается в том, что загорание (пожар) возникает при нормальном (рабочем) токе и поэтому аппараты защиты в сети не реагируют на этот аварийный режим.

С физической точки зрения нестабильность переходных сопротивлений обусловлена различными значениями коэффициентов линейного расширения металлов в контактных соединениях (сталь, медь, алюминий) при нагреве, а также увеличением показателя ползучести алюминия, что приводит к его выдавливанию из-под прижимного устройства.

Эти обстоятельства явились причиной принятия в России в 90-е годы решения о введении ограничений на применение кабельных изделий с ТПЖ из алюминия в электропроводах жилых и общественных зданий и переходом в них на более дорогие провода и кабели с медными жилами.

Однако зарубежный опыт США и Германии [2,3] показал, что в целях экономии, но не пренебрегая требованиями пожарной безопасности, целесообразно использовать не медные проводники, а кабельные изделия с ТПЖ из сплавов алюминия марки 8030 и 8176, с лигирующими добавками (таблица), улучшающими их механические свойства (для удобства монтажа) и имеющими близкие к электротехническому алюминию значения удельного электрического сопротивления, позволяющие сохранить стандартизованные ряды сечений ТПЖ кабелей.

Таблица. Химические свойства ТПЖ из сплавов алюминия

Марка сплава	Химический состав, %					
	Кремний	Железо	Цинк	Магний	Медь	Алюминий
8030	0,1	0,6 – 0,9	0,05	0,05	0,04	остальное
8176	0,03 - 0,15	0,4 – 1,0	0,1	-	-	остальное

В нашей стране, актуальность проблемы по оценке пожарной опасности контактных соединений ЭУУ и ТПЖ кабельных изделий электропроводок из сплавов алюминия возросла после выхода приказа Минэнерго РФ от 16.10.2017 № 968 [4] о расширении области применения кабельной продукции с модернизированными алюминиевыми ТПЖ из сплавов 8030 и 8176.

Для изучения и решения проблемы была поставлена комплексная научно-исследовательская тема, в которой наряду с ФГБУ ВНИИПО МЧС России участвовали ведущие профильные организации страны – Ассоциация ОАО «Росэлектромонтаж» и головной институт кабельной отрасли – ОАО «ВНИИКП».

Программа исследований соответствия изделий требованиям действующих норм предусматривала ряд направлений, которые закреплялись за соответствующей участвующей организацией:

- определение электрического сопротивления и падения напряжения в контактных соединениях ТПЖ из сплавов алюминия с зажимными устройствами ЭУУ (ГОСТ 17441-84 [5]);
- испытание контактных соединений номинальным током при постоянном и циклическом нагреве (ГОСТ 17441-84, ГОСТ 10434-82 [6]);
- исследование зажигательной способности частиц металлов ТПЖ при коротком замыкании (по Методике ВНИИПО МВД СССР);
- исследование и разработка способов повышения надежности (устойчивости) контактных соединений.

Подводя итоги выполненной работы, кратко (учитывая ограничения объема статьи) можно констатировать, что проведенные в участвующих организациях параллельные испытания в значительной части подтвердили соответствие контактных соединений ЭУУ с ТПЖ из сплавов алюминия 8030 и 8176 требованиям ГОСТ 10434-82 как по динамике изменения электротехнических параметров (сопротивление и потеря напряжения), так и температурных показателей при постоянном и циклическом режимах нагрева.

Дополнительно проведены исследования и показана возможность и целесообразность, в ряде случаев, осуществлять стабилизацию переходных контактных сопротивлений с помощью оксидных ингибиторов.

В заключении необходимо отметить, что основные результаты работы по оценке пожарной опасности кабельных изделий с ТПЖ из сплавов алюминия и рекомендации по модернизации контактных зажимов ЭУУ, содержащиеся в отчетах по НИР организаций – участниц, были учтены при внесении изменений в Правила устройства электроустановок, а также рекомендованы для внедрения заводами-изготовителями ЭУУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/Главгосэнерго надзор России. М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007.
2. Holm R. Electrical Contacts. – New York Springer. - 1979. URL: <https://libcats.org/book/1488916>. (дата обращения 23.09.2025).
3. Holm R. Theory and Application. Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2013, 484 p. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.mdp.39076006520832>. (Дата обращения 23.09.2025).

4. Приказ Минэнерго РФ от 16.10.2017 № 968 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Правила безопасности энергопринимающих установок. Особенности выполнения электропроводки в зданиях с токопроводящими медными жилами или жилами из алюминиевых сплавов». URL: <https://base.garant.ru/71805760>. (дата обращения: 23.09.2025).

5. ГОСТ 17441-84 Соединения контактные электрические. Приемка и методы испытаний. М. Издательство стандартов, 1987, 23 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006325>. (дата обращения: 23.09.2025).

6. ГОСТ 10434-82. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования: межгосударственный стандарт: утвержден Госстандартом СССР, постановление № 450 от 03.02.1982: введен в действие: протокол № 5-94 МГС от 17.05.94 (ИУС 11-12-1994) //NormaCS4.x: справочная нормативная система. База данных на 01.11.2024. URL: [normacs://normacs.ru/8B1](https://normacs.ru/8B1) (дата обращения 23.09.2025).

УДК 614.841.33

Н. В. Смирнов, В. В. Булгаков, Т. С. Зубань, Н. Б. Аверкина
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

НЕКОТОРЫЕ АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ НА ОБЪЕКТАХ

В настоящей статье рассмотрены некоторые актуальные вопросы применения и последующей эксплуатации огнезащитных средств. В частности, представлены разъяснения отдельных требований, изложенных в действующих нормативно - технических документах в области пожарной безопасности, сформулированы ответы на наиболее задаваемые специалистами вопросы, касающиеся проектирования, практического применения, монтажа (нанесения), ремонта и проверки состояния огнезащитных покрытий, контроля качества огнезащитных работ.

Ключевые слова: средства огнезащиты; огнестойкость конструкций; пожарная безопасность; сертификат соответствия; огнезащитная обработка.

N. V. Smirnov, V. V. Bulgakov, T. S. Zuban, N. B. Averkina

SOME TOPICAL ISSUES OF THE APPLICATION AND OPERATION OF FIRE PROTECTION MEANS ON OBJECTS

This article discusses some topical issues of the use and subsequent operation of fire protection means. In particular, explanations of certain requirements set out in the current regulatory and technical documents in the field of fire safety are provided, answers are

formulated to the most frequently asked questions by specialists regarding the design, practical application, installation (application), repair and verification of the condition of fire-resistant coatings, quality control of fire-resistant work.

Key words: fire protection means, fire resistance of structures, fire safety, certificate of conformity, flame retardant treatment

В настоящее время огнезащитная обработка строительных конструкций, строительных, текстильных, полимерных материалов и изделий (в том числе кабельной продукции и инженерного оборудования) является наиболее распространенным видом деятельности, направленным на обеспечение пожарной безопасности объектов различного функционального назначения. На практике строительство и реконструкция подавляющего числа зданий и сооружений не обходится без широкого применения разнообразных средств огнезащиты (СО).

И на каждом этапе применения и последующей эксплуатации СО от проектирования до контроля качества огнезащитных работ и проверки состояния огнезащитных покрытий (ОЗП) возникают вопросы, решение которых не регламентировано действующими нормативно - техническими документами в области пожарной безопасности. В настоящей статье авторы сделали попытку разъяснения и сформулировали свое мнение по некоторым актуальным вопросам, связанным с процессом огнезащитной обработки и последующей эксплуатацией ОЗП.

Огнезащитные средства (ОЗС) являются объектом технического регулирования и согласно требованиям ТР ЕАЭС 043/2017 [1] подлежат подтверждению соответствия требованиям [1] в форме обязательной сертификации до выпуска их в обращение.

При этом, в нашей стране группы огнезащитной эффективности при сертификации ОЗС, например, для стальных конструкций определяются по методу, изложенному в ГОСТ Р 53295 - 2009 [2], для древесины и материалов на ее основе - по методу, изложенному в ГОСТ Р 53292 - 2009 [3].

Огнезащитная обработка (например, металлических и деревянных конструкций) может проводиться на предприятии - изготовителе самих конструкций, при этом могут возникнуть вопросы по процедурам сертификации ОЗС, приемки - сдачи огнезащитных работ, по номенклатуре необходимых нормативно - технических и сопроводительных документов и др.

В этих случаях необходимо учитывать следующие основные положения:

- все документы для проведения огнезащитных работ (в том числе сертификаты соответствия, технические и эксплуатационные характеристики СО и др.) представляет предприятие - изготовитель огнезащищенных строительных конструкций;

- с учетом п.п. 18, 19, 20 [1] и п. 4.9 [2] параметры огнезащитной эффективности СО должны определяться с конкретными видами и марками грунтовочных и покрывных защитных (декоративных) слоев;

- с учетом п. 5.4.3 СП 2.13130.2020 с Изм. номер 1 [4] средства огнезащиты для металлоконструкций следует применять при условии наличия проекта огнезащиты, в котором указан способ их крепления (нанесения);

- способ крепления (нанесения) должен быть указан также в соответствующей технической документации и одновременно описан в Протоколе (Отчете) испытаний;

- организация - подрядчик огнезащитных работ (в том числе работ по ремонту ОЗП) осуществляет их сдачу в соответствии с требованиями полного комплекта необходимой проектной и действующей нормативно - технической документации на объект и ОЗС.

При разработке проекта огнезащиты (при проектировании огнезащиты) на конкретный объект, а также при разработке предприятием - производителем СО нормативно - технической и сопроводительной документации к ним (например, стандарта организации) следует учитывать следующие необходимые основные данные.

1. Для проектирования применения огнезащищенных стальных и железобетонных строительных конструкций в строительстве зданий и сооружений весьма важное значение имеет полный перечень (комплект) нормативных и сопроводительных документов для средств огнезащиты. Этот комплект должен содержать технические условия и паспорта на ОЗС, инструкцию по нанесению, сертификаты соответствия, правила приемки и методы контроля качества огнезащитных работ и др., при этом отдельные положения, понятия, методы требования, процедуры представлены в ГОСТ Р 59637 - 2021 [5].

Важное значение для эксплуатации средств огнезащиты является последующие необходимые ремонт, нанесение огнезащитных покрытий по истечению гарантийного срока эксплуатации. Эти вопросы следует отразить в одном из указанных документов.

3. Еще одним важным для проектирования огнезащиты вопросом является соответствие параметров огнезащитной эффективности, пределов огнестойкости конструкций с огнезащитными покрытиями нормативным значениям. В связи с этим, необходимо в проектную и сопроводительную документацию включать раздел, в котором был бы изложен порядок и обоснованные данные (в виде таблиц или номограмм, полученных расчетным или экспериментальным путем), учитывающие эти параметры (вид и приведенная толщина конструкций, их огнестойкость, толщина покрытий и др.).

Таким образом, представленные в статье разъяснения и мнение авторов, являющихся разработчиками ряда национальных стандартов в области огнезащиты и пожарной опасности веществ и материалов, позволят специалистам заинтересованных организаций учесть их в своей повседневной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017).
2. ГОСТ Р 53295 – 2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности».
3. ГОСТ Р 53292 – 2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования».
4. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты Обеспечение огнестойкости объектов защиты».
5. ГОСТ Р 59637 – 2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте».

УДК 614.841.41

Н. В. Смирнов, А. В. Зубань, О. В. Кривошапкина, Е. А. Поединцев
ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ И КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЛИЦОВОЧНЫХ, ДЕКОРАТИВНО-ОТДЕЛОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ ПОЛОВ

В настоящей работе представлены отдельные результаты натурных и крупномасштабных экспериментов при оценке пожарной опасности стеновых облицовочных, декоративно-отделочных материалов и покрытий полов. Получены численные значения показателей, характеризующие их воспламеняемость в условиях реального пожара.

Ключевые слова: пожарная опасность, облицовочные материалы, декоративно-отделочные материалы, покрытия пола.

N. V. Smirnov, A. V. Zuban, O. V. Krivoshapkina, E. A. Poedintsev

RESULTS OF FIELD AND LARGE-SCALE EXPERIMENTS IN ASSESSING THE FIRE HAZARD OF FACING, DECORATIVE AND FINISHING MATERIALS AND FLOOR COATINGS

This paper presents the individual results of full-scale and large-scale experiments in assessing the fire hazard of wall cladding, decorative and finishing materials and floor coverings. Numerical values of indicators characterizing their flammability under real fire conditions are obtained.

Key words: fire hazard, facing materials, decorative and finishing materials, floor coverings.

В настоящее время при оценке пожарной опасности стеновых декоративно-отделочных материалов и покрытий полов используются, главным образом, маломасштабные лабораторные методы испытаний. Такая практика распространена не только в нашей стране, но и за рубежом. Целью лабораторных методов испытаний является экспериментальное определение показателей пожарной опасности образцов с последующей классификацией материалов для задач определения области их применения и подтверждения соответствия действующим требованиям пожарной безопасности. Однако, по результатам лабораторных исследований (носят очевидный сравнительный характер) весьма проблематично предсказать поведение этих же материалов в реальных условиях пожара и эксплуатации. Пожарная опасность в реальных условиях применения облицовочных, декоративно-отделочных материалов и покрытий полов зависит, в первую очередь, от условий теплового воздействия на них [1], которые, в свою очередь, зависят от многочисленных факторов (вида и количества пожарной нагрузки, воздухообмена, функционального назначения и исполнения конструкции с конкретным материалом и др.).

Ответы на обозначенные вопросы могут дать натурные (крупномасштабные) эксперименты, целью и задачами которых являются:

- исследование пожара в помещении;
- определение и контроль тепловых потоков, воздействующих на конструкции стен, потолков, полов;
- изучение поведения облицовочных, декоративно-отделочных материалов и покрытий полов в реальных условиях пожара и эксплуатации в конкретных помещениях;
- контроль и фиксация показателей, характерных для процессов термического разложения и горения исследуемых материалов (показателей воспламеняемости и распространения пламени (огня) по поверхности, дымообразования, выделения (потребления) токсичных газов (кислорода), тепловыделения).

При исследовании пожара в помещении, как правило измеряются температуры в определенных точках объема помещения очага пожара и в смежных помещениях с последующим определением среднеобъемных значений. Кроме того, фиксируются, например, моменты “общей вспышки”, вскрытия оконного остекления, потери видимости и др. Главными же задачами натурных (крупномасштабных) экспериментов является измерение в динамике тепловых потоков, воздействующих на конструкции стен, потолков и полов помещений очага пожара и смежных с ним помещений и поведения смонтированных облицовочных, декоративно-отделочных материалов и покрытий полов для последующего обоснования как условий теплового воздействия при испытаниях на маломасштабных (лабораторных) установках,

так и области применения в зданиях (помещениях) различного функционального назначения.

В работе [2] представлены результаты натурных и крупномасштабных экспериментов, проведенные на установках “Фрагмент высотного здания” и “Комната-коридор”, соответственно. В качестве пожарной нагрузки использовалась комнатная мебель и древесина сосны влажностью 12-16 %, уложенная в виде штабелей. С учетом анализа типовой мебели гостиничного номера удельные значения пожарной нагрузки составляли до $40 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$.

В рамках натурных и крупномасштабных экспериментов исследовались поведение и пожарная опасность стенового антипирированного декоративного бумажно-слоистого пластика (АДБСП) и линолеума ПВХ. В ходе экспериментов определялись время задержки воспламенения $\tau_{зв}$, критическая плотность теплового потока воспламенения $q_{кр}^B$, критическая плотность теплового потока прекращения распространения пламени по поверхности, тепловые потоки, воздействующие на участки стены и пола, расположенные напротив дверного проема помещения очага пожара (нулевое сечение). Экспериментально установлено, что максимальные значения тепловых потоков (q_{max}) в нулевом сечении стены коридора при удельной пожарной нагрузке в помещении очага пожара $30 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$, а конструкции пола - $16 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$. Критические значения плотности теплового потока воспламенения АДБСП и линолеума ПВХ составили $34,0 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ и $22,2 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$.

Следует отметить, что представленные экспериментальные данные получены для коридора высотой 3,0 м. Для коридора высотой 2,5 м экспериментальные данные уже будут отличаться примерно на 10-15 % в сторону повышения значения воздействующих на конструкции тепловых потоков и снижения значений критической плотности теплового потока воспламенения, т.е. применяемые стеновые декоративно-отделочные материалы при уменьшении высоты коридора становятся более пожароопасными. Так, например, в отдельных экспериментах при высоте коридора $H_{кор}=3 \text{ м}$ АДБСП не воспламенился, обуглился до 1,1 м от уровня пола, а при $H_{кор}= 2,5 \text{ м}$ АДБСП воспламенился на 7-й минуте и выгорел полностью.

Представляет научный и практический интерес аналитическая оценка характерной продолжительности пожара ($\tau_{п}$) с последующим сравнением с результатами экспериментов. $\tau_{п}$ при пожаре с однородной пожарной нагрузкой в помещении очага “Фрагмента высотного здания” можно определить по формуле [3]:

$$\tau_{п} = \frac{G_{п} Q_{н}^p}{6285 \sum_{i=1}^n A_i \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n A_i h_i^{пp}}{\sum_{i=1}^n A_i}}}$$

где: $G_{\text{п}}$ – масса всей пожарной нагрузки в помещении очага пожара; A_i – площадь i -го проема помещения, м^2 ; $h_i^{\text{Пр}}$ – высота i -го проема помещения, м ; $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – низшая рабочая теплота сгорания, $\text{МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Помещение очага пожара имеет 2 проёма размерами $1,0 \times 2,0$ м (дверной проём) и $2,0 \times 1,2$ м (оконный проём).

В результате оценочных расчетов по представленной формуле установлено, что $\tau_{\text{п}} = 0,24$ часа. С учетом полученного значения $\tau_{\text{п}}$ и анализа работ [4, 5] установлено, что максимальное значение суммарного теплового потока на нулевом участке коридора составляет $41,0 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ (соответствует величине удельной пожарной нагрузке $G_{\text{уд}} = 36 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$).

Таким образом, представленные результаты натурных и крупномасштабных экспериментов, аналитической оценки характерной продолжительности пожара позволяют наиболее полно осуществлять оценку пожарной опасности стеновых облицовочных, декоративно-отделочных материалов и покрытий полов, обосновать режимы теплового воздействия на образцы строительных материалов в лабораторных условиях и область их допустимого применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н. В. Смирнов, А. В. Зубань, О. В. Кривошапкина, Е. А. Поединцев «К вопросу об условиях испытаний строительных материалов на пожарную опасность» Сборник тезисов докладов XII Международной конференции «Полимерные материалы пониженной горючести» 9-12 сентября 2025 г. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025 г., стр. 192-196.
2. Смирнов Н.В. Прогнозирование пожарной опасности материалов [Текст]: дис. докт. техн. наук 05.26.03 защищена 2002: утв.../ Смирнов Николай Васильевич. – М., 202-273 с.
3. Рекомендации по методам расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения. - М.: ВНИИПО, 1988. – 56 с.
4. Астепенко В. М., Кошмаров Ю. А., Молчадский И. С., Шевляков А. Н. Термодинамика пожара в помещениях. – М. Стройиздат, 1988. – 448 с.
5. Молчадский И. С. Пожар в помещении. – М.: ВНИИПО, 2005. – 456 с.

УДК 614.842/.847

О. Н. Сони́на, А. Г. Бубнов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ

Авторами проведено исследование структуры систем нормативно-правового обеспечения пожарной безопасности в России, США, Великобритании и Германии. Описание действующей нормативной базы, систем стандартизации и главных участников процесса позволило выявить основные преимущества и «слабые стороны» отечественной системы, сформулировать направления её совершенствования.

Ключевые слова: пожарная безопасность, правовое регулирование, нормы пожарной безопасности, стандартизация.

O. N. Sonina A. G. Bubnov

COMPARATIVE ANALYSIS OF LEGAL REGULATION SYSTEMS FOR FIRE SAFETY IN RUSSIA AND FOREIGN COUNTRIES

The authors carried out an investigation into the structure of legal frameworks governing fire safety in Russia, the United States, Great Britain, and Germany. Describing the current regulatory base, standardization systems, and key stakeholders enabled them to identify the main advantages and weak points of the domestic system, formulating major directions for its improvement.

Keywords: fire safety, legal regulation, fire safety standards, standardization.

Национальная система нормирования пожарной безопасности (ПБ) – мощный инструмент, позволяющий государству решать ряд задач, связанных с защитой населения, материальных ценностей и объектов от угроз, обусловленных возникновением и распространением пожаров [1].

Целью исследования был структурный анализ действующих в России и некоторых зарубежных странах систем нормативно-правового обеспечения ПБ.

В основе каждой национальной системы нормирования ПБ лежат нормативно-правовые акты, обеспечивающие единые требования к проектированию, строительству и эксплуатации объектов защиты различного назначения, средствам и методам профилактики возгорания, системам оповещения и предотвращения распространения пламени, порядку действий в случае возгорания. Структура, содержание, иерархичность законов и кодексов определяется особенностями национальных систем [2].

Например, в России правовые, экономические и социальные основы обеспечения ПБ и принципы технического регулирования в данной сфере определяются федеральными законами и техническими регламентами. Вся система четко структурирована, иерархична (федеральный закон → свод правил → ГОСТ), действующие редакции нормативно-правовых актов обязательны к исполнению органами государственной власти, органами местного самоуправления, общественными объединениями, юридическими лицами (организации), должностными лицами, гражданами (физическими лицами), в том числе индивидуальными предпринимателями. Добровольность применения документов о стандартизации, декларируемая ст.4 ФЗ-162 «О стандартизации»¹ и ст.16.1 ФЗ-184 «О техническом регулировании»² распространяется на стандарты ПБ до того момента, пока эти нормы не включены в федеральные законы в качестве обязательных к исполнению.

В правовом поле большинства европейских стран содержатся аналогичные законодательные акты, обеспечивающие нормативно-правовое обеспечение ПБ. Например, своего рода аналогами российского ФЗ-123 «Технический регламент о пожарной безопасности»³ можно считать американский кодекс U.S. Fire Code (NFPA 1, 2024 Edition), британский Regulatory Reform (Fire Safety) Order 2005 (FSO) и немецкий Musterbauordnung (МВО-2023) и сопутствующие им документы, имеющие статус обязательных к исполнению частными лицами, производственными компаниями и коммерческими организациями.

Но есть и национальные отличия. Скрупулезный подход, реализованный в германской системе, многократно осложняется децентрализацией – каждая из федеральных земель модерирует МВО, вводя свои региональные строительные нормы и правила (Sonderbauverordnungen, SBO). Несомненно, немецкая модель обеспечивает высочайший уровень обеспечения ПБ, но грамотное применение правовых норм и стандартов требует от проектировщиков и владельцев зданий высокой квалификации не только в технической, но и в юридической сфере.

Одной из основных задач, решаемых системой стандартизации с сфере обеспечения ПБ можно считать повышение уровня безопасности жизни и здоровья людей и защиту имущества в случае возникновения пожара. Но не менее важной функцией стоит признать отбор из потока инноваций технологий и материалов, обеспечивающих ПБ. Российская национальная система стандартизации построена на принципе иерархичности и включает как государственные, так и отраслевые стандарты, нормы и правила. Производители на добровольной основе подтверждают соответствие производимой ими пожарно-технической продукции или выполняемых в сфере

¹ Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ (ред. 30.12.2020) «О стандартизации».

² Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ (ред. от 21.11.2022) «О техническом регулировании».

³ Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

обеспечения ПБ услуг в аккредитованных МЧС организациях, испытательных центрах и лабораториях.

Подобная схема оценки и подтверждения безопасности пожарно-технической продукции на соответствие стандартам безопасности действует и в странах с высоким уровнем обеспечения ПБ. Главное отличие состоит в том, что британская и немецкая системы стандартов – BSI и DIN соответственно – подкрепленные общеевропейской системой стандартизации ISO функционируют по принципу самокупаемости, все расходы на разработку, подтверждение, внедрение и пересмотр стандартов несут производственные, страховые компании и другие заинтересованные в этом организации. В американской системе стандартов максимальный приоритет отдается консенсусным стандартам, причем пройти процедуру подтверждения соответствия продукции заявленной системе нормирования производитель может в любом из органов аккредитации, созданных по отраслевому принципу на базе коммерческих или самофинансируемых организаций [3].

Разработка, внедрение, контроль процедуры подтверждения соответствия пожарно-технической продукции и услуг требованиям стандартов находится исключительно в ведении государства, также, как и финансирование всех расходов, связанных с функционированием этой системы. Такое императивное управление процессами нормативно-правового обеспечения ПБ, где роль регулятора отведена федеральным органам исполнительной власти (МЧС, Росстандарт, Росаккредитация, ФГБУ «Институт стандартизации») гарантирует единство подходов при осуществлении ими своих функций [4].

Включение участников процесса нормирования в процедуру стандартизации в европейских странах можно описать общим алгоритмом: негосударственные самофинансируемые организации (Британский институт стандартов – British Standards Institution – **BSI Group** – в Великобритании, Немецкий институт стандартизации – Deutsches Institut für Normung – DIN – в Германии), в сотрудничестве с научными центрами разрабатывают базовые нормы ПБ. Государственные структуры (**Министерство жилищного строительства и местного самоуправления – Department for Levelling Up, Housing and Communities** – DLUHC – в Великобритании, **Конференция министров строительства федеральных земель – Bauministerkonferenz – ARGEBAU** – в Германии) устанавливают рамочные цели безопасности и контролируют их исполнение.

По результатам анализа структуры систем правового нормирования ПБ в России можно сделать следующие выводы:

1. В России действует модель централизованного императивного управления нормированием в системе обеспечения ПБ (СОПБ). Это гарантирует единство требований к объектам и субъектам СОПБ независимо от региональных и отраслевых особенностей, но приводит к инертности всей системы в условиях активного внедрения технических инноваций.

2. В странах с западной моделью СОПБ доминирует рыночное саморегулирование процессов разработки и внедрения стандартов ПБ. В задачи государственных органов входит установление рамок действующих нормативов и контроль их выполнения всеми участниками системы.

3. Совершенствование российской национальной системы нормативно-правового регулирования ПБ с использованием лучших мировых практик позволит:

- повысить экономическую эффективность системы нормирования ПБ, переложив бремя финансирования с государственных структур на производителей пожарно-технической продукции, проектировщиков и заинтересованных лиц,
- улучшить безопасность существующих и проектируемых зданий и сооружений производственного и бытового назначения,
- повысить доступность мировых рынков для продукции отечественных производителей за счет соответствия жестким требованиям безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мочалова, Т. А. Разработка методологических основ взаимодействия надзорных органов и общественных объединений, направленных на обеспечение пожарной безопасности в торговых центрах / Т. А. Мочалова, А. А. Лазарев, О. Е. Сторонкина // Современные проблемы гражданской защиты. – 2025. – № 1(54). – С. 71-77. – EDN FVFPGN.

2. Сони́на, О. Н. Основные положения регулирования и нормирования пожарной безопасности в странах Запада / О. Н. Сони́на, А. Г. Бубнов, М. А. Колбашов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2025. – № 1(54). – С. 78-94. – EDN TBBVCV.

3. Сони́на, О. Н. Системы аккредитации организаций, обеспечивающих оценку соответствия в сфере пожарной безопасности в России, США и Великобритании / О. Н. Сони́на, А. Г. Бубнов // 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. 355-360. – EDN RWGHPY.

4. Мочалова, Т. А. К вопросу о назначении штрафов за нарушение правил пожарной безопасности при различных обстоятельствах / Т. А. Мочалова, О. Е. Сторонкина // 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 РФ, 2024. – С. 269-275. – EDN OXAMCL.

УДК 614.841.41

В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье рассмотрены имеющиеся в литературе справочные данные по пожарной опасности текстильных материалов, сопоставленные с результатами проведенных исследований. Отмечены проблемные вопросы присвоения классификационных показателей по пожарной опасности тканям различного функционального назначения.

Ключевые слова: пожарная опасность, текстильные материалы, горючесть, воспламеняемость, распространение пламени.

V. G. Spiridonova, O. G. Tsirkina

PROBLEMATIC ISSUES OF DETERMINING THE FIRE HAZARD OF TEXTILE MATERIALS

The article discusses the available literature on the fire hazard of textile materials, which is compared with the results of the conducted research. The article highlights the problematic issues of assigning classification indicators for fire hazard to fabrics of various functional purposes.

Key words: fire hazard, textile materials, flammability, ignition, flame spread.

Текстильные материалы применяются во всех сферах деятельности человека и являются одними из самых распространенных в мире. В настоящее время усилия ученых и производителей сосредоточены на повышении показателей качества текстильных материалов, в том числе снижении их пожарной опасности.

Пожарная опасность текстильных материалов в соответствии с нормативными правовыми актами складывается из горючести, воспламеняемости, способности распространения пламени по поверхности, токсичности продуктов горения и дымообразующей способности. Аналогичная классификация применяется для строительных материалов. Дальнейшее разделение на группы по перечисленным свойствам описывается отдельно для строительных и отдельно для текстильных и кожевенных материалов, однако содержится в одной статье федерального закона, что затрудняет восприятие информации [1]. Кроме того, одно и то же свойство в зависимости от степени его выраженности для строительных и для текстильных материалов имеет

разное обозначение. Для проведения исследований и оценки соответствия важно определить перечень показателей для конкретного вида материала, что проще сделать при схематичном представлении информации (рисунок).



Рисунок. Свойства, характеризующие пожарную опасность строительных, текстильных и кожевенных материалов

Вместе с тем, перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности текстильных и кожевенных материалов варьируется в зависимости от функционального назначения: если воспламеняемость должна быть определена для всех тканей, то распространение пламени необходимо оценивать только для элементов мягкой мебели и ковровых покрытий, а токсичность продуктов горения и дымообразующую способность – для штор и занавесов, элементов мягкой мебели и ковровых покрытий. Помимо этого, оценка пожарной опасности специальной защитной одежды включает два показателя, ранее не упомянутых в классификации: устойчивость к воздействию теплового потока и теплозащитная эффективность при воздействии пламени [1, 2].

Для качественной оценки пожарной опасности объектов, моделирования пожаров, расчетов систем пожарной безопасности на этапах проектирования и реконструкции объектов, на которых пожарная нагрузка представлена текстильными материалами, важно знать как показатели пожарной опасности

материалов, так и закономерности возгорания материала в зависимости от физико-химических свойств, вида отделки и сферы применения. В связи с этим в настоящее время проводится анализ существующих справочных данных о пожароопасных свойствах тканей, а также исследования с целью их дополнения, расширения и систематизации с использованием электронных ресурсов [3].

Основной объем справочных данных по пожаровзрывоопасности веществ и материалов содержится в справочниках под редакцией А. Н. Баратова и А. Я. Корольченко. Для натуральных волокон растительного происхождения основные параметры представлены в табл. 1 [4-6].

**Таблица 1. Справочные данные
по пожаровзрывоопасности натуральных целлюлозных волокон**

Вид волокна	Горючесть	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени, г/м ³	Максимальное давление взрыва, кПа	Скорость нарастания давления при взрыве, МПа/с	Температура тления, °С	Минимальная энергия зажигания, мДж
Хлопок	горючее	210	407	-	630	12,9 – 17,5	205	25
Лен	вещество	200	430	52	660	32,5 – 46,7	200	25

Натуральные волокна животного происхождения представлены шерстью. Перечень пожароопасных свойств шерсти расширен за счет включения величины кислородного индекса (табл. 2) [7].

**Таблица 2. Справочные данные по пожаровзрывоопасности
натуральных волокон животного происхождения**

Вид волокна	Горючесть	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Кислородный индекс, %
Шерсть	горючее	200	570	22,4 – 25,2

Для искусственных волокон, общий перечень которых в справочных изданиях включает 19 наименований, определены аналогичные показатели, за исключением температуры тления и минимальной энергии зажигания. Волокна с наибольшим количеством установленных параметров пожаровзрывоопасности рассмотрены в табл. 3 [6, 8].

Анализ представленных данных показывает, что степень горючести натуральных и искусственных волокон описывается тремя показателями – горючее, трудногорючее, негорючее, что полностью соответствует требованиям к классификации веществ и материалов (за исключением строительных, текстильных и кожевенных) по пожарной опасности [1].

**Таблица 3. Справочные данные по пожаровзрывоопасности
некоторых искусственных волокон**

Вид волокна	Горючесть	Темпе- ратура воспла- менения, °С	Темпе- ратура самовос- пламене- ния, °С	Нижний концентра- ционный предел распро- странения пламени, г/м ³	Макси- мальное давление взрыва, кПа	Скорость нарастания давления при взрыве, МПа/с	Кисло- родный индекс, %
Асбест	негорючее						
Вискозное	горючее	235	460	42	650	19	18,9
Капрон	горючее	395	440	32	-	-	23
Нейлон	горючее	-	500	30	690	49	24
Нитрон	горючее	200	505	49	730	20	-
Оксалон	горючее	340	570	-	-	-	-
Хлорвини- ловое	трудного- рючее	-	-	-	-	-	40 – 50

Кроме характеристики волокон, в справочной литературе содержатся сведения о пожарной опасности тканей различного состава и функционального назначения. В табл. 4 рассмотрены образцы тканей, в состав которых входят волокна, описанные в табл. 1-3 [5-8].

Таблица 4. Справочные данные по пожарной опасности тканей

Наименование	Состав	Общая характеристика пожарной опасности	Группа горючести	Группа воспламеня- емости	Индекс распростра- нения пламени
Ткань Репс	вискоза 100 %	горючий материал	Г4	-	83
Ткань «Равентух» суровая	лен 100 %	горючий материал	Г4	-	137,8
Ткань «Равентух» полульняная	лен 40 %, хлопок 60 %	горючий материал	Г4	-	94,5
Ткань «Москвичка» суконная полушерстяная мебельная	шерсть 32 %, капрон 10 %, медноаммиачное волокно 58 %	горючий материал	Г4	-	108,6
Ткань из волокна «Оксалон С»	оксалон 100 %	горючий материал	Г4	-	6,0
Ткань асбестовая	асбест 100 %	негорючий материал			
Ткань «Авизент»	лен 70 %, хлопок 30 %	горючий материал	Г4	В3	70,4
Ткань «Миткаль» суровый технический	хлопок 100 %	горючий материал	Г3	-	81

Основным показателем для характеристики тканей является группа горючести, определение которой не предусмотрено для текстильных материалов в соответствии с Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности [1]. В утвержденном Правительством РФ Перечне национальных стандартов [9] также отсутствует нормативный документ, позволяющий отнести образец ткани к одной из групп горючести, а имеющийся ГОСТ 30244-94 распространяется только на строительные материалы [10]. Ткань «Авизент» также имеет обозначение группы воспламеняемости ВЗ, применимое только для горючих строительных материалов.

Помимо применимости тех или иных показателей, стоит обратить внимание на их характеристику. К примеру, ткань «Авизент» определена как сильногорючая (Г4), а ткань «Миткаль» имеет группу горючести ГЗ – нормальногорючая. Однако результаты проведенных с использованием различных методов исследований для данных тканей показали, что «Миткаль» обладает более высокими пожароопасными свойствами, чем «Авизент» (таблица 5) [11, 12].

*Таблица 5. Сравнение пожароопасных свойств текстильных материалов
«Авизент» и «Миткаль»*

Ткань	Кислородный индекс, %	Время прожига, с	Скорость распространения пламени, мм/с		Тепловой эффект, Дж/г	Процент потери массы, %
			по вертикали	по горизонтали		
«Авизент»	21,3	2,5	22,4	1,22	1905	95,3
«Миткаль»	18	0,5	30,1	3,51	2995	99,1

Таким образом, имеющиеся справочные данные по показателям пожарной опасности текстильных материалов не соотносятся с требованиями нормативных правовых актов и не соответствуют результатам исследований пожароопасных свойств с применением методов оценки кислородного индекса, скорости распространения пламени и термического анализа. Поскольку ткани используются повсеместно и присутствуют практически на любом объекте защиты, наличие актуальных и широких сведений о поведении текстиля в условиях огневого воздействия и температурного нагрева может использоваться для установления места возникновения пожара и особенностей его распространения, в том числе при проведении пожарно-технической экспертизы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Куликова Е.Л. Определение перечня показателей, используемых для оценки пожарной опасности текстильных материалов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов VII

Международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 г.
Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. С. 394-399.

3. Циркина О.Г. Актуализация справочной информации о показателях пожарной опасности текстильных материалов / О.Г. Циркина, В.Г. Спиридонова, А.Х. Салихова [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 1 (54). С. 135-144.

4. Клубань В.С., Петров А.П., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса. М.: Стройиздат, 1987. 477 с.

5. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. Ч. 2. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. 774 с.

6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. издание: в 2 книгах; кн. 1 / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. М.: Химия, 1990. 496 с.

7. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. издание: в 2 книгах; кн. 2 / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. М.: Химия, 1990. 384 с.

8. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. Ч. 1. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. 713 с.

9. Распоряжение Правительства РФ от 10.03.2009 № 304-р «Об утверждении перечня национальных стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и осуществления оценки соответствия».

10. ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть».

11. Использование методов термического анализа для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон / В.Г. Спиридонова [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 5 (389). С. 92-97.

12. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г. Оценка величины кислородного индекса тканей из природных целлюлозных волокон // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2022. № 1. С. 317-320.

УДК 667.657.4

А. С. Старостенков, Н. А. Апанович

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ПЕНОКОСОВОГО СЛОЯ ИНТУМЕНСЦЕНТНОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

Изучено влияние армирующих наполнителей методом сканирующей электронно-зондовой микроскопии на огнезащитную эффективность интумесцентного покрытия. Было установлено, что углеродные наполнители могут являться армирующим наполнителем вспучивающихся покрытий и улучшают огнезащитные свойства.

Ключевые слова: интумесцентные покрытия, углеродные нанотрубки, коэффициент вспучивания, армирование.

A. S. Starostenkov, N.A. Apanovich

THE EFFECT OF CARBON NANOTUBES CONCENTRATION ON THE STRUCTURE OF FOAM LAYER OF AN INTUMESCENT FIRE RESISTANT COATING

The effect of reinforcing fillers on the fire-protective efficiency of intumescent coating was studied by scanning electron probe microscopy. It was found that carbon fillers can be an reinforcing filler of intumescent coatings and improve the fire-protective properties.

Keywords: intumescent coatings, carbon nanotubes, swelling coefficient, reinforcement.

Социальное и экономическое развитие общества в последние годы, которое обусловлено в том числе и ростом численности населения, обостряет проблемы, связанные с обеспечением пожарной безопасности зданий и сооружений.

Огнезащита строительных конструкций представляет собой широкую систему мероприятий, направленных на обеспечение пожарной опасности зданий и сооружений. Однако применительно к стальным и железобетонным конструкциям понятие «огнезащита» очень часто имеет более конкретное значение – использование огнезащитных покрытий. На сегодняшний день наибольший интерес представляют огнезащитные лакокрасочные материалы, образующие покрытия интумесцентного типа. Отличительной особенностью покрытий на основе таких материалов является то, что под воздействием

высоких температур, вызванных горением, покрытия формируют пенококсовый карбонизированный слой, обладающий низкой теплопроводностью, что и обеспечивает временную защиту металлоконструкций при пожаре.

Эффективность огнезащитных свойств пенококсового слоя зависят от следующих факторов [1-2]:

- кинетики и условий образования пенококсового слоя;
- его состава, строения;
- жесткости коксового слоя, его термостабильности и теплопроводности;
- его общей толщины и др.

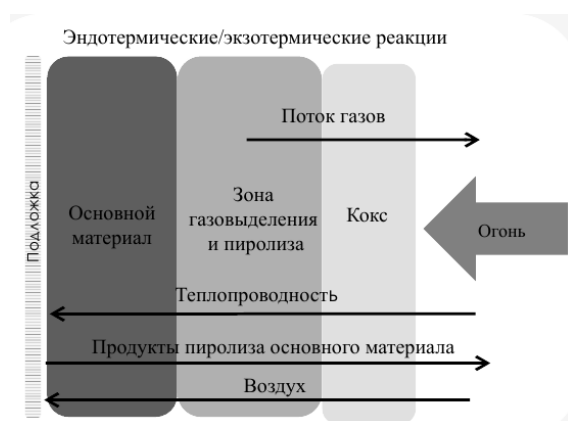


**Рис. 1. Принципиальная
схема протекания реакций
при процессе
коксообразования**

Известно, что формирование кокса – это сложный процесс, состоящий из множества накрывающихся друг на друга явлений, наиболее значимым из которых является реакция термоокисления. Данную реакцию можно охарактеризовать числом Сполдинга, которое, по сути, описывает массообмен и массоперенос в ходе термоокисления: чем выше его значение, тем более глубоко протекает процесс коксообразования [3].

Изолирующий пенококсовый слой также должен обладать прочностью и стабильностью, что в конечном итоге и определяет его огнезащитные свойства. Для обеспечения этих свойств используются различные армирующие анизотропные наполнители. Наиболее перспективными наполнителями, на наш взгляд, считаются углеродные нанотрубки, так как они термостабильны до предела в 700 °С, а их склонность к образованию межмолекулярных связей, что обеспечивает явление структурирования в полимерных матрицах хорошо известна [4, 5].

Нами было высказано предположение, что в условиях формирования пенококса вследствие образования упорядоченных структур будет наблюдаться рост прочностных характеристик материала.

При этом армирующий эффект будет определяться концентрацией армирующего наполнителя (углеродных нанотрубок) в интумесцентном покрытии.

Были изготовлены образцы органоразбавляемой огнезащитной интумесцентной краски с различным содержанием углеродных нанотрубок. Образцы наносились на стальные пластины, толщиной сухого слоя покрытия 400-450 мкм. Нанесение и формирование покрытия осуществлялось при следующих условиях: температура 18-25 °С, влажность окружающего воздуха 55-65 %.

Время формирования покрытия составило 21 день.

После полного формирования покрытия определялись его огнезащитные характеристики. В качестве параметра для оценки указанных свойств был выбран коэффициент вспучивания огнезащитного покрытия (K), который представляет собой отношение толщины вспененного образца материала (в мм) [6].

Для оценки армирующего эффекта углеродных нанотрубок была проведена оценка сопротивления полученного коксового слоя статической нагрузке. Для этого к полученному пенокосовому слою прикладывалась статическая нагрузка величиной 0,15 кг. Определялся коэффициент вспучивания покрытия – K_1 , который представляет собой отношение толщины вспененного образца после приложенной нагрузки к начальной толщине и оценивалось изменение коэффициента вспучивания – K_1/K (приведенный коэффициент вспучивания). Результат определения коэффициентов вспучивания приведен в таблице.

Таблица. Коэффициенты вспучивания огнезащитных покрытий

Концентрация углеродных нанотрубок, % масс.	Коэффициент вспучивания K	Коэффициент вспучивания K_1 , при приложенной нагрузке	Приведенный коэффициент вспучивания K_1/K	Отношение приведенного коэффициента вспучивания с углеродными нанотрубками к исходной системе
0	113,5	104,1	0,917	1,00
0,005	112,0	105,7	0,944	1,03
0,01	111,5	109,5	0,982	1,07
0,03	120,8	112,9	0,935	1,02
0,05	116,0	102,4	0,883	0,96
0,07	123,0	100,0	0,813	0,89

Как видно из полученных данных, при введении углеродных нанотрубок в количестве до 0,05 % масс. улучшается коэффициент вспучивания при приложенной нагрузке. При этом относительное приращение коэффициента составляет около 7 %, что, вероятно, связано с образованием структуры на основе углеродных нанотрубок при термоокислительной реакции формирования изолирующего пенококса.

В тоже время увеличение содержания этих трубок свыше 0,05 % масс. приводит к ухудшению армирующего эффекта. По-нашему мнению это может быть связано с тем, что в этих случаях их концентрация настолько велика, что они образуют отдельную структуру, которая не в полной мере совмещается со структурой пенококса.

Полученный пенокосовый слой был исследован с помощью метода сканирующей электронно-зондовой микроскопии. Из вспененного кокса вырезали образцы размером 3*3*3 мм, которые изучали с помощью растрового электронного микроскопа. Образцы крепили на графитовый держатель при помощи двухстороннего проводящего скотча, затем обдували слабым потоком воздуха и напыляли на них в вакууме слой углерода толщиной порядка 100–50 Å [7].

Фото представлены на рис. 2-5.

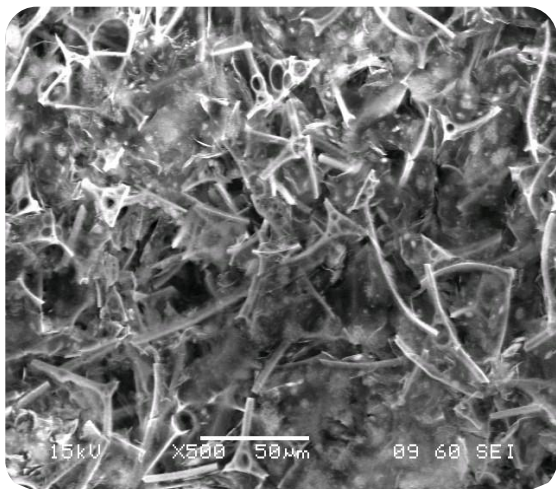


Рис. 2. Электронно-зондовая микроскопия образца пенокосового слоя без углеродных нанотрубок

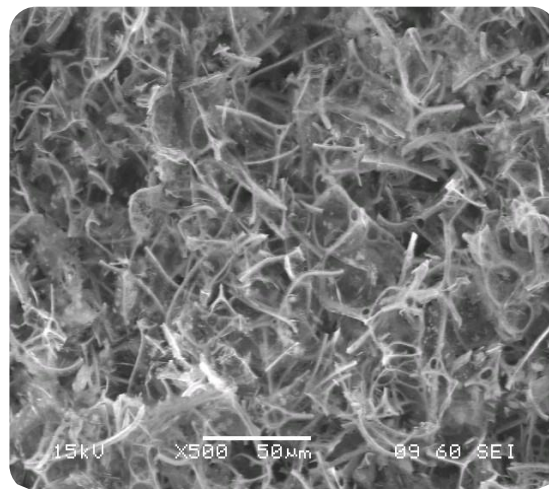


Рис. 3. Электронно-зондовая микроскопия образца пенокосового слоя с содержанием углеродных нанотрубок 0,01 %

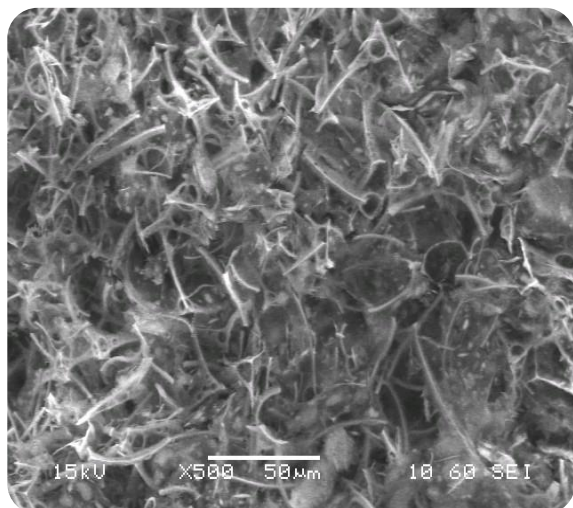


Рис. 4. Электронно-зондовая микроскопия образца пенокосового слоя с содержанием углеродных нанотрубок 0,03 %

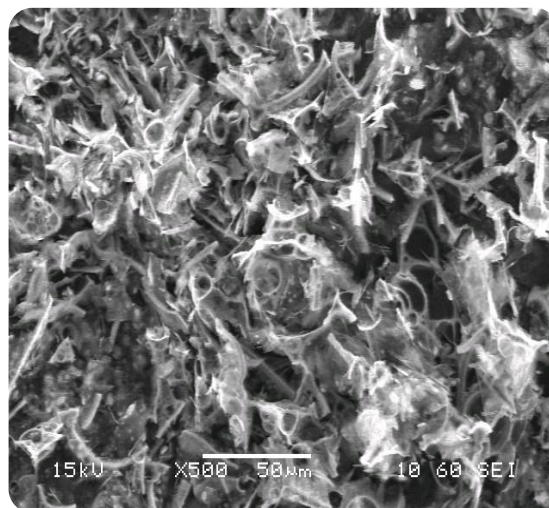


Рис. 5. Электронно-зондовая микроскопия образца пенокосового слоя с содержанием углеродных нанотрубок 0,07 %

Таким образом, можно сделать вывод, что введение армирующих наполнителей (в частности углеродных нанотрубок) влияет на огнезащитную эффективность покрытия. Для получения оптимальных характеристик, а именно коэффициента вспучивания, структуры пенококсового слоя и огнезащитной эффективности их массовое содержание должно быть жестко регламентировано. При оптимальной концентрации углеродных нанотрубок повышается огнезащитная эффективность покрытия, что позволяет повысить несущую способность стальных конструкций при воздействии высоких температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.В. Павлович, А.С. Дринберг, Л.Н. Машляковский. Огнезащитные вспучивающиеся лакокрасочные покрытия. - М.: ЛКМ Пресс, 2018 - 488 с.
2. Шакиров Н. Р., Абросимова Л. Ф., Шакирова О. Г. Двухкомпонентные огнезащитные лакокрасочные материалы интумесцентного типа на основе эпоксидных связующих // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 1, С.101-105.
3. Халтуринский Н.А., Попова Т.В., Берлин А.А. // Успехи химии. 1984. Т. 53, №2. С. 326-346.
4. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000. 672с.].
5. Богатырева Г.П., Ильницкая Г.Д. Физико-химические свойства углеродных нанотрубок // Физика и техника высоких давлений 2013, Т. 23, №2. С. 34-39.
6. ГОСТ Р 59637-2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 22 с.
7. Ненахов С.А., Пименова В.П., Натейкина Л.И. Влияние наполнителей на структуру пенококка на основе полифосфата аммония. // Пожаровзрывобезопасность. -2009.-Т.18, №8.-С.51-58.

УДК 542.8

О. Е. Сторонкина, Т. А. Мочалова, О. Н. Сони́на

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ В ЭКСПЕРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ДЕЛАМ О ПОЖАРАХ НА АВТОТРАНСПОРТЕ

В статье представлены результаты исследования обгоревших фрагментов полимерных материалов обшивки автомобиля с использованием метода инфракрасной спектроскопии.

Ключевые слова: инфракрасная спектроскопия, полимерные материалы, обгоревшие фрагменты, экспертные исследования.

O. E. Storonkina, T. A. Mochalova, O. N. Sonina

USE OF IR SPECTROSCOPY IN EXPERT STUDIES OF MOTOR VEHICLE FIRE CASES

This article presents the results of a study of charred fragments of polymeric materials from vehicle trim using infrared spectroscopy.

Key words: infrared spectroscopy, polymeric materials, charred fragments, expert analysis.

Анализ статистических данных о пожарах на автотранспорте демонстрирует тенденцию к увеличению количества возгораний, происходящих в автомобилях. В более чем 30 % случаев первичное горение возникает в салоне транспортного средства, где основными источниками пожарной нагрузки являются полимерные материалы, используемые для внутренней отделки и звукоизоляции. Ключевым недостатком этих материалов является их низкая термостабильность и повышенная воспламеняемость, что в редких случаях позволяет классифицировать их как трудновоспламеняемые.

Исследование полимерных материалов, применяемых в отделке автомобилей, может предоставить ценную информацию не только о динамике развития пожара, но и о его причинах. Современные методики расследования подобных инцидентов классифицируют полимерные материалы как объекты-носители, на которых выявление привнесенных поджигающих составов различной химической природы представляет значительную сложность из-за наличия большого количества мешающих компонентов [1]. В связи с этим экспертиза пожаров, связанных с горением полимерных материалов, относится к числу наиболее сложных видов экспертных исследований. Наиболее эффективным методом для анализа полимеров, подвергшихся тепловому воздействию, является метод инфракрасной спектроскопии (далее – ИК-спектроскопия) [2].

В процессе проведения экспертизы в ряде случаев возникает необходимость идентификации конкретного типа полимерного материала. Главной задачей при проведении пожарно-технической экспертизы является отнесение объекта исследования к конкретному изделию. Осуществить качественную, полную и логически обоснованную экспертизу можно при условии правильного применения методов исследования и обработки полученных результатов.

Цель проведенного исследования заключалась в установлении причины пожара на автотранспорте путем идентификации полимерных материалов, подвергшихся тепловому воздействию, методом инфракрасной спектроскопии [3].

В данной работе в качестве образцов для проведения исследования использовались полимеры, часто используемые для изготовления мягких деталей автокресел, деталей обшивки салона и шумоизоляции.

В ходе работы были получены инфракрасные спектры органических материалов (полимеров), присутствующий в отделке салона автомобиля: полипропилен, вспененный полиуретан, хлоропреновый каучук, ватин.

Для моделирования нагрева исследуемых образцов использовалась муфельная печь ПМ-14М1-1200. Температурный нагрев проводился до 600 градусов Цельсия с шагом 100 градусов Цельсия. Данный шаг брался для получения более наглядных и понятных спектров. Выдержка образцов при тепловом воздействии составляла около 10 минут. В дальнейшем образцы вынимались из муфельной печи и проводился их отбор для проведения

исследований с помощью аналитических весов. Далее проводилось исследование при помощи ИК-спектроскопии [3].

Этот метод позволяет проводить исследования образцов, находящихся в различном состоянии: твердом (пленки и порошки), жидком (растворы и жидкости). Приготовление образцов зависит от поставленной задачи. В данной работе использовался метод прессования с бромистым калием.

Для подготовки к анализу образец подвергают тщательному измельчению и смешиванию с порошкообразным бромидом калия. Полученную смесь прессуют в виде таблеток, используя специализированную пресс-форму и поддерживая вакуум (до 0,1 Па). Под воздействием высокого давления частицы бромида калия деформируются, формируя прозрачную основу, равномерно распределяющую исследуемое вещество. Величина давления, необходимая для агломерации частиц бромида калия, должна превышать 550 МПа.

В ходе работы были получены инфракрасные спектры органических материалов (полимеров), присутствующий в отделке салона автомобиля: полипропилен, вспененный полиуретан, хлоропреновый каучук, ватин.

Для количественной оценки степени термического поражения полимерных материалов при нагревании были рассчитаны спектральные критерии.

Для сравнения были выбраны полосы поглощения 1723 см^{-1} и 2853 см^{-1} , которые присутствуют, как минимум, в виде плеча во всех рассмотренных спектрах. Для полипропилена спектральный критерий $S=D_{1723}/D_{2853}$ представлен в табл. 1.

Таблица 1. Спектральный критерий полипропилена

T, °C	100	200	300	400	500	600
S	0,77	0,83	0,78	0,9	0,98	1

Для вспененного полиуретана для сравнения выбраны полосы поглощения 1711 см^{-1} и 2868 см^{-1} , которые также присутствуют в виде плеча во всех рассмотренных спектрах. Спектральный критерий $S=D_{1711}/D_{2868}$ вспененного полиуретана приведен в табл. 2.

Таблица 2. Спектральный критерий вспененного полиуретана

T, °C	100	200	300	400	500	600
S	0,94	0,92	0,87	0,93	0,74	0,86

Для хлоропренового каучука спектральный критерий составил $S=D_{1725}/D_{2877}$ в диапазоне полос поглощения 1725 см^{-1} и 2877 см^{-1} , которые присутствуют, как минимум, в виде плеча во всех рассмотренных спектрах (табл. 3).

Таблица 3. Спектральный критерий хлоропренового каучука

T, °C	100	200	300	400	500	600
S	0,96	0,88	0,89	0,94	0,93	1

Для ватина были выбраны полосы поглощения 2926 см^{-1} и 1650 см^{-1} которые присутствуют в виде плеча во всех рассмотренных спектрах. Рассчитанный спектральный критерий для этих длин волн $S=D_{2926}/D_{1650}$ представлен в табл. 4.

Таблица 4. Спектральный критерий ватина

T, °C	100	200	300	400	500	600
S	1,02	1,02	1,03	1,08	0,95	1,01

Проведенные экспериментальные исследования полимеров, используемых в качестве отделочных материалов салона автомобиля показали, что ИК-спектроскопия позволяет выявить изменения в химическом составе материала, связанные с термическим разложением и частичным сгоранием. Это включает обнаружение характерных пиков, связанных с появлением новых функциональных групп или изменением исходных структур.

Полученные результаты исследования методом ИК-спектроскопии внедрены в НИР ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области 3-2025 «Формирование базы данных ИК-спектров веществ и материалов, в том числе подвергшихся термической деструкции».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shabarova P. S. Study of the involvement of smoldering tobacco product to fire when identifying the causes of vehicle fire / P.S. Shabarova, O.E. Storonkina, T.A. Mochalova // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, ИПСА ГПС МЧС России, 21 марта 2024 года, 2024. – Р. 288-291. – EDN DEZDXI.

2. Мартынов И.М. Применение метода инфракрасной спектроскопии в области пожарно-технической экспертизы / И.М. Мартынов, А.А. Воронцова, Н.А. Таратанов // Пожарная и аварийная безопасность: сб. материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 29–30 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС РФ, 2018. – С. 165-168. – EDN GYXVIR.

3. П.В. Соловьева Возможности использования ИК-спектроскопии для исследования обгоревших полимеров при выявлении причин возгорания автотранспортных средств / П.В. Соловьева, О.Е. Сторонкина, Т.А. Мочалова, О.Н. Сониная // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: Сб. материалов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 27 февраля 2025 года. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС РФ, 2025. – С. 311-314. – EDN QLKLHV.

УДК 342.92

О. Е. Сторонкина, Н. А. Николаева

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье представлена модель проведения информирования в области пожарной безопасности, посредством видеороликов, созданных с помощью искусственного интеллекта.

Ключевые слова: нейросети, информирование, пожарная безопасность.

O. E. Storonkina, N. A. Nikolaeva

IMPROVING A MODEL FOR CONDUCTING FIRE SAFETY AWARENESS

This article presents a model for conducting fire safety awareness campaigns using videos created using artificial intelligence.

Key words: neural networks, awareness campaigns, fire safety.

Население нуждается в постоянном разъяснении правил пожарной безопасности. Зачастую, когда чрезвычайная ситуация уже произошла, люди оказываются беспомощными в виду незнания алгоритмов правильного поведения в сложившихся условиях. Наибольший вклад в минимизацию рисков возникновения пожаров, гибели и травматизма людей вносит реализация профилактических мероприятий. Информация в области пожарной безопасности должна привлекать внимание людей. Для этого она должна видоизменяться по форме, но не по содержанию. Сообщения не должны быть устаревшими и надоевшими [1, 2].

Немаловажную роль в данном контексте играет использование видеороликов в качестве информирующего средства. Такой формат помогает поддерживать внимание, стимулирует интерес, способствует вовлечению в обучающий процесс [3].

В связи, с чем целью настоящей работы является совершенствование модели проведения информирования в области пожарной безопасности, посредством видеороликов, созданных с помощью искусственного интеллекта.

При изучении текущей модели проведения информирования населения на примере ООО «УАЗ» оказалось, что в работе по информированию работников УАЗа в области пожарной безопасности существует ряд проблем, среди которых:

- формальный подход к проведению мероприятий, связанных с информированием населения,
- использование «традиционной» устаревшей модели информирования,
- недостаточная наполняемость информационными материалами имеющихся в распоряжении ресурсов,
- низкий уровень мотивации и вовлеченности работников в вопросы собственной безопасности.

В рамках предварительного анкетирования сотрудников предприятия по проблемам пожарной безопасности респондентам были заданы вопросы о просмотре видеороликов как приемлемом методе противопожарной пропаганды и заинтересованности в просмотре ролика по пожарной безопасности, созданного при помощи нейросетей, а также о периодичности показа таких видеороликов.

Анкетирование показало, что большинство респондентов не определились с мнением о видеороликах как методе противопожарного информирования, тем не менее, довольно большое количество опрошенных выразили некоторую заинтересованность в использовании нейросетей в их создании. При этом в вопросе о периодичности показа видеороликов наблюдался довольно большой разброс мнений, но наибольшее количество респондентов высказались за еженедельный показ подобных роликов.

На основе результатов проведенного анкетирования были организованы мероприятия по созданию видеороликов с использованием искусственного интеллекта. Тематика роликов была выбрана в зависимости от наименьшего количества положительных ответов по вопросам пожарной безопасности, таких как: соблюдение правил пожарной безопасности при проведении лакокрасочных работ, правила безопасности по окончании рабочего дня, требования к эвакуационным путям, правила при работе с электричеством и соблюдение норм безопасности при проведении сварочных работ.

При создании видеороликов было применено два алгоритма: полностью авторский вариант и использование фрагмента фильма с заменой лица.

На рис. 1 представлена схема алгоритма создания видеоролика с использованием технологии DeepFake [1, 3]. Видеоролик о правилах пожарной безопасности при работе с электричеством был произведен на основе фрагмента советского короткометражного фильма «Пожара не будет» с использованием изображения популярного персонажа из фильма с лицом человека, проводящего профилактическую работу на предприятии. Ролик генерировался через нейросеть FaceFusion. Затем ролик был обрезан до нужных кадров через CapCut, в этом же видеоредакторе был изменен голос актера Ю. Никулина на женский (рис. 2).

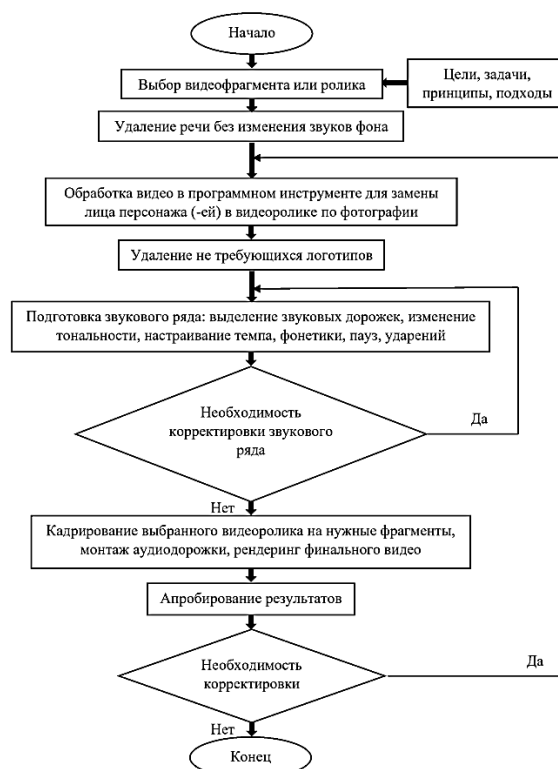


Рис. 1. Алгоритм создания видеоролика с использованием технологии DeepFake



Рис. 2. Фрагменты видеоролика, сгенерированного с помощью нейросети FaceFusion

Второй алгоритм предполагает генерацию видеороликов с помощью нейросети на основе текстовых описаний. На рис. 3 представлена схема алгоритма создания подобного контента. Для каждого ролика создавалась текстовая раскадровка визуального ряда, отправлялся запрос в нейросеть для генерации кратких роликов, затем проводилась склейка нужных кадров в приложении CapCut, наложение музыки и сопроводительного текста (рис. 4).

Созданные с помощью нейросетей ролики генерировались для показа сотрудникам учреждения, а также студентам находящегося на территории завода Ульяновского профессионально-политехнического колледжа, выпускники которого потенциально являются будущими сотрудниками предприятия. При этом возможно как включение данных видеороликов в беседы по пожарной безопасности на предприятии, так и их самостоятельная демонстрация.

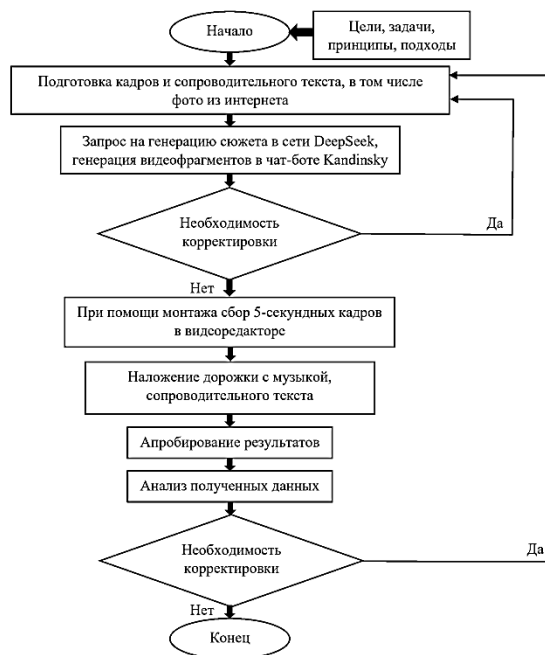


Рис. 3. Алгоритм создания видеоролика с использованием нейросетей на основе текстовых описаний



Рис. 4. Кадры видеороликов, сгенерированного с помощью нейросети на основе текстовых описаний

После просмотра видеороликов был проведен повторный опрос. Результаты опроса продемонстрировали явную заинтересованность респондентов данным методом информирования населения в области пожарной безопасности. При сравнении результатов ответов на вопрос о приемлемости просмотра видеороликов как средства противопожарной пропаганды до и после просмотра предложенного контента значительно увеличилось количество положительных ответов.

Следующий блок вопросов был направлен на оценку уровня знаний в области пожарной безопасности у сотрудников предприятия. При сравнении результатов предварительного опроса и анкетирования, проведенного после просмотра видеороликов, наблюдается заметная тенденция повышения оценки знаний в области пожарной безопасности самими респондентами.

Также была замечена положительная динамика в понимании необходимости подготовки и использования первичных средств пожаротушения для уменьшения ущерба от пожара и того, что пожар может привести к гибели или травмам людей. Однако, оценка по этим вопросам не является объектом данного исследования, поскольку по ним изначально давался довольно большой процент положительных ответов и ролики по данной тематике не демонстрировались.

Таким образом, в целях преодоления формального подхода к проведению мероприятий, связанных с информированием населения, низкого уровня мотивации и вовлеченности работников в вопросы собственной безопасности были предложены нововведения в «традиционную» модель информирования, включающие показ видеороликов, созданных с помощью искусственного интеллекта. Использование нейросетей при проведении работы по информированию населения в области пожарной безопасности способно повышать познавательный интерес к соблюдению требований пожарной безопасности. При этом применение как самостоятельно созданных, так и модифицированных роликов противопожарной пропаганды целесообразно осуществлять комплексно с другими формами профилактической работы. Дальнейшее использование видеоконтента, созданного с помощью нейросетей, позволит проводить текущую работу по информированию сотрудников предприятия по вопросам пожарной безопасности, учитывающую риски на конкретном производстве с детализацией контента по целевым аудиториям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодова Н.О. Искусственный интеллект как цифровой ресурс для модификации противопожарной пропаганды при подготовке в магистратуре / Н.О. Солодова, А.А. Лазарев, О.Е. Сторонкина [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. – 2023. – № 1(28). – С. 81-89. – EDN FJFYWV.
2. Сторонкина О.Е. Использование цифровых технологий при организации и осуществлении лицензионного контроля / О.Е. Сторонкина, Т.А. Мочалова // Пожарная и аварийная безопасность: Сб. материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 190-195. – EDN KLPOAH.
3. Жалбу А.А. Использование курсантами МЧС средств нейросети при модификации учебного видеоматериала по противопожарной пропаганде для школьников / А.А. Жалбу, А.А. Лазарев, В.Ю. Емелин, Р.А. Солдатов // Пожарная и аварийная безопасность. – 2024. – № 4(35). – С. 15-21. – EDN IPKYPG.

УДК 614.84

О. В. Стрельцов, А. А. Кондашов, Е. Ю. Удавцова, Е. В. Бобринев

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России»

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

Проведено изучение количества пожаров, погибших и травмированных при пожарах людей, и ущерба от пожаров на предприятиях по отраслям экономики. Разработан безразмерный вычислительный комплекс, характеризующий состояние пожарной опасности производственного объекта.

Ключевые слова: пожарная опасность, предприятие, гибель, травматизм, ущерб от пожара

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

FIRE SAFETY AT ENTERPRISES IN VARIOUS SECTORS OF THE ECONOMY

A study was conducted on the number of fires, people killed and injured in fires, and damage from fires at enterprises in various sectors of the economy. A dimensionless computing system has been developed that characterizes the state of fire danger of a production facility.

Key words: fire danger, enterprise, death, injury, fire damage.

Проведено изучение показателей обстановки с пожарами на предприятиях различных отраслей экономики. Рассматривались следующие показатели, характеризующие пожарную опасность отрасли производства:

X_1 - количество пожаров в течение года в расчете на 100 предприятий, ед.;

X_2 - количество людей, погибших и травмированных при пожарах, в расчете на 1000 пожаров, чел.;

X_3 - средний ущерб от одного пожара, руб.

Для вычисления количества пожаров, количества пострадавших при пожарах и ущерба от пожаров по отраслям производства проведен анализ статистические данных по пожарам на производственных объектах с использованием информации из федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары» [1]. Количество предприятий для отраслей экономики определено по данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [2].

Количество пожаров на 100 предприятий варьируется от 0,14 пожаров на 100 предприятий для строительной отрасли до 9,38 пожаров на 100 предприятий для угольной промышленности. Среднее значение по всем отраслям экономики – 0,75 пожаров на 100 предприятий.

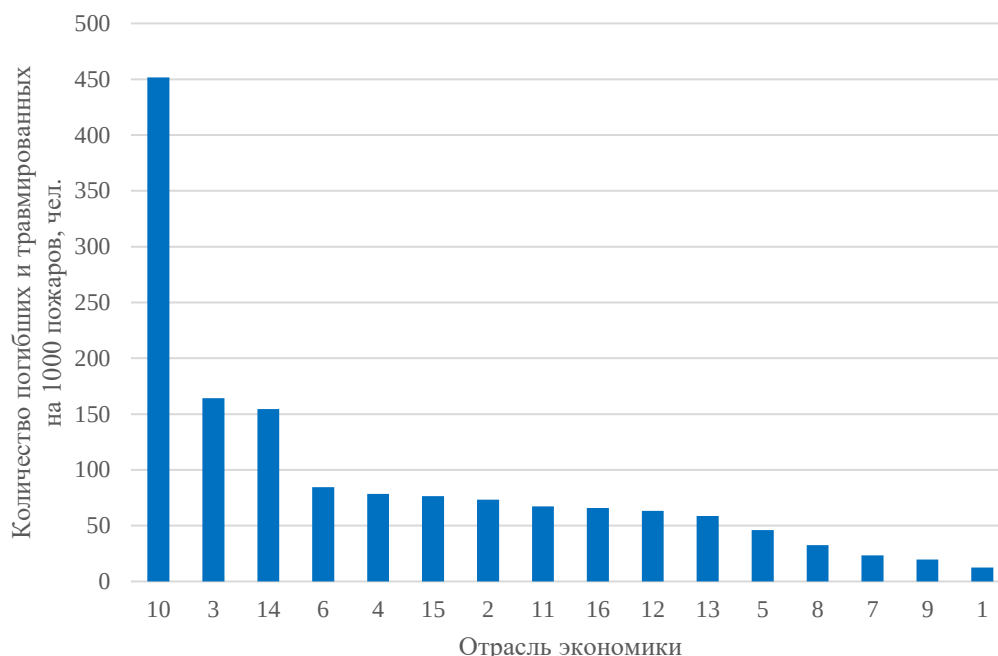


Рис. 1. Количество погибших и травмированных при пожарах в расчете на 1000 пожаров по отраслям экономики: 1 – электроэнергетика, 2 – черная металлургия, 3 – химическая и нефтехимическая промышленность, 4 – машиностроения и металлообработка, 5 - лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, 6 - промышленность строительных материалов, 7 – легкая промышленность, 8 – пищевая промышленность, 9 – сельское хозяйство, 10 – топливная промышленность, 11 – цветная металлургия, 12 – транспорт, 13 – строительство, 14 – судостроения и судоремонт, 15 – угольная промышленность, 16 – иные отрасли.

На рис. 1 представлено распределения отраслей экономики по количеству пострадавших (погибших и травмированных) при пожарах в расчете на 1000 пожаров. Больше всего пострадавших в результате пожаров в топливной промышленности – 452 человека на 1000 пожаров. Меньше всего людей гибнет и получает травмы при пожарах на предприятиях электроэнергетики – 12 человек на 1000 пожаров. Среднее значение показателя по всем отраслям экономики – 53 пострадавших на 1000 пожаров.

Наибольший размер материального ущерба в расчете на 1 пожар зарегистрирован на предприятиях машиностроения и металлообработки – 16 млн рублей. Наименьший размер ущерба от одного пожара – на предприятиях судостроения и судоремонта – 60 тыс. рублей. В среднем по всей экономики средняя величина ущерба от одного пожара составляет 904 тыс. рублей.

В целях совершенствования методики расчета численности и технической оснащённости подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15.10.2021 № 700, проведен сбор информации по технико-экономическим параметрам организаций, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны [3]. На основе анализа полученных сведений с учетом показателей обстановки с пожарами на предприятиях по отраслям экономики для характеристики уровня пожарной опасности предприятия разработан безразмерный вычислительный комплекс

$$U_{\text{по}} = \left(1 + \left(\frac{2}{19} \sum_{i=1}^3 \frac{X_i}{X_{i,\text{ср}}} + \frac{1}{19} \sum_{i=1}^{13} \frac{Y_i}{Y_{i,\text{ср}}} \right)^{-1} \right)^{-1},$$

где $X_{i,\text{ср}}$ – средние значения показателей X_i по всем отраслям экономики;

Y_i - показатели, описывающие технико-экономические характеристики производственного объекта [3];

$Y_{i,\text{ср}}$ – средние значения показателей Y_i по всем предприятиям, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны.

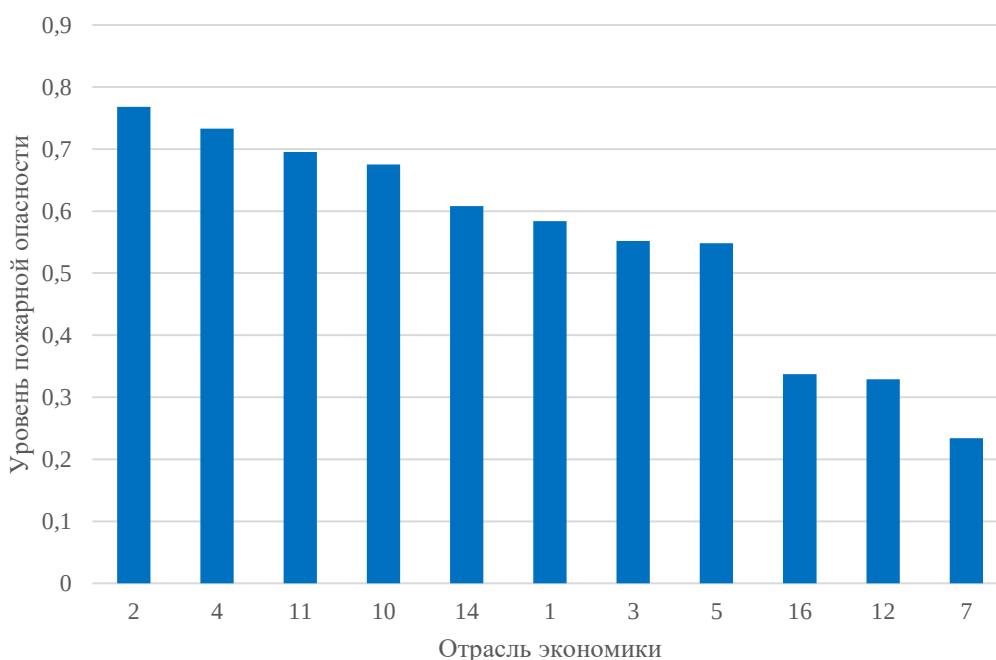


Рис. 2. Распределение отраслей экономики по уровню пожарной опасности.
Названия отраслей экономики приведены в подписи к рис. 1.

Средние значения комплекса $U_{\text{по}}$ для отраслей экономики приведены на рис. 2. В категорию высокой пожарной опасности ($0,65 \leq U_{\text{по}} < 0,85$) попадает черная металлургия, машиностроение и металлообработка, цветная

металлургия и топливная промышленность. В категорию средней пожарной опасности ($0,45 \leq U_{по} < 0,65$) входят следующие отрасли: судостроение и судоремонт, электроэнергетика, химическая и нефтехимическая промышленность, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Остальные отрасли относятся к категории низкой пожарной опасности ($0 \leq U_{по} < 0,45$).

Полученные результаты использованы при подготовке новой редакции методики расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15 октября 2021 г. № 700.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий: приказ МЧС России от 24 декабря 2018 г. № 625. URL: <https://base.garant.ru/72138544/> (дата обращения: 16.09.2025).
2. Российский статистический ежегодник. 2024: стат. сборник. М.: Росстат, 2024. 633 с.
3. Формирование информационной базы для расчета ресурсного обеспечения пожарной охраны по защите организаций от пожаров / П.А. Марахов, А.А. Порошин, О.В. Стрельцов и др. // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 3(52). С. 22-29.

УДК 691:614

И. В. Сусоева¹, А. В. Свиридов¹, В. С. Сусоева²

¹Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко

²Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

ОГНЕЗАЩИТНЫЙ СОСТАВ НА ОСНОВЕ ДИАММОНИЙФОСФАТА

В рамках данного исследования были изучены характеристики горючести древесины после обработки огнезащитными составами на основе диаммонийфосфата. Состав содержит также моноэтаноламин, способствующий биозащите древесины и стирол-акриловую дисперсию в качестве пленкообразующего компонента. По стандартной методике с применением установки «керамический короб» проведены испытания образцов сосны, обработанных полученным огнезащитным составом. Для сравнения испытаны образцы, не обработанные данным составом. По результатам испытаний установлено, что значения показателей для образцов древесины, обработанных огнезащитным составом, соответствуют группе горючести материалов Г 2.

Ключевые слова: древесина, диаммонийфосфат, моноэтаноламин, стирол-акриловая дисперсия, огнезащитный состав, горючесть.

I. V. Susoeva¹, A. V. Sviridov¹, V. S. Susoeva²

¹Military Academy of Radiation, Chemical and Biological Protection
named after Marshal of the Soviet Union S. K. Timoshenko

²National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

FLAME RETARDANT BASED ON DIAMMONIUM PHOSPHATE

In this work, a flame retardant containing diammonium phosphate, which is widely used for fire protection of wood, was obtained. The composition also contains monoethanolamine, which contributes to the biosecurity of wood, and styrene-acrylic dispersion as a film-forming component. According to the standard procedure using the "Ceramic box" installation, pine samples treated with the obtained flame retardant were tested. For comparison, samples not treated with this compound were tested. According to the test results, it was found that the values of the indicators for samples treated with a flame retardant correspond to the flammability group of materials G 2.

Key words: wood, diammonium phosphate, monoethanolamine, styrene-acrylic dispersion, flame retardant, combustibility.

В современном строительстве древесные конструкции и изделия играют важную роль благодаря своим уникальным свойствам. Древесина, как строительный материал, обладает множеством преимуществ, таких как легкость, доступность и отличные теплоизоляционные характеристики. Древесина все шире применяется в высотном домостроении. Однако, несмотря на эти достоинства, древесина также имеет свои недостатки, наиболее значительным из которых является высокая горючесть. Это свойство делает древесные материалы потенциально опасными в случае возникновения пожара, что требует от строителей и проектировщиков соблюдения строгих нормативных требований к огнезащите древесины. В связи с этим, исследования, направленные на разработку огнезащитных составов для древесины, приобретают особую актуальность как в научной, так и в практической сферах.

В огнезащитных составах для обработки древесины широко применяются аммонийные соли ортофосфорной кислоты, что обусловлено их эффективностью как антипиренов и доступностью [1-5]. Наряду с этим, в качестве дополнительных компонентов составов применяются аминоспирты [2, 5, 6]. Они не вызывают осаждение солей ортофосфорной кислоты и способствуют биозащите древесины.

В рамках данного исследования был разработан новый огнезащитный состав для обработки древесины, в который вошли компоненты (масс.%): диаммонийфосфат (15 %), стирол-акриловая дисперсия Лакротэн Э-21 (10 %), моноэтаноламин (10 %) и вода – остальное.

Стирол-акриловая дисперсия Лакротэн Э-21 (ТУ 2241-014-51769914-2004 с изм. 1) использована в качестве пленкообразующего компонента, обладающего хорошей адгезией к древесным материалам.

Лакротэн Э-21 характеризуется следующими показателями:

содержание основного вещества – 49-51 %;

значение pH – 7,0 – 9,0;

содержание остаточного мономера, не более – 0,05%;

размер частиц – 0,17 мкм;

минимальная температура пленкообразования – 9 °С;

относительное удлинение пленки при разрыве – 300 – 600%;

прочность пленки при разрыве – 4 МПа – 4 – 8.

Для эксперимента были изготовлены образцы из древесины хвойных пород размерами 150×30×30 мм, которые кондиционировались до влажности $(10 \pm 2) \%$. Нанесение состава производилось с расходом 300 г/м².

В соответствии с нормативными требованиями (ГОСТ 30244–94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть), испытания проводились с применением установки «Керамический короб» по ГОСТ Р 53292-2009 [7]. Результаты испытаний приведены в таблице. Фото образцов до и после испытания представлены на рисунке.



Рисунок. Фото образцов до и после испытания в «Керамический короб»

Таблица 1. Результаты испытаний образцов

Образец	Температура дымовых газов, °С	Время самостоятельного горения, с	Время тления, с	Потеря массы, %
сосна без обработки				
1.1	640	106	40	52,70
1.2	621	92	38	50,71
1.3	615	97	35	49,88
Средн.				51,1
сосна с обработкой огнезащитным составом				
2.1	180	13	35	16,03
2.2	183	19	32	16,62
2.3	177	10	31	15,76
Средн.				16,14

Таким образом, на основе диаммонийфосфата как антипирена, разработан и испытан по стандартной методике новый огнезащитный состав. В качестве дополнительных компонентов состава использованы моноэтаноламин, обладающий биоцидными свойствами и стирол-акриловая дисперсия Лакротэн Э-21. Эта дисперсия является пленкообразующим компонентом, который совмещается с другими компонентами состава, разбавляется водой и обладает хорошей адгезионной способностью к древесине, что способствует закреплению антипирена на поверхности древесины. Все компоненты состава выпускаются в промышленных масштабах, являются доступными, например, фосфаты аммония применяются в сельском хозяйстве в качестве азотно-фосфорных удобрений. На основании результатов испытаний (табл.1) можно заключить, что значения показателя потери массы образцов и температурных показателей для образцов сосны, обработанных огнезащитным составом, соответствуют группе горючести материалов Г 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 98122890/03, 23.12.1998. Кривцов Ю.В., Ладыгина И.Р. композиция для огнезащиты //Патент России № 2140402. 1999.
2. Патент РФ № 2010146426/05, 16.11.2010. Кривцов Ю.В., Максименко Н.А., Максименко С.А., Мельников Н.О. Огнебиозащитный состав для древесины и материалов на ее основе //Патент России № 2465128. 2012. Бюл. № 30.
3. Патент РФ № 2011136737/13, 06.09.2011. Кривцов Ю.В., Максименко Н.А., Максименко С.А., Мельников Н.О. Способ получения огнебиозащитного состава //Патент России № 2486051. 2013. Бюл. № 35.
4. Е.А. Анохин, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков. Применение огнезащитных пропиточных композиций для снижения пожарной опасности деревянных конструкций с различными сроками эксплуатации // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26. – № 2, с. 22-35.
5. Патент РФ № 2019111366, 16.04.2019. Максименко Н.А., Максименко С.А., Мельников Н.О. Водорастворимый огнебиозащитный состав//Патент России № 2726065. 2020. Бюл. № 19.
6. Патент РФ № 2014115893/13, 22.04.2014. Степина И.В., Кляченкова О.А. Биоогнезащитный состав АФБ //Патент России № 2552691. 2015. Бюл. № 16.
7. ГОСТ Р 53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 17 с.

УДК 614.841.2

Т. П. Сысоева, А. С. Федоров, А. В. Мокряк

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

АПРОБАЦИЯ НОВОГО СПОСОБА ОЦЕНКИ ГОРЮЧЕСТИ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Результаты апробация нового способа оценки качества огнезащитной обработки деревянных конструкций по количественной оценки выделяющихся летучих компонентов веществ при индукционном нагреве приведены в данной статье и обоснована его применяемость в криминалистических исследованиях.

Ключевые слова: пожарно-техническая экспертиза, огнезащитная обработка, индукционный нагрев, количественная оценка.

T. P. Sysoeva, A. S. Fedorov, A. V. Mokryak

Saint Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia

APPROBATION OF A NEW METHOD FOR ASSESSING THE FLAMMABILITY OF WOODEN BUILDING STRUCTURES

The results of the approbation of a new method for assessing the quality of fire-retardant treatment of wooden structures by quantifying the released volatile components of substances during induction heating are presented in this article and its applicability in forensic research is substantiated.

Keywords: fire-technical expertise, fire-retardant treatment, induction heating, quantitative assessment.

На сегодняшний день одним из наиболее распространённых строительных материалов является древесина и её производные [1]. Можно с уверенностью сказать, что древесина долгие годы будет востребована в связи с её свойствами: экологичностью, простотой механической обработки, прочностью, а также возобновляемостью ресурсов. Наиболее существенным недостатком древесины и материалов на её основе является высокая пожарная опасность. Поэтому актуальной проблемой является обеспечение защиты деревянных конструкций от огня. Основными путями защиты древесины являются: снижение скорости термического разложения и изменение состава продуктов термического разложения. Для достижения этих целей древесину модифицируют различными средствами огнезащиты. К ним относятся: огнезащитные покрытия, лаки, эмали, обмазки, а также разнообразные пропитки [2-4].

В связи с этим целью научного исследования является разработка нового способа оценки качества огнезащитной обработки деревянных конструкций по количественной оценке выделяющихся летучих компонентов веществ при индукционном нагреве.

В качестве объектов исследования использовалась древесина сосны и огнезащитные составы фирмы «Сатин» бесцветный 2-ая группа защиты и «Барьер» красного цвета 1-ой группы защиты.

Для проведения исследования были выбраны следующие приборы и оборудование, а именно: индукционная паяльная станция, сигнализатор - эксплозиметр СТХ-17 и экспериментальный прототип камеры цилиндрической формы.

Выбор именно индукционной паяльной станции сделан, исходя из того, что она может поддерживать постоянный нагрев от 200 до 480 °С, за счет чего мы можем провести длительное исследование.

Прибор СТХ-17 предназначен для контроля дозврывоопасных концентраций горючих газов и паров горючих жидкостей и их совокупности (С,%) в воздухе, в процентном соотношении от НКПР [5].

Также для исследования был разработан экспериментальный прототип камеры цилиндрической формы размерами 10×5 см состоящей из двух прокладок, закручивающейся винтовой крышки с отверстием для установки датчика сигнализатора-эксплозиметра и отверстия размером 1×1 см для подачи индукционного нагревательного элемента (рис. 1).

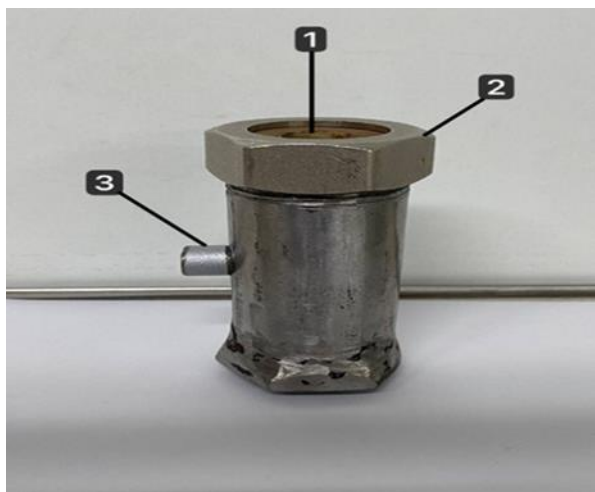


Рис. 1. Экспериментальный прототип камеры цилиндрической формы:
1 – прокладки с отверстиями для установки датчика эксплозиметра;
2 – винтовая крышка с отверстием для подачи датчика эксплозиметра;
3 – отверстие для подачи индукционного нагревательного элемента

В процессе работы было проведено порядка 1000 исследований на 500 образцах, для получения объемных данных чистоты эксперимента. Также были выбраны два способа нанесения огнезащитного состава: способ послойного нанесения и способ пропитки, на образцы размером 5×3 см.

Для первого способа, следуя рекомендациям производителей, составы были нанесены кистью с тщательной пропиткой торцов и трещин, для максимального проникновения состава был сделан перерыв в 2 часа между нанесением каждого слоя.

Для следующего способа (пропитки), образцы были погружены в металлические ванны с огнезащитными составами и поверх накрывались грузом для лучшего впитывания огнезащитных составов. Время пропитки составило от 1 до 4 часов, для равномерной защиты, учитывая неоднородную структуру древесины.

После обработки древесина была оставлена на просушку. Для удобства образцы были упакованы в полиэтиленовые пакеты и подписаны с целью их структурирования для дальнейшего исследования.

С помощью эксперимента была определена рабочая температура индукционного нагревательного элемента, при которой будет возможна фиксация количественного показателя выделяемых летучих веществ (С,% НКПР). После этого образцы необработанной древесины подвергали тепловому воздействию при различных температурах.

Следовательно, на каждый образец воздействовали различными температурными режимами индукционного нагревателя (от 400 °С до 480 °С) и отслеживали изменение концентрации летучих компонентов прибором СТХ-17 в течение 60-ти секунд.

Экспериментальным путем было установлено, что дальнейшие исследования целесообразно проводить при температуре равной 430 °С и времени воздействия индукционного нагревательного элемента на образец в течение 60 секунд.

Выбор рабочей температуры равной 430 °С был осуществлен исходя из того, что при более низких температурах показатели варьировались от 4,5 до 15 % в течение 60-ти секунд. При более высоких значениях температуры индукционного нагревателя показатели сигнализатора-эксплозиметра за 60 секунд были более 100 %, поэтому было выбрано рабочее значение температуры равное 430 °С.

Результаты данного экспериментального исследования представлены на рис. 2.

Как видно из диаграммы, значения показателей выделяющихся летучих веществ при температуре 430 °С на необработанных образцах, находятся в интервале от 12,7 до 80,0%.

Суть способа заключается в оценке горючести древесины по количеству горючих летучих веществ (С,% НКПР), которые выделяются при нагреве. Образец помещался в экспериментальный прототип камеры цилиндрической формы и подвергался воздействию индукционной паяльной станции в течение 60 секунд, при температуре 430 °С для образцов, обработанных в 2, 3, 4 слоя.

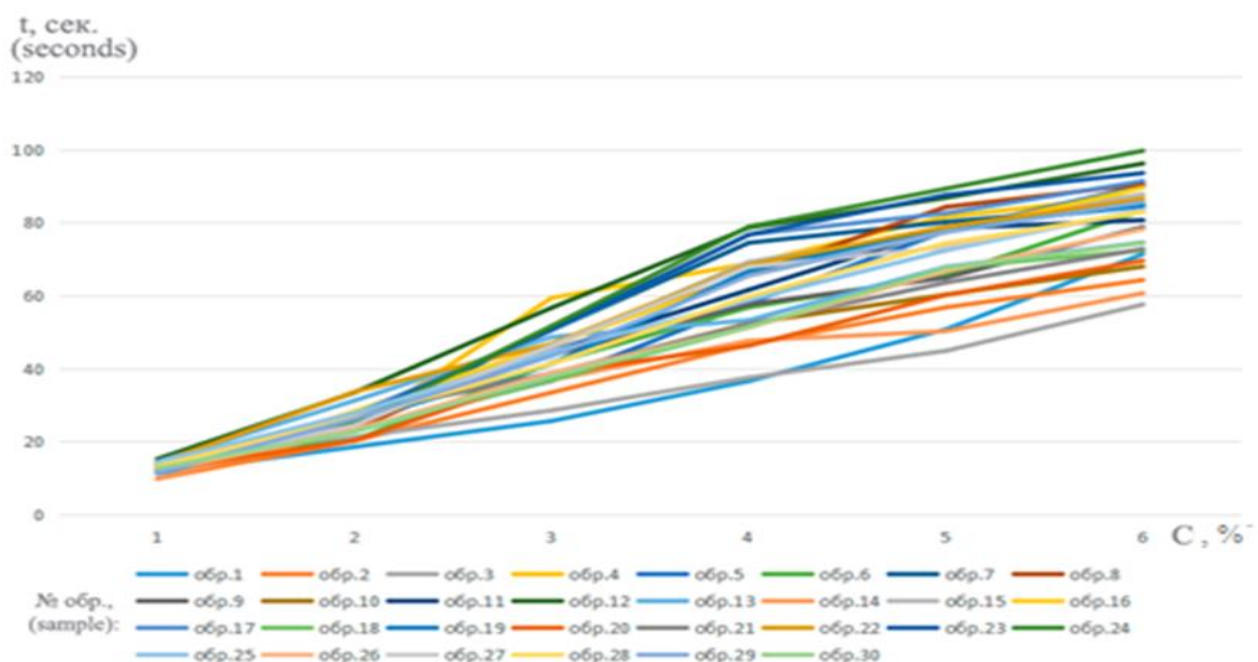


Рис. 2. Диаграмма количества выделившихся летучих, горючих компонентов (C, % НКПР) при температуре 430 °С на необработанных образцах древесины

Для образцов древесины, обработанных способом пропитки в течение 1-го, 2-х, 3-х, 4-х часов экспериментальным путем была выбрана температура 480 °С.

Значения показателей выделяющихся летучих веществ (C, % НКПР) при $t=480$ °С на образцах, замоченных в огнезащитном составе «Satin» в течение 1 часа, колеблются в интервале от 0,4 до 32,8 %, тогда как показатели выделяющихся летучих веществ на необработанных образцах находятся в интервале от 12,7 до 80,0 %, что значительно больше в сравнении обработанными образцами.

Следовательно, просматривается определенная закономерность уменьшения летучих веществ при нагреве обработанных образцов от образцов не подвергшихся обработке огнезащитными составами.

Значения показателей выделяющихся летучих веществ при $t=480$ °С на образцах, замоченных в огнезащитном составе «Барьер» в течении 4х часов, колеблются в интервале от 3,8 до 29,9 %, что значительно меньше в сравнении с необработанными образцами.

При рассмотрении результатов, способом послойного нанесения огнезащитных составов фирмы «Satin» и «Барьер» (в 2, 3 и 4 слоя) значения показателей выделяющихся летучих веществ при $t=430$ °С на образцах, обработанных в 2 слоя огнезащитным составом «Satin», колеблются в интервале от 0,2 до 28,5 %, данный интервал также сильно различается в соотношении с интервалом на необработанных образцах, который составил от 12,7 до 80,0 %.

Значения показателей выделяющихся летучих веществ при $t=430\text{ }^{\circ}\text{C}$ на образцах, обработанных в 4 слоя огнезащитным составом «Барьер», колеблются в интервале от 0,2 до 14,3 %, что также продолжает показывать эффективность данного способа.

Анализируя результаты, можно сделать вывод, что пик значений достигается при 60 секундах, далее (после 70 сек.) происходит процесс карбонизации древесины (термическое разложение древесины при высоких температурах ($400\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$) в условиях ограниченного доступа кислорода) и наблюдается переход показаний на плато, т.е. показания переходят в постоянное значение с небольшим отклонением от 0,1 до 0,3 %. Показатели выделяющихся летучих веществ на необработанных образцах значительно больше в сравнении с обработанными образцами, это свидетельствует о том, что рассматриваемый способ оценки качества огнезащитной обработки может применяться для определения качества огнезащитной обработки древесины.

Предлагаемый способ оценки горючести отличается от существующих способов тем, что в целях обеспечения возможности минимального разрушения исследуемого объекта используется индукционный нагревательный элемент диаметром не более 8 мм и позволяющий осуществить воспроизводство результатов анализа. Нагрев осуществляется методом кондукции при фиксированной температуре и временем теплового воздействия непосредственно при контакте с индуктором, нагреваемым переменным магнитным полем. Стоит отметить, что данный способ не запатентован и находится на стадии разработки.

Для исследований предлагаемый способ позволит уменьшить размеры исследуемого образца, а также даст возможность применения в полевых методах оценки качества огнезащитной обработки. Данный способ не требует специальной подготовки образцов, и может применяться непосредственно на объекте без отбора образцов для дальнейших исследований в лабораторных условиях. То есть рассматриваемый способ оценки качества огнезащитной обработки может применяться в пожарно-технических исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрулькевич А.Л., Минкин А.Н., Феоктистова А.В., Антонов А.В. Становление огнезащитной обработки деревянных конструкций и зданий // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 4 (31). С. 8-13.
2. Касымов Д.П., Агафонцев М.В., Перминов В.В. Оценка влияния огнезащитных составов на пожароопасные свойства некоторых типов строительных материалов из древесины // В сборнике: Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. сборник трудов Международной научно-технической конференции. Воронежский государственный университет. 2017. С. 1316-1320.

3. Guzii S., Tsapko Y., Kravchenko A., Remenets M. Fire protection of wooden storage containers for explosive and pyrotechnic products // Eureka: Physics and Engineering. 2016. № 2. С. 34-42.

4. Колосова А.П. Лабораторный контроль загазованности помещений для обеспечения безопасности персонала тепловой электростанции на примере ново-кемеровской ТЭЦ // В сборнике: Россия молодая. Сборник материалов XVI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. Кемерово, 2024. С. 73503.1-73503.7.

5. Сигнализатор-эксплозиметр термохимический СТХ-17. Руководство по эксплуатации 5В2.840.392-79 РЭ [<https://www.gasdetecto.ru/files/330/sth-17-re.pdf>].

УДК 614.841.411

***А. Т. Тиводар, И. Д. Нужный, С. А. Шабунин, С. Н. Ульева, А. Л. Никифоров,
Ц. С. Баянов***

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ПРИ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ В СИСТЕМАХ ФАСАДНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

В статье приводятся результаты физико-химического исследования изменения структуры в результате теплового воздействия пенополистирольных плит, используемых в системах фасадной теплоизоляции, и анализа способов их защиты от воздействия огня.

Ключевые слова: пенополистирол, огнезащита, изменение структуры, теплоизоляция

CHANGES IN THE STRUCTURE OF POLYSTYRENE FOAM DUE TO HEAT INFLUENCE IN SYSTEMS OF FACADIAL THERMAL INSULATION

***A. T. Tivodar, I. D. Nuzhny, S. A. Shabunin, S. N. Ulyeva, A. L. Nikiforov,
Ts. S. Bayanov***

The article presents the results of a physical and chemical study of the changes in the structure caused by thermal exposure to polystyrene foam boards used in facade insulation systems, and an analysis of methods for protecting them from fire.

Key words: expanded polystyrene, fire protection, structure modification, thermal insulation

Для систем фасадной теплоизоляции в качестве теплоизоляционного материала используют пенополистирол, минеральную вату. Выбор материала зависит от материала стен и технологии монтажа и свойств теплоизоляционного материала. Наиболее предпочтительными характеристиками с точки зрения эффективности, доступности и простоты монтажа обладает пенополистирол.

Пенополистирол – это легкий и прочный материал, обладающий уникальными физико-механическими свойствами, низкая теплопроводность материала, составляющая 0,03-0,04 Вт/(м·К), эффективно препятствует теплотерям. Этими характеристиками пенополистирол обладает благодаря ячеистой структуре, состоящей из множества замкнутых пор, которые минимизируют теплопередачу что делает его наиболее предпочтительным для теплоизоляции зданий. Использование пенополистирола в фасадной теплоизоляции позволяет снизить теплотери зданий на 30-40 %, что значительно уменьшает затраты на отопление и кондиционирование. При этом не стоит забывать, что пенополистирол относится к горючим материалам [1,2].

Немодифицированный пенополистирол относится к классу горючести Г4, воспламенение которого может произойти от источников зажигания различной природы (например, горячей спички, паяльной лампы, искры автогенной сварки и др.).

Кроме высокой группы горючести данный материал обладает способностью к быстрому распространению пламени и высокой токсичностью продуктов горения, что обуславливает необходимость использования огнезащитной отделки. При использовании пенополистирольных плит для теплоизоляции снаружи зданий и сооружений применяется оштукатуривание, включающее защитный и декоративно-защитный слои. В качестве первого защитного слоя используется цементная штукатурка. А в качестве декоративно-защитных покрытий используется акриловая, минеральная, силиконовая и силикатная штукатурки.

Однако, применение такого рода защиты не препятствует нагреву и дальнейшему разрушению пенополистирола в результате воздействия внешнего источника тепловой энергии [3].

При нагреве пенополистирола выше температуры стеклования, составляющей около 100 °С, происходит значительное изменение его физической структуры. Этот процесс сопровождается размягчением материала, что приводит к снижению его первоначальной механической прочности и уменьшению устойчивости к механическим нагрузкам. В результате это ограничивает применение пенополистирола в условиях повышенных температур. Вместе с тем, нагрев выше температуры стеклования также вызывает изменение геометрических размеров материала, что может привести к деформациям и нарушению целостности теплоизоляционной системы. Эти изменения обусловлены особенностями молекулярной структуры полимера,

который при нагреве переходит в более подвижное состояние, теряя свою жесткость [4-5].

При достижении температуры выше 170-200 °С в пенополистироле начинают происходить процессы термического разложения. В результате разрыва химических связей в полимерной цепи выделяются стирол и другие летучие соединения, что приводит к ухудшению теплоизоляционных свойств материала. Образующиеся пустоты и выделяющиеся газы нарушают его структуру и ухудшают эксплуатационные характеристики.

По данным термогравиметрического анализа интенсивное разложение пенополистирола начинается при температуре выше 250 °С и заканчивается при температуре 450-500 °С с коксовым остатком 5-7 %.

Согласно нашим исследованиям, непродолжительное воздействие температуры 80-100 °С приводит к изменениям ИК-спектров соответствующих образцов: изменяются характер и соотношение полос в областях 900-1200, 1300-1700 и 2800-3100 см⁻¹.

Эти изменения делают пенополистирол непригодным для использования в условиях высоких температур, подчеркивая необходимость разработки способов повышения его термостойкости.

Для снижения пожароопасности в пенополистирол добавляют специальные добавки – антипирены, которые препятствуют горению и снижают группу горючести до ГЗ [6-8]. Однако антипирены снижают горючесть, но увеличивают токсичность при воздействии высоких температур. Кроме того, они не защищают от деструкции полимера при воздействии теплового потока.

Среди современных методов огнезащиты можно выделить несколько перспективных способов. Так, например, огнезащитное покрытие для полимерных теплоизоляционных материалов, в состав которого вводятся специальные минеральные и органические антипиреновые добавки (на основе фосфорсодержащих соединений и гидратированных минералов). Эти добавки при нагреве способствуют образованию защитной углеродистой керамической корки на поверхности материала, препятствующей развитию огня и снижению воспламеняемости без значительного ухудшения теплоизоляционных свойств [9].

Еще одно изобретение представляет собой активное защитное покрытие с использованием нанотехнологий и увеличивающее время сопротивления возгоранию полимерных утеплителей. Данное покрытие включает в себя покрытие, состоящее из нескольких слоев, состоящую из огнезащитного грунтовочного слоя и верхнего покрытия с наночастицами, создающими термораспространяющийся барьер. При воздействии огня покрытие вспенивается, образуя изолирующий пористый слой, который замедляет нагрев внутреннего теплоизоляционного слоя и ограничивает доступ кислорода [10].

Одним из эффективных решений для защиты фасадов с утеплителем на основе пенополистирола является защитный состав, на основе неорганических кремний-содержащих соединений, органических кислот и органического карбонизирующегося соединения. Он формирует теплозащитный барьер, предотвращает механическую деформацию пенополистирола и увеличивает адгезию штукатурного слоя к пенополистиролу и предотвращает его разрушение [11]. Исследования в области огнезащиты пенополистирола показывают перспективность защитных составов, на основе неорганических кремний-содержащих соединений, органических кислот и органического карбонизирующегося соединения. Эти инновационные решения обеспечивают более чем двукратное увеличение времени термической стойкости по сравнению с традиционными методами. Такой подход открывает новые возможности для повышения безопасности и долговечности теплоизоляционных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 15588-2014 «Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия» с изменениями № 1 // URL: https://epsrussia.ru/uploads/docs/GOST_15588-2014_Plity_penopolystyrolnye_teploizoliat_Technicheskie_uslovia_s_Izmen_N-1_Oficial_izdanie.pdf (дата обращения: 12.10.2025).
2. Epsrussia.ru. Официальный сайт Ассоциации производителей пенополистирола. Экологическая и пожарная безопасность пенополистирола. -URL: <https://epsrussia.ru/penopolistrol/ecologicheskaya-i-pogarnaya-bezopasnost.php> (дата обращения: 11.10.2025).
3. Богданов И.А., Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Краснов А.А. Оценка влияния старения полимеров на изменение их пожароопасных свойств//Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 1 (54). С. 5-11.
4. Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Богданов И.А., Краснов А.А. Оценка влияния эксплуатационного старения теплоизоляции из пенополистирола на обеспечение пожаровзрывобезопасности текстильных предприятий// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 2 (416). С. 310-318.
5. Ярцев В.П., Мамонтов А.А., Мамонтов С.А. Эксплуатационные свойства и долговечность теплоизоляционных материалов (минеральной ваты и пенополистирола) // Кровельные и изоляционные материалы. 2013. №. 1. С. 8-11.
6. Papachlimitzou A., Barber J. L., Losada S., Bersuder P., Law R. J. A review of the analysis of novel brominated flame retardants Journal of Chromatography A. — 2012. — Vol. 1219. — P. 15–28. DOI: 10.1016/j.chroma.2011.11.029.
7. Van der Veen I., de Boer J. Phosphorus flame retardants: Properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis Chemosphere. — 2012. — Vol. 88, No. 10. — P. 1119–1153. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.03.067.
8. Marosi Gy., Szolnoki B., Bocz K., Toldy A. Reactive and additive phosphorus-based flame retardants of reduced environmental impact Polymer Green Flame Retardants. — 2014. — P. 181–220. DOI: 10.1016/b978-0-444-53808-6.00005-6.

9. Патент RU 2601234 C1 «Система огнезащитного покрытия для полимерных теплоизоляционных материалов» заявл. 13.07.2015: опубл. 27.10.2016/ С.В. Пономарев, В.О. Буланова, А.Г. Дивин, Е.В. Буланов, Г.В. Шишкина <https://patents.google.com/patent/RU2601234C1/en>

10. Патент RU2352601C2 «Способ получения теплоизоляционного и огнестойкого многослойного комбинированного полимерного покрытия» заявл. 27.11.2007: опубл. 20.04.2009/ В.С. Беляев, И.М. Федотов

11. Шабунин С.А., Ульева С.Н., Никифоров А.Л. Способ защиты пенополистирольных плит от теплового воздействия в системах фасадной теплоизоляции// Полимерные материалы пониженной горючести. Сборник тезисов XII Международной конференции. Балашиха, 2025. С. 327-330.

УДК 621.382

В. А. Титов¹, О. Н. Сони́на¹, И. К. Наумова²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

²Ивановский государственный университет

ВОЗМОЖНОСТИ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ И ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ НОВЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ И ТЕПЛООТРАЖАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Представлен обзор современных исследований и разработок в области плазменного модифицирования полимерных пленок и текстильных материалов с целью придания им огнезащитных и теплоотражающих свойств. Рассмотрены примеры лабораторного и промышленного оборудования для обработки полимерных пленок и текстиля в плазме.

Ключевые слова: огнезащита, теплоотражение, плазма, антипирен, металлизация, магнетронное ионно-плазменное распыление.

V. A. Titov¹, O. N. Sonina¹, I. K. Naumova²

CAPABILITIES OF PLASMA-CHEMICAL AND ION-PLASMA TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF NEW FIRE-PROTECTIVE AND HEAT-REFLECTIVE MATERIALS

This article presents an overview of current research and development in the field of plasma modification of polymer films and textile materials to impart flame-retardant and heat-reflective properties. Examples of laboratory and industrial equipment for plasma treatment of polymer films and textiles are discussed.

Key words: Fire protection, heat reflection, plasma, fire retardant, metallization, magnetron ion-plasma sputtering.

Прогресс в области обеспечения пожарной и аварийной безопасности в значительной мере связан с разработкой и широким использованием новых материалов и технологий. Это касается как строительных и интерьерных материалов, так и материалов спецодежды для защиты персонала (пожарных, металлургов, работников горячих цехов, сварщиков и т.д.). К такому выводу приводит анализ пожарной опасности объектов защиты [1-3]. Большое внимание сегодня уделяется развитию технологий придания огнезащитных и теплозащитных (теплоотражающих) свойств полимерным пленочным и текстильным материалам [4-6].

Многие задачи модифицирования полимеров могут быть решены с использованием неравновесной плазмы пониженного или атмосферного давления [7-10]. В частности, в работе [10] на основе анализа современных публикаций показаны возможности использования низкотемпературной плазмы для придания огнезащитных свойств полимерным материалам.

Плазма – это квазинейтральная среда, состоящая из электронов, ионов и нейтральных частиц (атомов, молекул и радикалов) как в основном, так и в возбужденных состояниях. Неравновесная плазма при пониженном давлении характеризуется низкой температурой газа (~ 300 К) при средней энергии электронов, отвечающей температуре $\sim 10000 - 50000$ К. Следствиями сильной неравновесности являются высокие (сверхравновесные) концентрации активных частиц при низкой температуре газа, а также низкая температура обрабатываемых материалов, что делает плазму привлекательным инструментом модифицирования нетермостойких материалов.

Интенсивные исследования и разработки в области модифицирования синтетических и природных полимерных материалов (пленок, волокон, тканей) с использованием неравновесной плазмы начались в 70-х годах XX века. В качестве генераторов плазмы используются как газовые разряды при пониженном давлении: разряд постоянного тока, высокочастотные (ВЧ) и сверхвысокочастотные (СВЧ) разряды, так и разряды при атмосферном давлении (коронный и поверхностно-барьерный, тлеющий разряд, стабилизированный быстрым потоком газа, плазменные струи, создаваемые при различной частоте электромагнитного поля). Бесспорными преимуществами «сухой» плазмохимической обработки по сравнению с традиционными химико-технологическими процессами является то, что она не требует использования воды или иных растворителей, что обеспечивает экологическую чистоту производства и его экономичность.

Уже к 90-м годам прошлого века было создано промышленное оборудование для обработки тканей и полимерных пленок в плазме пониженного давления. На рис. 1 показана схема промышленной установки KPR-270 для обработки пленок, тканей и нетканых волокнистых материалов в плазме пониженного давления, которая позволяет обрабатывать полотна шириной до 260 см, а на рис. 2 – установка для нанесения покрытий на основе антипиренов методом полимеризации в плазме СВЧ-разряда. Технические

характеристики некоторых промышленных установок для обработки тканей и пленок в плазме пониженного давления приведены в таблице.

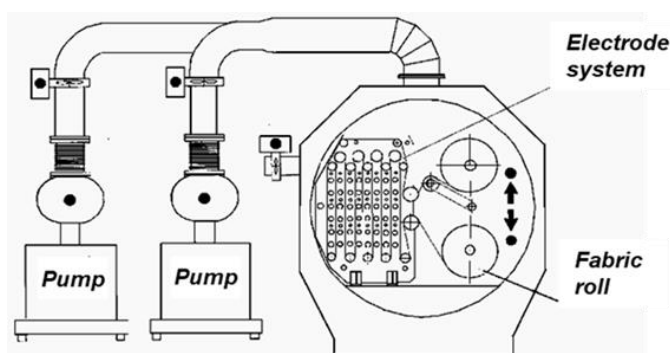


Рис. 1. Схема установки KPR-270 для обработки пленок и текстиля в плазме пониженного давления

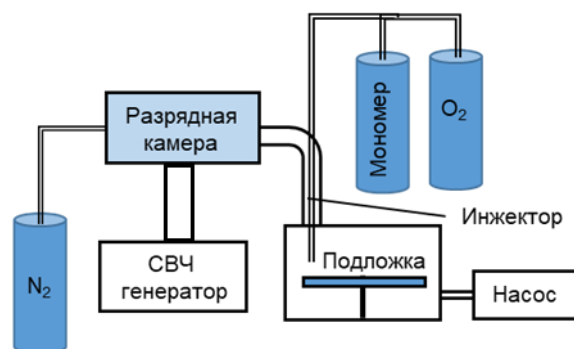


Рис. 2. Установка для нанесения антипиренов на пленки и ткани методом полимеризации в плазме

Методом иницированной плазмой полимеризации были получены пленки на основе тетраметилдисилоксана, гексаметилдисилоксана, (1,1,2,2-тетрагидроперфтордецилакрилата), этилдихлорфосфата, трис(бутоксипропил)-фосфата и ряда других соединений на поверхности полимерных пленок, волокон и тканей, что обеспечивало улучшение их огнезащитных свойств.

Таблица. Характеристики промышленных установок для обработки текстильных материалов в плазме пониженного давления

Установка	Ширина материала, мм	Диаметр рулона, мм	Скорость обработки, м/мин	Длина зоны обработки, м	Мощность, кВт	Диаметр камеры, мм
LPCH-180SH	1700	1350	0 - 80	8.5	90	1600
KPR-180/1	1700	1050	0 - 80	6.7	80	2000
KPR-270	2600	700	0 - 80	5.0	85	2000
KPR-200	2000	700	0 - 80	5.4	80	2000
KPR-50/50-1	500	500	0 - 50	2.5	3.2	1050

В последние годы внимание технологов все больше привлекает плазма атмосферного давления, которая не требует создания вакуума, например плазма поверхностно-барьерного разряда, который широко применяется для обработки полимеров (рис. 3). Значительный интерес вызывает и газоразрядная плазма при атмосферном давлении, контактирующая с жидкой фазой, как инструмент модифицирования высокомолекулярных соединений и создания новых композиционных материалов [11].

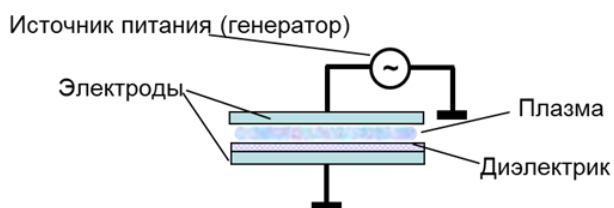


Рис. 3. Устройство
для возбуждения
поверхностно-барьерного
разряда

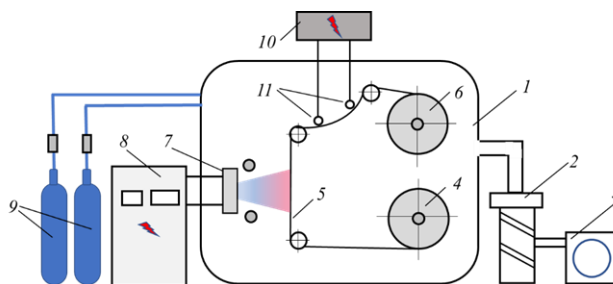


Рис. 4. Схема установки
для металлизации
полимерных материалов
методом магнетронного распыления

Метод магнетронного ионно-плазменного распыления с начала 70-х годов прошлого века применяется в технологии производства изделий микроэлектроники. Однако до недавнего времени метод не использовался в промышленном масштабе для модифицирования пленочных полимерных и текстильных материалов, поскольку для его реализации требовалось решение ряда серьезных проблем как фундаментального, так и инженерного характера. Однако в 2005 году совместными усилиями лаборатории ионно-плазменных процессов ИГХТУ и ООО «Ивтехномаш» создана установка магнетронного напыления УМН-180, принципиальная схема которой показана на рисунке 4 [12]. Следующей модификацией стала установка ММ-180, которая отличается большей производительностью и высоким уровнем автоматизации. Эти установки с вакуумными камерами объемом 15 м³ позволяют в режиме перемотки материала из рулона в рулон со скоростью до 40 м/мин наносить покрытия на пленочные или текстильные полотна шириной до 1800 мм. Нанесение нанопокровов на полимерные материалы методом магнетронного распыления существенно изменяет их теплоотражающие свойства. В ряде работ было исследовано изменение отражательной способности в ближнем ИК-диапазоне. Для этого на поверхность текстильных материалов наносили как металлы (Ag, Ti, Al), так и неорганические соединения (TiO₂, ZnO, AZO). Высокие коэффициенты отражения в ближнем ИК-диапазоне показали металлические пленки (Ag, Cu, Ti и Al), а также многослойные пленки, содержащие прозрачные оксидные слои (ПОС) и слой металла (ПОС/металл/ПОС), нанесенные методом магнетронного распыления.

Технология нанесения нанослоев металлов и их соединений методом магнетронного распыления экологически безопасна, так как процессы осуществляются в вакууме без применения химических реактивов. Текстильные и пленочные материалы, изготовленные с применением этой технологии, обладают уникальными свойствами и могут быть использованы для изготовления широкого круга изделий, включая защитную одежду пожарных.

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.
2. Романова О.С. [и др.] // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 347-351.
3. Булат А.И. [и др.] // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 61-65.
4. Mamay Daget T. et al // Polymer-Plastics Technology and Materials. 2024. V. 63 N 14, P. 1887–1916.
5. Chanchal Kumar Kundu, Zhiwei Li, Lei Song, Yuan Hu // European Polymer Journal. 2020. V. 137. 109911
6. Lazar S.T., Kolibaba T.J., Grunlan J.C. // Nat. Rev. Mater. 2020. V. 5, P. 259–275.
7. M. Radetić, D. Marković // Plasma Process. Polym. 2022. V. 19. P. e2100197.
8. Jang H.J. et al // Polymers. 2021. V. 13 N 14. P. 2267.
9. Zill A., Oliveira F.R., Souto A.P. // Plasma Process. Polym. 2014. V. 12. N 2. P. 98–131.
10. Титов В.А., Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Баусов А.М. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2025. № 2 (416). С. 56-65.
11. Agafonov A.V., Sirotkin N.A., Titov V.A., Khlyustova A.V. // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2022. V. 67. № 3. P. 253-261.
12. 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.

УДК 614.842

С. А. Титов, Я. В. Бачурина, Н. М. Барбин, И. А. Зубарев
ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВИЗОРА ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В статье представлено описание технических характеристик тепловизора Guide С640, принцип его действия и возможные области применения. Тепловизор позволяет видеть тепловые излучения, испускаемые горящими объектами и людьми, что помогает принимать правильные решения в условиях ограниченной видимости.

Ключевые слова: тепловизор, тепловое излучение, термограмма, очаг горения, температура, инфракрасное изображение.

S. A. Titov, Ya. V. Bachurina, N. M. Barbin, I. A. Zubarev

OVERVIEW OF THE USE OF A THERMAL IMAGER IN EXTINGUISHING FIRES: EFFICIENCY ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

The article describes the technical characteristics of the Guide C640 thermal imager, its principle of operation and possible applications. The thermal imager allows you to see the thermal radiation emitted by burning objects and people, which helps you make the right decisions in conditions of limited visibility.

Keywords: thermal imager, thermal radiation, thermogram, combustion site, temperature, infrared image.

В современном мире тепловизоры востребованы и применяются в различных отраслях жизнедеятельности человека. Тепловизор Guide C640 является универсальным инструментом для профессионалов, требующих высокой точности измерений и возможности проведения комплексного анализа в различных отраслях: пожарная безопасность, энергетический сектор, научно-исследовательская деятельность. Одна из сфер использования - системы пожарной безопасности. С помощью тепловизоров можно вовремя распознать угрозу и оперативно среагировать на повышение температуры в здании. Это позволит своевременно выявить возгорание и приступить к тушению пожара до причинения существенного материального ущерба.

Пожары представляют собой серьезную угрозу для жизни людей и материальных ценностей. Эффективное тушение пожаров требует от пожарных подразделений быстрого и точного определения местонахождения очага возгорания, выявления потенциальных опасностей и организации спасательных работ. В условиях сильного задымления и ограниченной видимости применение традиционных методов поиска и разведки становится затруднительным, поэтому широкое распространение получает использование тепловизоров, позволяющих видеть «сквозь дым» и обнаруживать объекты, излучающие тепло [1].

В научно-исследовательскую лабораторию пожарной, радиационной и экологической безопасности Уральского института ГПС МЧС России в 2024 году был приобретен тепловизор Guide C640, который применяется в научно-исследовательских работах, в целях проведения измерения и анализа температурных параметров исследуемого объекта (рисунок).

Прибор тепловизор Guide C640 предназначен для работы в следующих условиях:

- температура окружающего и контролируемого воздуха от - 20 °С до + 50 °С;
- относительная влажность окружающего и контролируемого воздуха до 95 % при температуре плюс 25 °С;
- внешние ударные нагрузки на прибор в процессе измерения не более 25 g;

Технические данные прибора:

- питается от сети постоянного тока напряжением 12 В через специальный переходник; через универсальный переходник от сети переменного тока напряжением 220⁺²² В и частотой 50 ± 1 Гц/12 В постоянного тока. Автономно инфракрасная камера питается от перезаряжаемой литий-ионной аккумуляторной батареи, рассчитанной на 3 часа непрерывной работы.



Рисунок. Тепловизор Guide C640

Оптические характеристики прибора:

- минимальная температурная чувствительность 0,04 °С;
- поле обзора Г x В 25 ° x 19 °;
- долговечность детектора – 10 лет;
- цифровое масштабирование инфракрасного изображения – 1-35х кратное непрерывное;
- фокусное расстояние от 0,1 м до бесконечности.

Характеристики дисплея:

- встроенный ЖК-дисплей высокого разрешения с регулируемой яркостью;
- разрешение 1280x720;
- размер 5 дюймов;
- режим работы: инфракрасное изображение, оптическое изображение.

Принцип действия тепловизоров основан на преобразовании теплового излучения от исследуемого объекта, передаваемого через оптическую систему на приемник, в цифровой сигнал и отображении его в виде термограммы на высококонтрастном сенсорном жидкокристаллическом дисплее тепловизора.

Приемник представляет собой неохлаждаемую микроболометрическую матрицу инфракрасных высокочувствительных детекторов фокальной плоскости (FPA). Тепловизор измеряет температуру и отображает распределение температур на поверхности объекта или на границе разделения различных сред. На дисплее тепловизора отображается распределение температур в виде цветового поля, на котором каждой температуре соответствует свой определённый цвет (термограмма) [3].

В отличие от традиционных камер, работающих в видимом диапазоне, тепловизор воспринимает инфракрасное излучение, что позволяет «видеть» тепловые картины даже в условиях полной темноты и задымленности.

Применение тепловизоров на различных этапах тушения пожаров:

1. Обнаружение очага возгорания: тепловизор позволяет быстро обнаружить очаг возгорания даже в условиях сильного задымления, что сокращает время на принятие решения и начало тушения.

2. Оценка обстановки: тепловизор позволяет оценить масштабы пожара, определить путь распространения огня и выявить потенциальные опасности, такие как, обрушение конструкций, наличие взрывоопасных веществ.

3. Ориентирование в пространстве: тепловизор помогает пожарным ориентироваться в незнакомых и задымленных помещениях, определяя расположение стен, дверей и других объектов.

4. Обнаружение людей: тепловизор позволяет обнаруживать людей даже в условиях сильного задымления и темноты, так как температура человеческого тела значительно выше температуры окружающей среды.

5. Определение местонахождение пострадавших: тепловизор позволяет определить местонахождение пострадавших, находящихся под завалами или в труднодоступных местах.

6. Определение эффективности тушения: тепловизор позволяет контролировать эффективность тушения, определяя температуру поверхности и выявляя оставшиеся очаги горения.

7. Контроль распространения огня: тепловизор позволяет контролировать распространения огня на соседние помещения и этажи, что позволяет принять меры по предотвращению дальнейшего распространения пожара.

8. Оценка эффективности охлаждения: тепловизор позволяет оценить эффективность охлаждения конструкций и оборудования предотвращая повторное возгорания.

9. Обнаружение скрытых очагов возгорания: тепловизор позволяет обнаруживать скрытые очаги возгорания, которые могут привести к повторному возгоранию.

10. Оценка безопасности: тепловизор позволяет оценить безопасность обстановки после тушения пожара, выявляя возможные обрушения конструкций или наличие опасных веществ.

Применение тепловизоров при тушении пожаров позволяет значительно повысить эффективность работы пожарных подразделений, сократить время тушения, снизить риски для жизни людей и уменьшить материальный ущерб. Несмотря на некоторые ограничения, эта технология обладает большим потенциалом и перспективами развития. Дальнейшие исследования и разработки в области тепловизионной техники, а также ее интеграция с другими системами пожарной безопасности позволяет создать более эффективные и надежные средства борьбы с огнем [2, 3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архиреев К. Э., Вищекин М. В., Дымов С. М. [и др.] Стандартизация методов эксплуатационных испытаний тепловизоров пожарных // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 15 октября 2020 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная

академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2020. – С. 307-311.

2. Захарцева М. А. Средства пожаротушения и оборудование, применяемое на месте пожара // Актуальные вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения: Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 26–27 сентября 2023 года / Под редакцией А.В. Чупшева, А.И. Зябирова, Д.П. Козлова, Р.В. Петровского. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 66-70.

3. Скрябин В. Е., Войкин В. Е. Применение тепловизоров в пожарно-спасательном деле // Актуальные вопросы профессиональной подготовки пожарных и спасателей: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 20 марта 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 159-163.

УДК: 355.588

А. А. Третьяков, А. А. Мельник, В. В. Папырин

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, НИИПИ

АКТУАЛЬНОСТЬ ИННОВАЦИЙ В ПЕРЕДОВЫХ СИСТЕМАХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассматривается вопрос о перспективах внедрения компьютерных и информационных технологий в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. Представлена их эффективность использования в управленческих и оперативных мероприятиях по чрезвычайным ситуациям. Анализируется применение интеллектуальных систем пожарной безопасности, включая использование дронов для мониторинга и обнаружения пожаров в труднодоступных или удалённых местах, расширение применения автоматических систем пожаротушения, что повысит эффективность предотвращения и тушения пожаров, снизит риски для жизни людей и ущерба для имущества.

Ключевые слова: пожарная безопасность, системы противопожарной защиты, исследования, возгорание, здания, искусственный интеллект, огнестойкость.

A. A. Tretyakov, A. A. Melnik, V. V. Papyrin

THE RELEVANCE OF INNOVATIONS IN ADVANCED FIRE SAFETY SYSTEMS

The article discusses the prospects for the introduction of computer and information technologies in the field of fire safety protection facilities. The effectiveness of their use in management and operational measures for emergency situations is presented. The application of intelligent fire safety systems is analyzed, including the use of drones to monitor and detect fires in hard-to-reach or remote places, the expansion of the use of automatic fire extinguishing systems, which will increase the effectiveness of fire prevention and extinguishing, reduce risks to human life and damage to property.

Key words: fire safety, fire protection systems, research, fire, buildings, artificial intelligence, fire resistance.

В современную цифровую эпоху компьютерные и информационные технологии проникли практически во все сферы нашей жизни, включая пожарную безопасность и охрану окружающей среды. Благодаря развитию цивилизации и достижениям технического прогресса человек сегодня может обеспечить противопожарную защиту максимально возможным использованием негорючих и трудногорючих веществ и материалов вместо пожароопасных, предотвращением распространения пожара за пределы очага применением конструкций объектов с регламентированными пределами огнестойкости и внедрением современных технологий пожаротушения [1].

Пожарная безопасность объектов является ключевым аспектом защиты жизни и имущества, и её актуальность продолжает расти в условиях современного общества. С каждым годом увеличиваются масштабы ущерба от пожаров, что подчеркивает необходимость внедрения передовых технологий для повышения уровня безопасности [2].

Системы противопожарной защиты – это комплекс мер, состоящий из специально направленных мероприятий и технического оснащения, направленных на защиту людей и материальных ценностей от воздействия огня, и его последствий [3].

Пожарная безопасность объектов и населения включает в себя также и системы противопожарной защиты, которые включают в себя:

- 1) пожарная сигнализация и автоматические системы пожаротушения;
- 2) профилактика пожаров при возведении конструкции зданий и сооружений (пропитывания материалов средствами с огнезащитными характеристиками);
- 3) системы и средства защиты от дыма;
- 4) средства защиты людей от последствий пожара и защиты от воздействия опасных факторов пожара [4].

На современном рынке существует бесчисленное количество противопожарных средств. 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.

Примером инноваций в пожарной безопасности является использование смарт-технологий в системах детектирования пожара. Данные системы используют сенсоры и датчики, которые могут обнаружить наличие дыма, огня или повышенной температуры на промышленных и гражданских объектах. Данная система обнаруживает опасность и автоматически отправляет уведомление на центр управления пожарной безопасностью или на мобильное устройство пользователя [5].

Также существуют смарт-технологии для управления эвакуацией людей в случае пожара на объекте. Примером являются системы автоматической оповещения и эвакуации, которые могут использоваться для быстрого оповещения людей о пожаре и предоставления им инструкций по эвакуации. Эти системы могут также обеспечить информацию о местонахождении людей 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 [6].

Противопожарные системы с применением искусственного интеллекта (ИИ) открывают новые возможности в области пожарной безопасности, основываясь на обработке больших массивов данных, поступающих от датчиков и видеокамер. Алгоритмы ИИ позволяют не только анализировать эти данные, но и выявлять потенциальные угрозы на основе подозрительных изменений, что значительно повышает эффективность обнаружения пожара. Умные датчики, оснащенные искусственным интеллектом, способны анализировать окружающую среду, распознавать дым, тепло и угарный газ с высокой точностью. Это значительно снижает количество ложных срабатываний, что особенно важно в жилых и коммерческих зданиях [7].

Благодаря использованию ИИ противопожарные системы также учитывают различные контекстуальные факторы, такие как размеры помещения, его расположение и плотность людей. Это позволяет создавать индивидуальные стратегии реагирования на возгорания, повышая точность и оперативность эвакуации, а также предлагая наиболее эффективные меры для предотвращения распространения огня.

Кроме того, применение ИИ делает противопожарные системы более экономически выгодными. Повышенная точность обнаружения и уменьшение ложных тревог сокращают затраты на эксплуатацию и обслуживание, так как снижается потребность в ненужных ресурсах и реагировании на ложные срабатывания. Это, в свою очередь, способствует улучшению общего уровня безопасности объектов и снижению эксплуатационных расходов.

Внедрение технологий "умных" домов становится всё более важным элементом современного образа жизни, и их применение в сфере пожарной безопасности может существенно повысить эффективность защиты объектов. Одной из ключевых особенностей таких систем является возможность дистанционного контроля пожарных датчиков и систем безопасности через мобильные устройства. Это позволяет владельцам оперативно отслеживать состояние своих домов и при необходимости немедленно реагировать на потенциальные угрозы [8].

Ещё одним преимуществом использования технологий "умного" дома является интеграция с другими системами в доме. Например, при обнаружении возгорания система может автоматически закрыть окна, отключить вентиляцию и кондиционеры, предотвращая распространение огня и дыма. Такая интеграция существенно повышает эффективность противопожарных мероприятий.

Благодаря возможности мгновенного получения уведомлений на смартфон и дистанционного управления системами, владельцы могут быстро принимать решения и действовать, даже находясь далеко от дома. Это особенно важно в ситуациях, когда время реакции играет решающую роль для предотвращения значительного ущерба или спасения жизни.

Применение новых материалов в строительстве и отделке становится ключевым аспектом для повышения пожарной безопасности современных зданий. Одним из инновационных решений в этой области являются интумесцентные материалы, которые при нагревании расширяются и превращаются в пену, создавая огнезащитный барьер, предотвращающий дальнейшее распространение огня. Такие материалы могут быть использованы для защиты стен, потолков и других конструкций, значительно повышая их огнестойкость [9].

Одним из ключевых направлений в развитии систем пассивной пожарной безопасности является применение инновационных материалов и технологий, которые повышают огнестойкость. Примером является современные огнезащитные покрытия и конструкции, которые способны выдерживать экстремально высокие температуры, препятствуя распространению пожара, что значительно улучшает общую пожарную безопасность объектов и позволяет защитить их ключевые элементы в случае возгорания.

Помимо огнестойкости, новые материалы обладают такими важными свойствами, как устойчивость к воздействию влаги, стабильность при температурных изменениях и долговечность. Эти качества делают их идеальными для использования в самых разных климатических условиях, обеспечивая надежную защиту и долговечную безопасность зданий [10].

Важную роль в повышении пожарной безопасности играет модернизация систем эвакуации. Вместо классических указателей и табличек всё чаще применяются современные технологии, такие как светодиодные индикаторы, тактильные сигналы и даже голографические проекции. Эти решения

позволяют людям быстрее и безопаснее находить пути эвакуации, избегая опасных зон и преград на пути к выходу.

Среди инноваций систем эвакуации и спасения — автоматические пожарные лестницы, подвесные платформы и спасательные дроны, которые обеспечат быстрое и безопасное спасение в условиях, где традиционные методы могут оказаться недостаточно эффективными. Оснащенные тепловизорами и системами тушения, они могут быстро достигать очагов возгорания и сбрасывать огнетушащие вещества. Помимо этого, дроны предоставляют данные для координации пожарно-спасательных операций, что делает их важным инструментом для пожарных служб. Основные преимущества дронов: быстрое реагирование, доступ к труднодоступным местам, возможность сбора данных [11].

В настоящее время большее внимание уделяется и 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.

Таким образом, в ближайшее время прогнозируется дальнейший значительный рост интереса к интеллектуальным системам пожарной безопасности, включая использование дронов для мониторинга и обнаружения пожаров в труднодоступных или удалённых местах, расширение применения автоматических систем пожаротушения. Это не только повысит эффективность предотвращения и тушения пожаров, но и значительно снизит риски для жизни людей и ущерб для имущества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяков А.А. и др. Перспективные направления научно-технической деятельности МЧС России на современном этапе // Технические и естественные науки: вчера, сегодня, завтра: Сборник научных статей. – 2024. – С. 98 – 101.
2. Демьянов В.А. и др. Автоматизация процесса управления персоналом с помощью современных информационных технологий // Технические и естественнонаучные исследования в России и за рубежом: от теории к практике: Сборник научных статей. – Москва: Новация, 2024. – С. 58 – 60.
3. Орлов Г.В. и др. Современные проекты применения воздушных робототехнических комплексов в интересах МЧС России // Технические и естественно-научные достижения современности: актуальные вопросы и разработки: Сборник научных статей. – Волгоград, 2024. – С. 172 – 174.
4. Руднев Е.В. и др. Инновационный подход к спасательным работам в Арктической зоне Российской Федерации // Фундаментальные и прикладные исследования в условиях геополитической нестабильности: материалы

XXIII Всероссийской научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2023. – С. 92 – 95.

5. Третьяков А.А. и др. Перспективы применения искусственного интеллекта и робототехники в современных сферах деятельности // Информатизация, цифровизация, технический прогресс: новые возможности и достижения: Сборник научных статей. – Волгоград, 2024. – С. 66– 68.

6. Проценко Т.В. и др. Реализация комплексного подхода к спасательным работам МЧС России в Арктике // Рефлексия. – 2023. – № 6/2023. – С. 25 – 28.

7. Демьянов В.А. и др. Искусственный интеллект, робототехника и время инноваций // Информатизация, цифровизация, технический прогресс: новые возможности и достижения: Сборник научных статей. – Волгоград, 2024. – С. 63 – 65.

8. Нагорный Е.А. и др. Основные направления и методы защиты производственной и социальной инфраструктуры от беспилотных авиационных систем // Рефлексия. – Грозный: НИК «Парадигма», 2024. – № 6/2024. – С. 71 – 77.

9. Мельник А.А. и др. Инновационные проекты развития робототехнических технологий для пожарно-спасательных подразделений МЧС России // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Международной научно-практической конференции. – С. Петербург, 2024. – С. 49 – 53.

10. Папырин В.В. и др. Перспективы деятельности МЧС России в минимизации последствий чрезвычайных ситуаций в Арктике // Научно-исследовательские публикации. – 2024. – № 1/2024. – С. 15 – 18.

11. Бесков М.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.

УДК 614.841.245

Е. В. Федосеев¹, Н. С. Дашин², В. Г. Спиридонова², Н. А. Таратанов²

¹Главное управление МЧС России по Республике Мордовия

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА

В работе проведено исследование влияния токовой перегрузки в электрической сети на провода зарядных устройств различных марок. Рассмотрены особенности поведения оригинальных и неоригинальных зарядных устройств при увеличении тока в сети.

Ключевые слова: электрическая сеть, аварийные режимы работы, токовая перегрузка, зарядные устройства.

E. V. Fedoseev, N. S. Dashin, V. G. Spiridonova, N. A. Taratanov

RESEARCH OF THE IMPACT OF ELECTRIC NETWORK FAILURES ON CHARGING DEVICES

The paper studies the effect of current overload in the electrical network on the wires of various brands of chargers. The features of the behavior of original and non-original chargers are considered when the current in the network increases.

Key words: electrical network, emergency modes of operation, current overload, chargers.

Аварийные режимы работы электрических сетей представляют значительную угрозу не только для функционирования систем электроснабжения, но и для подключенных к ним устройств. Особенно уязвимыми в этом отношении являются зарядные устройства, широко используемые в повседневной жизни для питания многочисленных электронных приборов.

В общемировом масштабе неисправность электроустановок является третьей по частоте причиной возникновения пожаров, составляя 15 % от общего числа случаев [1]. Основной причиной возникновения крупных пожаров на территории Российской Федерации в 2024 году является нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования. Аналогичная тенденция наблюдалась в 2021-2023 годах. Среди источников возникновения пожаров по электротехническим причинам за 2024 год лидирующее место занимают провода и кабели [2].

Одной из причин возникновения аварийных режимов работы электрических сетей является перегрузка. Согласно ГОСТ 18311-80, действие которого на все виды электротехнических изделий, перегрузка представляет собой «превышение фактического значения мощности или тока электротехнического изделия (устройства) над номинальным значением» [3].

При токовой перегрузке происходит нарушение температурного режима проводов и кабелей: они нагреваются из-за нарушения условий теплообмена с окружающей средой, что вызывает разрушение изоляции и, как следствие, может привести к её воспламенению. В отличие от короткого замыкания, при котором нарушение изоляции является причиной аварийного режима, при перегрузке нарушение изоляции выступает возможным следствием данного режима [4].

Зарядные устройства, оставленные подключенными к электросети без нагрузки (без подключенного устройства), заслуживают особого внимания, поскольку являются одним из источников возгораний в бытовых электросетях. Основная причина этого заключается в том, что, оставаясь под напряжением, зарядные устройства продолжают потреблять небольшое количество электроэнергии, что приводит к их нагреву. При длительном подключении они

могут перегреваться, особенно если выполнены из материалов с низким качеством теплоотвода или не оснащены встроенной защитой от перегрузок [5].

Статистика показывает увеличение числа пожаров, произошедших по вине оставленных в розетке зарядных устройств после отключения телефона, ноутбука или планшета. К примеру, трагический случай произошел в ночь с 6 на 7 марта 2022 года в городе Черногорске, где в результате пожара в частном доме погибли двое несовершеннолетних детей. По предварительным данным причиной возгорания стало оставленное в розетке зарядное устройство от мобильного телефона [6].

Основной целью проводимого экспериментального исследования является изучение влияния токовых перегрузок электрических сетей на работоспособность и пожарную безопасность зарядных устройств. Экспериментальное исследование проводилось с использованием специализированного оборудования, обеспечивающего моделирование токовых перегрузок различной кратности и фиксацию параметров исследуемых образцов (рис. 1).

Для регистрации тепловых характеристик исследуемых образцов использовался тепловизор Fluke TI20, обеспечивающий бесконтактное измерение температуры.

В качестве объектов исследования были выбраны кабели зарядных устройств типа USB Type-C, представляющие широко распространенный современный стандарт подключения. Экспериментальное исследование влияния токовых перегрузок на зарядные устройства проводилось для оригинального Samsung Type-C и неоригинального кабеля Type-C (рис. 2).



Рис. 1. Внешний вид установки для моделирования токовых перегрузок



Провод USB Type-C
производства Samsung

Провод USB Type-C
неоригинальный

Рис. 2. Образцы зарядных устройств для проведения испытаний

Температурные измерения с помощью тепловизора Fluke TI20 позволили получить данные о нагреве образцов при различных токовых нагрузках (таблица).

*Таблица. Температурные характеристики образцов
при различных значениях силы тока*

Сила тока, А	Samsung Type-C, °C	Type-C неоригинальный, °C
0	23	23
20	183	93
40	Обрыв	153
60		243
80		360
100		Обрыв

Анализ температурных данных показывает, что Samsung Type-C демонстрирует наивысшую токовую устойчивость, выдерживая ток до 80 А с максимальной зафиксированной температурой 360 °C. При этом неоригинальный Type-C показал наименьшую устойчивость, разрушаясь уже при токе 20 А. Однако в результате визуального анализа поведения исследуемых образцов при увеличении силы тока отмечено, что у Samsung Type-C, несмотря на высокую устойчивость к токовым перегрузкам, при достижении тока 80 А произошло воспламенение изоляции с интенсивным дымообразованием (рис. 3).

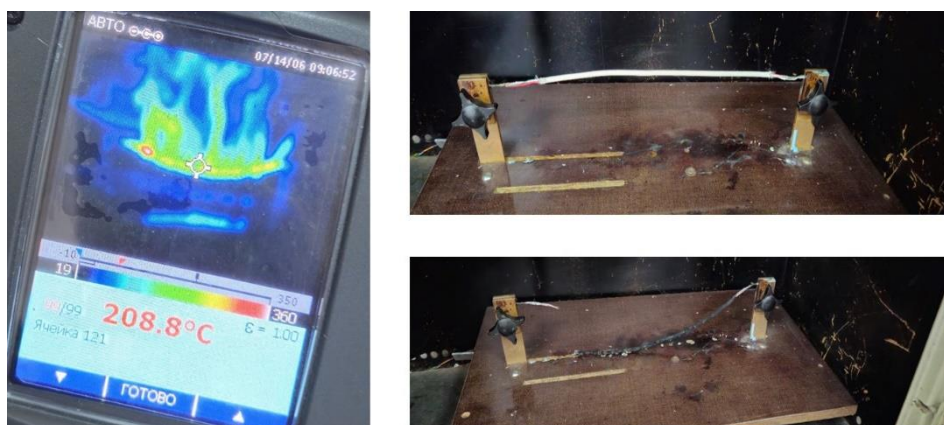


Рис. 3. Термограмма Samsung Type-C в момент воспламенения изоляции,
внешний вид образца до и после исследования

Экспериментальное исследование позволило установить критическое влияние сечения токоведущих жил на устойчивость кабелей к токовым перегрузкам: кабель с сечением 0,3 мм² (Samsung Type-C) выдержали токовую нагрузку до 80 А. Выявлено, что качество изоляционных материалов определяет температурную устойчивость: комбинированная изоляция ПВХ+РЕТ обеспечила стойкость до 360 °C. Установлен единый механизм критического разрушения всех типов кабелей – обрыв провода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Fire Statistics, Report № 29. Center for Fire Statistics of CTIF, 2024. 98 p.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2024 г. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2025. 112 с.
3. ГОСТ 18311-80 «Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий». Введ. 1982-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. 20 с.
4. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок. М.: ООО «Кабель», 2009. 328 с.
5. Федосеев Е.В., Спиридонова В.Г. Пожарная опасность перенапряжения в электрических сетях // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, 21 ноября 2024 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. С. 226-230.
6. Главное управление МЧС России по Республике Хакасия: официальный сайт. Абакан [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://19.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 25.10.2024).

УДК 614.8

Е. Р. Филонова, К. А. Малиёв, Н. М. Панев, Н. А. Набойщикова
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК И ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ПОЖАРОВ, ВЫЗВАННЫХ ПЕРЕГРУЗКАМИ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯМИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

В статье рассмотрены причины пожаров, вызванных токовыми перегрузками и импульсными перенапряжениями, а также современные методы установления причин таких пожаров. Предложена методическая последовательность расследования и ключевые критерии дифференциации.

Ключевые слова: пожары, перегрузка, перенапряжение, импульсные перенапряжения.

E. R. Filonova, K. A. Maliev, N. M. Panyov, N. A. Naboyshchikova

COMPARISON OF METHODS AND DIAGNOSTIC FEATURES IN THE INVESTIGATION OF FIRES CAUSED BY OVERLOADS AND OVERVOLTAGES IN ELECTRICAL INSTALLATIONS

The article discusses the causes of fires caused by current overloads and impulse overvoltages, as well as modern methods for establishing the causes of such fires. It proposes a methodological sequence for investigation and key criteria for differentiation.

Keywords: fires, overload, overvoltage, impulse overvoltages.

Пожары электрического происхождения составляют значительную долю техногенных возгораний. Двумя частыми электротехническими причинами являются длительные токовые перегрузки (превышение номинального тока при отсутствии или не сработке защиты) и импульсные перенапряжения (коммутационные импульсы или импульсы, возникающие в результате воздействия атмосферного электричества), вызывающие пробой изоляции проводки, электрические дуги и воспламенение изоляции и окружающих горючих материалов. Установление перегрузки или перенапряжения в качестве причины пожара имеет важное значение для предупреждения повторных возгораний и вынесения процессуального решения.

Рассмотрим механизмы повреждения проводников при токовых перегрузках и импульсных перенапряжениях.

Длительное или периодическое превышение допустимого тока приводит к постепенному нагреву токоведущих частей и контактов, деградации изоляции, окислению, локальному плавлению и воспламенению при наличии горючих компонентов. Часто сопутствует плохой контакт (неплотная затяжка, коррозия) или недостаточное сечение проводников. [1]

Быстрый рост напряжения вызывает пробой диэлектрика, образование электрической дуги и импульсный выброс энергии, который может вызвать мгновенное пробивание изоляции, эрозию металла и распыление расплавленного металла.

К характерным признакам перегрузки и перенапряжения на месте пожаров можно отнести:

1) формирование очага и локализация повреждений:

перегрузка: очаг часто развивается в местах с постоянной повышенной нагрузкой – распределительные щиты, клеммные рейки, моторные соединения;

перенапряжение: очаг может совпадать с элементом, подвергшимся пробую – изоляция кабеля, входной ввод, электроаппаратура;

2) внешние визуальные признаки и морфология разрушений:

перегрузка: постепенное обугливание, потемнение изоляции с признаками длительного нагрева;

перенапряжение: локальные пробой с отверстиями в изоляции, брызги расплавленного металла и искровые следы на ближайших поверхностях, обугливание с резкими краями;

3) состояние контактов и токоведущих частей:

перегрузка: контакты могут быть перегреты, цвет меди изменён на тёмный/серый, металл может быть «мягким», деформированным; на контактах – признаки «выгорания» вследствие длительного нагрева;

перенапряжение: при дуговом пробое контакты могут иметь точечные углубления, микроповреждения от многократного искрения, на близлежащих деталях – следы выбросов металла, также наведённого импульса молнии на корпусах и соединениях могут присутствовать следы, которые не похожи на продукцию длительного нагрева;

4) остаточные следы и продукты горения:

перегрузка: продукты термического разложения изоляции имеют запах «горелой пластмассы», изоляция может быть размягчена; отсутствуют металлические брызги, характерные для дуги высокого импульсного напряжения;

перенапряжение: присутствие точечных металлических брызг, мелких капель расплавленного металла на ближайших поверхностях; иногда наблюдаются следы окисления от высокотемпературных дуговых процессов;

В рамках установления причины пожара важно связать последнюю с имевшими место быть до пожара внешними факторами. К таким факторам можно отнести:

перегрузка: история нагрузок, увеличение мощности нагрузки, допущенные нарушения в эксплуатации или строительстве (изменение схем, неверный расчёт сечений) [2];

перенапряжение: в день и время события могут быть зарегистрированы всплески в сетях, удары молнии вблизи, аварии у поставщика питания; погодные данные и журналы работы молниезащиты крайне важны [3].

Критерии дифференциации повреждений могут быть следующими:

- геометрия и масштаб повреждения: перегрузка обычно вызывает относительно равномерное нагревание участка проводника, характерен плавный переход от незначимых деформаций к расплавлению, импульс/дуга дают локализованные точечные повреждения, отверстия, следы выплавки и искровые наносы;

- металлургические признаки: при длительном нагреве наблюдаются рекристаллизация, изменение зеренной структуры, характерные зоны отжига (видимые в сечении), а при импульсных пробоях – быстрый нагрев и охлаждение, следы локального испарения, микропористость и следы высокоскоростного расплава;

- окисление и цвет оксидных слоёв: градиент оксидной окраски вдоль проводника указывает на температурный профиль; при локальном пробое оксидные слои концентрированы вокруг центра воздействия;

- повреждения изоляции: термические следы – усадка, потемнение и плавление по большой площади; дуговые следы – прожог изоляции с характерными волокнистыми краями и следами дуговой вспышки;

- поведение аппаратов защиты и записывающей аппаратуры: отсутствие срабатывания автоматов при длительной перегрузке указывает на некорректную настройку/неисправность защиты; при импульсах типично кратковременное воздействие сверхтока, которое может не быть

зарегистрировано старой аппаратурой, но проявиться в виде повреждения устройств защиты от импульсных перенапряжений (далее – УЗИП) [4].

Установлению причин пожара от токовой перегрузки и импульсного перенапряжения будут способствовать:

1) фиксация и сохранение места происшествия: фотографирование, схемы трасс кабелей, маркировка образцов, при необходимости – защита от дальнейшего окисления (вакуумные пакеты) и минимизация механической обработки;

2) электротехнический анализ на месте: определение конфигурации сети, подключений, состояния аппаратов защиты, оценка возможности протекания токов перегрузки (расчёт I^2t для пострадавших проводников), проверка исправности автоматов, УЗИП, заземления;

3) сбор и анализ записей: журналы работы релейной защиты и автоматики (РЗА), осциллограммы электропитания, данные логов источников бесперебойного питания (ИБП), автоматической пожарной сигнализации;

4) макроскопический и микроскопический анализ образцов: срезы проводников и изоляции для оптической микроскопии; металлографический анализ меди/алюминия для выявления зон рекристаллизации;

5) химический анализ нагара и газового состава: инфракрасная спектроскопия и газовая хроматография-масс-спектрометрия для идентификации продуктов пиролиза изоляции и возможных присадок; анализ газов при пробое для определения каналов воспламенения;

6) испытания на воспроизводимость: лабораторная реконструкция событий (имитация перегрузки, испытания на пробой изоляции с моделированием импульсной волны) с измерением термических и электрических параметров, компьютерное моделирование в рамках реконструкции пожара.

Таким образом, на основании вышеизложенного для дифференциации причины пожара от токовой перегрузки или импульсного перенапряжения можно выделить ряд рекомендаций для специалистов [5]:

- сочетать полевой осмотр с лабораторной экспертизой: визуальные признаки дают гипотезы, которые подтверждаются металлографией и другими лабораторными методами;

- сохранять цепи и элементы защитной автоматики для последующей расшифровки: логи часто содержат необходимые ключевые свидетельства;

- учитывать контекст: окружающие горючие материалы, влажность, коррозионную среду и предшествующие ремонты/изменения в схеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ): 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2003. — 912 с.

3. Методические рекомендации по определению очага пожара и изъятию вещественных доказательств с места пожара [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://35.mchs.gov.ru/...> — Дата обращения: 06.10.2025.

4. ГОСТ Р 55630-2013 «Перенапряжения импульсные и защита от перенапряжений в низковольтных системах переменного тока». – М., 2013.

5. Карасев, Е.В. Проведение проверочных действий по факту пожара: учебное пособие / Карасев Е.В. – Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2013. – 174 с.

УДК: 614.84.31

А. Г. Фирсов, М. В. Загуменнова, Е. Н. Малёмина, Т. А. Чечетина
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Статья посвящена вопросу использования и дальнейшему развитию автоматических роботизированных систем тушения пожара. Авторами приведена их существующая классификация, основные технические характеристики и описан общий принцип работы. Приведены примеры использования автоматической роботизированной системы тушения пожара. Особое внимание уделено вопросу использования IT-технологий (в т.ч. систем искусственного интеллекта) в вопросе дальнейшего совершенствования автоматизированных систем пожарной защиты объектов различного функционального назначения.

Ключевые слова: IT-технологии, автоматическая роботизированная система, пожарная сигнализация, пожарный робот, пожарный ствол, объект защиты, искусственный интеллект.

A. G. Firsov, M. V. Zagumennova, E. N. Malemina, T. A. Chechetina

INTEGRATION OF THE AUTOMATED ANALYTICAL SYSTEM FOR SUPPORT AND MANAGEMENT OF CONTROL AND SUPERVISORY BODIES OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

The article is devoted to the use and further development of automatic robotic fire extinguishing systems. The authors present their existing classification, main technical characteristics and describe the general principle of operation. Examples of using an automatic robotic fire extinguishing system are given. Special attention is paid to the use of IT technologies (including artificial intelligence systems) in the issue of further improvement of automated fire protection systems for facilities of various functional purposes.

Keywords: IT technologies, automatic robotic system, fire alarm system, fire robot, fire barrel, object of protection, artificial intelligence.

Интенсивное развитие науки и техники, формирование и использование новых технологий в т.ч. и IT-технологий позволяет сегодня активно внедрять новые системы обеспечения пожарной безопасности. Одно из таких направлений обеспечивающее противопожарную защиту различных видов объектов – это автоматические роботизированные системы тушения пожара (далее – РС) которые по своей сути являются пожарными роботами. В целом под пожарным роботом понимается *«дистанционно управляемое оператором или автоматическое техническое средство, предназначенное для тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ»* [1, с 393].

Деление РС на группы осуществляется с учетом разных классификационных признаков. Например, по способу управления они делятся на следующие виды: автоматические, дистанционные и ручные. В зависимости от используемого вида огнетушащего средства могут быть: водяные, пенные, порошковые и газовые. Также РС могут быть модульного или стационарного типа. В зависимости от привода действия они бывают: электрического, гидравлического, пневматического или комбинированного типа. С учетом интенсивности подачи огнетушащего средства РС делятся на следующие группы: до 20 л/с, до 40 л/с, до 60 л/с, до 100 л/с и свыше 100 л/с. По месту локации (место размещения или монтажа) они делятся на классы: напольные, подвесные, настенные и позиционировано-мобильные. По типу размещения лафетного ствола могут быть: стационарные с фиксированной установкой лафетного ствола, стационарные с подвижной установкой лафетного ствола. Необходимо отметить, что РС использующие воду и пену в качестве огнетушащего средства наиболее эффективны при тушении пожаров класса А и В. Порошковые РС более универсальны и предназначены для тушения практически всех классов пожара. РС использующие для тушения газ (различные виды хладонов и инертные газы) более эффективны при объемном тушении пожаров в закрытых помещениях. Выбор вида РС, огнетушащего средства, способов его подачи и др. технические характеристики определяются еще на этапе проектирования с учетом существующей специфики защищаемого объекта. Основные требования к РС приведены в соответствующих нормативных документах [2-5].

РС представляет собой сложное техническое устройство, установленное на неподвижном основании и имеющее в своей комплектации пожарный ствол с несколькими степенями подвижности (свободы) и предназначенное для автоматического тушения пожара. В состав РС входят несколько функциональных систем: система обнаружения пожара, система управления, система тушения и система мониторинга пожара. Система обнаружения пожара, как правило, основана на автоматической пожарной сигнализации. Включает в себя пожарные извещатели (дымовые, тепловые) и позволяет

быстро идентифицировать пожар по критериальным значениям опасных факторов пожара. Система управления РС обеспечена соответствующими механизмами управления и программным обеспечением с целью определения очага пожара в трехмерной системе координат, позиционирования пожарных стволов и отработки траектории подачи огнетушащего средства. Система тушения пожара, как уже отмечалось выше, комплектуется пожарным стволом и устройствами для подачи огнетушащего средства к месту пожара и определенным запасом огнетушащего средства. Система мониторинга осуществляется за счет встроенной камеры видеонаблюдения или инфракрасного излучения и позволяет определять динамику развития пожара и в дальнейшем корректировать направление подачи огнетушащего средства [1, 6]. Тушение пожара, как правило, начинается с наиболее интенсивного участка места пожара (очага пожара) с переходом в зону с меньшим развитием пожара. При определении дополнительных очагов пожара РС автоматически перенастраивается на их тушение. После успешной ликвидации пожара, система переходит в режим ожидания.

В зависимости от возложенных на РС функциональных задач они могут быть разного исполнения (см. рис. 1) в т.ч. и антивандального. На рис. 1а) приведен пример пожарного мини-робота, который может быть установлен в зданиях и сооружениях административного назначения (объекты образования, здравоохранения, бизнес офисы и т.п.), жилого назначения и др. объектах с массовым пребыванием людей. Данная конструкция РС хорошо вписывается в общий архитектурный облик помещений здания и не нарушает эстетики. Защита производственно-промышленных комплексов, складов и особо важных объектов требуют несколько другого исполнения РС. В частности, на рис. 1б) приведен вариант более мощного пожарного робота осуществляющего пожарную защиту спортивного комплекса.



а) Пожарный мини-робот
ПР-СД-С10Уш-ТРВ-ИК



б) Пожарный робот
ПР-ЛСД-С50У

Рис. 1. Роботизированные системы тушения пожара

Важное место в работе РС имеет правильно настроенное программное обеспечение. Четкая последовательность запрограммированных алгоритмов действий обеспечивает раннее обнаружение очага пожара, своевременную

подачу огнетушащих средств, мониторинг процесса тушения пожара, а также в целом эффективность работы РС, снижение возможных социальных (гибель и травмирование людей) и материальных последствий пожара. Использование IT-технологий также значительно снижает количество ложных срабатываний пожарной автоматики и как следствие – обеспечивает более высокий уровень пожарной защиты объекта. При отказе автоматики, по каким либо причинам, имеется возможность управления РС в ручном режиме. Структура основных элементов и связей автоматической роботизированной системы тушения пожара приведена на рис. 2. Процесс тушения осуществляется двумя и более пожарными стволами по заранее программному алгоритму действий с учетом заложенных ранее координат помещения, либо производится поиск очага пожара и перерасчет координат его локации в реальном времени. Работа РС активизируется при получении сигнала от двух пожарных датчиков системы пожарной сигнализации. В зависимости от категории производства по пожарной опасности РС могут быть общепромышленного исполнения и взрывозащищенного исполнения.

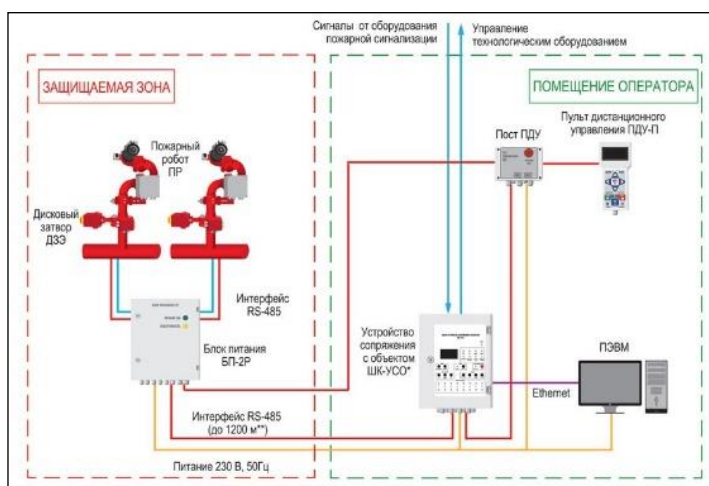


**Рис. 2. Схема работы
автоматической
роботизированной
системы тушения пожара**

Основная цель разработки РС заключается в полной автоматизации обнаружения и тушения пожара. В отличие от традиционных систем пожарной автоматики РС обладают рядом технологических преимуществ, позволяющих обеспечивать «гибкое» тушение пожара в сложных строительно-архитектурных и производственно-технологических условиях. В том числе в труднодоступных или опасных для обслуживающего персонала местах. Осуществлять быструю адаптацию к изменяющимся внешним условиям. При этом участие оператора РС в процессе тушения практически минимальное. Отказ от ручного запуска пожарной автоматики и осуществление функциональных действий в автоматизированном режиме уменьшает время реагирования на пожар в среднем на 15-20 %, что позволяет обнаружить и ликвидировать пожар еще в начальной стадии развития.

Благодаря своим компактным размерам РС может быть установлена на объектах практически любого функционального назначения, что значительно расширяет спектр возможностей обеспечения пожарной безопасности. Данные системы могут устанавливаться в зданиях и сооружениях промышленного назначения. Например, в цехах с высокотемпературным оборудованием и взрыво-пожароопасными веществами и материалами, складских помещениях значительной высоты (с мезонинами) и с большой стоимостью материально-технических ценностей, помещениях серверных и т.д. Также РС эффективны на объектах транспортной инфраструктуры (автомобильные тоннели и подземные парковки, железнодорожные станции и аэропорты и др.), энергетических и нефте-химических комплексов, высотных зданиях и сооружениях и др. объектах защиты с ограниченным доступом подразделений пожарной охраны. Один из примеров использования РС приведен на рис. 3. В качестве объекта защиты от пожара выбран МИК Роскосмос. Наглядными примерами использования РС также являются такие объекты как воздухонапорные сооружения Академии гражданской защиты МЧС России, авиационные ангары аэропорта «Шереметьево-1», «Шереметьево-2» и «Внуково» г. Москва, нефтяные терминалы «Сахалин-1» и «Лукойл-2», спортивные стадионы «Газпром Арена» г. Санкт-Петербург и «Лужники» г. Москва и др.

Дальнейшее развитие РС должно осуществляться с использованием систем искусственного интеллекта. Внедрение такого инструмента позволит значительно повысить технические характеристики РС и обеспечить более эффективную защиту объектов, снизить возможные социальные и материальные последствия пожаров, повысить экономическую устойчивость производственных объектов.



**Рис. 3. Использование
автоматической
роботизированной системы
тушения пожара
при защите объекта
МИК Роскосмос**

По статистике около 30 % пожаров и 80 % погибших при них людей регистрируется в жилом секторе, поэтому целесообразно внедрять новые технологии пожарной защиты (в т.ч. и IT-технологии) в виде РС на объектах жилого назначения. С одной стороны это потребует от всего научного сообщества разработки новых типов РС адаптированных под различные виды объектов жилого строительства, а с др. стороны значительного удешевления существующих систем защиты. Использование РС в защите объектов жилья позволит значительно улучшить обстановку с пожарами и их последствиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная безопасность. Энциклопедия. 3-е изд., испр. и доп. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013. 564 с.
2. ГОСТ Р 53326-2009 «Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний» / КонсультантПлюс URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=458089&cacheid=D6B059E198448DEEA806837B15E18108&mode=splus&rnd=0.9661542205727792#k5TXvxUKMCY92bpS1> (дата обращения: 25.09.2025).
3. ГОСТ Р 51115-97 «Техника пожарная. Стволы лафетные» /Портал про пожарную безопасность propb.ru URL: <https://propb.ru/articles/avtomaticheskie-sistemy-protivopozharnoy-zashchity/> (дата обращения: 25.09.2025).
4. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» /Портал про пожарную безопасность propb.ru URL: <https://propb.ru/articles/avtomaticheskie-sistemy-protivopozharnoy-zashchity/pozharnyy-robot-pozhtekhspas/?ysclid=mg121fzbox66431379> (дата обращения: 25.09.2025).
5. СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» URL: <https://propb.ru/articles/avtomaticheskie-sistemy-protivopozharnoy-zashchity/pozharnyy-robot-pozhtekhspas/?ysclid=mg121fzbox66431379> (дата обращения: 25.09.2025).
6. Гражданская защита. Энциклопедия. Т. III / Под общ. ред. С.К. Шойгу; МЧС России. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2007. – 512 с., илл.

УДК 614.8

О. В. Хаустов, Д. Б. Самойлов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОБЪЕКТАМ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Статья посвящена анализу существующих проблем в области нормирования требований пожарной безопасности к производственным объектам различных отраслей промышленности и предлагает возможные пути их решения.

Ключевые слова: анализ, производственные объекты, промышленность, нормативные требования

O. V. Khaustov, D. B. Samoilov

IMPROVING FIRE SAFETY REQUIREMENTS FOR INDUSTRIAL FACILITIES IN VARIOUS INDUSTRIAL SECTORS

The article analyzes the existing problems in the field of fire safety requirements for industrial facilities in various industries and suggests possible solutions.

Key words: analysis, production facilities, industry, regulatory requirements

Обеспечение пожарной безопасности на производственных объектах различных отраслей промышленности является одной из важнейших задач государства и предприятий. Пожары на производственных объектах могут приводить к значительным материальным потерям, травмам и гибели людей, а также к загрязнению окружающей среды. Эффективная система нормирования требований пожарной безопасности является ключевым элементом в предотвращении пожаров и минимизации их последствий.

В настоящее время существующая система нормирования требований пожарной безопасности, несмотря на постоянное совершенствование, нуждается в дальнейшем развитии и адаптации к современным условиям и технологиям производства. Данная статья посвящена анализу существующих проблем в области нормирования требований пожарной безопасности к производственным объектам различных отраслей промышленности и предлагает возможные пути их решения.

Анализ существующей системы нормирования требований пожарной безопасности: в Российской Федерации система нормирования требований пожарной безопасности базируется на Федеральном законе № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” и комплексе сводов правил (СП), национальных стандартов (ГОСТ) и других нормативных документов. Данная система охватывает широкий спектр требований к различным аспектам пожарной безопасности, включая:

Классификацию зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности.

Требования к объемно-планировочным решениям, строительным конструкциям и материалам.

Требования к системам пожарной сигнализации, пожаротушения, дымоудаления и оповещения людей о пожаре.

Требования к электрооборудованию, вентиляции и отоплению.

Требования к эвакуационным путям и выходам.

Требования к организации пожарной безопасности на предприятии.

Несмотря на обширный характер, существующая система нормирования имеет ряд недостатков, в частности: Недостаточная отраслевая специфика: Существующие нормы часто носят общий характер и не учитывают в полной мере специфические особенности различных отраслей промышленности.

Например, требования к пожарной безопасности на нефтеперерабатывающем заводе должны существенно отличаться от требований к пищевому производству.

Отставание от развития технологий: Нормативные документы зачастую не успевают за быстрым развитием новых технологий и материалов, что приводит к возникновению пробелов в регулировании и затрудняет применение современных решений в области пожарной безопасности.

Избыточные требования: в некоторых случаях нормативные требования могут быть избыточными и не учитывать реальный уровень риска, что приводит к необоснованным затратам на обеспечение пожарной безопасности.

Сложность и противоречивость: Большое количество нормативных документов и их сложная структура затрудняют их применение на практике и могут приводить к противоречивым толкованиям.

Недостаточный учет человеческого фактора: Нормативные требования зачастую не учитывают в полной мере влияние человеческого фактора на возникновение и развитие пожаров, а также на эффективность эвакуации людей.

Пути совершенствования нормирования требований пожарной безопасности:

Для решения вышеперечисленных проблем и повышения эффективности нормирования требований пожарной безопасности к производственным объектам различных отраслей промышленности предлагаются следующие направления совершенствования:

Разработка отраслевых нормативных документов: необходимо разработать и внедрить специализированные нормативные документы, учитывающие специфические особенности каждой отрасли промышленности. Эти документы должны содержать конкретные требования к пожарной безопасности, учитывающие технологические процессы, применяемые материалы и оборудование, а также потенциальные источники опасности. Например, для химической промышленности следует разработать отдельные требования к хранению и транспортировке опасных веществ, а для горнодобывающей промышленности – к предотвращению взрывов газа и пыли.

Внедрение риск-ориентированного подхода: необходимо перейти к риск-ориентированному подходу в нормировании требований пожарной безопасности. Это предполагает проведение оценки рисков на каждом конкретном объекте и разработку мер по их минимизации на основе результатов этой оценки. Риск-ориентированный подход позволяет более эффективно распределять ресурсы на обеспечение пожарной безопасности и избегать избыточных требований.

Актуализация нормативных документов: необходимо регулярно проводить актуализацию нормативных документов с учетом развития технологий и накопленного опыта в области пожарной безопасности. В актуализированных документах должны учитываться новые материалы,

оборудование и технологии, а также результаты исследований пожаров и аварий.

Упрощение и систематизация нормативной базы: необходимо упростить структуру нормативной базы и систематизировать нормативные документы, устранив дублирование и противоречия. Это позволит облегчить применение нормативных требований на практике и снизить вероятность ошибок.

Учет человеческого фактора: необходимо учитывать влияние человеческого фактора на возникновение и развитие пожаров, а также на эффективность эвакуации людей. В нормативных документах должны содержаться требования к обучению и подготовке персонала, а также к разработке планов эвакуации и проведению тренировок.

Развитие методов моделирования пожаров: необходимо развивать методы математического моделирования пожаров и использовать их для обоснования проектных решений и оценки эффективности систем пожарной защиты. Моделирование пожаров позволяет прогнозировать развитие пожара в различных сценариях и выбирать наиболее эффективные меры по его предотвращению и тушению.

Совершенствование системы контроля и надзора: необходимо совершенствовать систему контроля и надзора за соблюдением требований пожарной безопасности на производственных объектах. Это предполагает усиление ответственности предприятий за обеспечение пожарной безопасности, а также повышение квалификации инспекторов пожарного надзора.

Примеры конкретных мероприятий по совершенствованию нормирования:

Разработка отраслевых сводов правил (СП) для химической, нефтегазовой, металлургической, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности.

Внедрение методов количественной оценки риска (QRA) для определения необходимых мер по обеспечению пожарной безопасности на конкретных объектах.

Разработка и внедрение онлайн-сервисов для доступа к актуальной нормативной документации и получения консультаций по вопросам пожарной безопасности.

Организация регулярных обучающих семинаров и тренингов для специалистов в области пожарной безопасности.

Совершенствование нормирования требований пожарной безопасности к производственным объектам различных отраслей промышленности является важной и актуальной задачей. Предложенные в данной статье направления совершенствования, такие как разработка отраслевых нормативных документов, внедрение риск-ориентированного подхода, актуализация нормативной базы, упрощение и систематизация нормативных документов, учет человеческого фактора, развитие методов моделирования пожаров и

совершенствование системы контроля и надзора, позволят повысить эффективность системы обеспечения пожарной безопасности и снизить риски возникновения пожаров на производственных объектах, сохранить жизни и здоровье людей, а также минимизировать материальные потери.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

УДК 543.572.3

А. Е. Чаплыгин, А. Я. Васин

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

ТЕРМИЧЕСКИЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 3,3',5,5'-ТЕТРАМЕТИЛБЕНЗИДИНА И ЕГО ДИГИДРОХЛОРИДА

В работе представлен термический анализ тетраметилбензидаина и его дигидрохлорида, была определена энтальпия плавления обоих веществ. По закону Гесса была рассчитана теплота сгорания. Для тетраметилбензидаина значение составило 37,78 МДж/кг, для дигидрохлорида – 29,43 МДж/кг.

Ключевые слова: термический анализ, ТГ-ДТА, теплота сгорания, энтальпия плавления, 3,3',5,5'-тетраметилбензидин.

A. E. Chaplygin, A. Y. Vasin

THERMAL AND THERMOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF 3,3',5,5'- TETRAMETHYLBENZIDINE AND ITS DIHYDROCHLORIDE

The paper presents a thermal analysis of tetramethylbenzidine and its dihydrochloride, and determines the melting enthalpy of both substances. The heat of combustion was calculated according to Hess's law. For tetramethylbenzidine, the value was 37,78 MJ/kg, and for the dihydrochloride, it was 29,43 MJ/kg.

Key words: thermal analysis, TG-DTA, heat of combustion, enthalpy of fusion, 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine.

Большое количество органических соединений обращается на любом фармацевтическом производстве, поэтому для обеспечения безопасности на должном уровне необходимо иметь представление о пожаровзрывоопасных

характеристиках этих веществ. Сведения о пожаровзрывоопасности веществ указываются в разделе безопасной эксплуатации производства, согласно отраслевому стандарту (ОСТ 64-02-003-2002), причем необходимо учитывать не только пожаровзрывоопасные свойства самих продуктов, но и сырья, и отходов, и даже полупродуктов. Одним из пожаровзрывоопасных свойств является теплота сгорания, которая исследуется в данной статье для двух соединений. В настоящее время серьезные аварии на фармацевтических производствах бывают не редкостью, в том числе и по банальной неосведомленности персонала об опасных свойствах обращающихся веществ [0]. Это является сигналом для промышленности о том, что необходимо тщательно изучать потенциальные опасности на любых производствах.

В данной статье исследуется тетраметилбенздин (ТМБ, $C_{16}H_{20}N_2$) и его дигидрохлорид ($C_{16}H_{20}N_2 \cdot 2HCl$), структурная формула которых представлена на рис. 1. Вещества пришли на замену канцерогенному бензидину в иммуноферментном анализе (ELISA) в качестве субстрата пероксидазы и других многочисленных биохимических тестах [0]. Молекулярная масса веществ 240,35 и 313,27 г/моль, соответственно. Оба вещества представляют собой порошок белого цвета, но разной плотности. Авторами статьи была определена температура плавления с помощью капиллярного метода. Она составила 160-165 °С у ТМБ и 240-245 °С для дигидрохлорида, позже эти данные были подтверждены термическим анализом. Стоит отметить, что у дигидрохлорида ТМБ цвет вещества не менялся вплоть до преодоления точки плавления, после чего образец почернел, в связи с вероятным разложением.

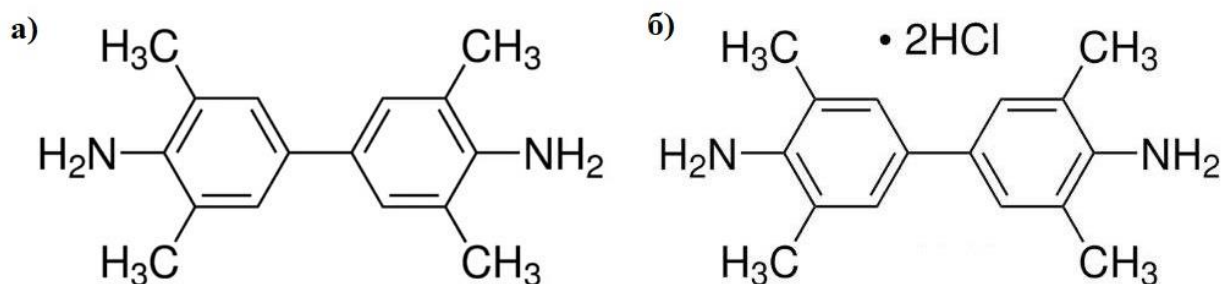


Рис. 1. Структурная формула ТМБ (а) и его дигидрохлорида (б)

Основным исследованием в данной статье является термический анализ соединений, он был проведен с использованием дериватографа модели «С» Паулик-Паулик-Эрдей при разных скоростях нагрева, полученные кривые ТГ-ДТА представлены на рисунках 2, 3.

Первая потеря массы у ТМБ (~ 1-2 %) при температуре 80-120 °С связана с небольшим испарением влаги. Далее отчетливо наблюдается процесс плавления вещества (165-169 °С), не сопровождающийся потерей массы, но с характерным эндотермическим пиком. При температурах 225-340 °С наблюдается термическое разложение с потерей массы навески (~ 63 %) и

сопровождающаяся небольшим размытым экзотермическим эффектом. При температуре около 450 °С начинается выделение тепла, сопровождающееся потерей оставшейся массы навески, это связано с самовоспламенением вещества.

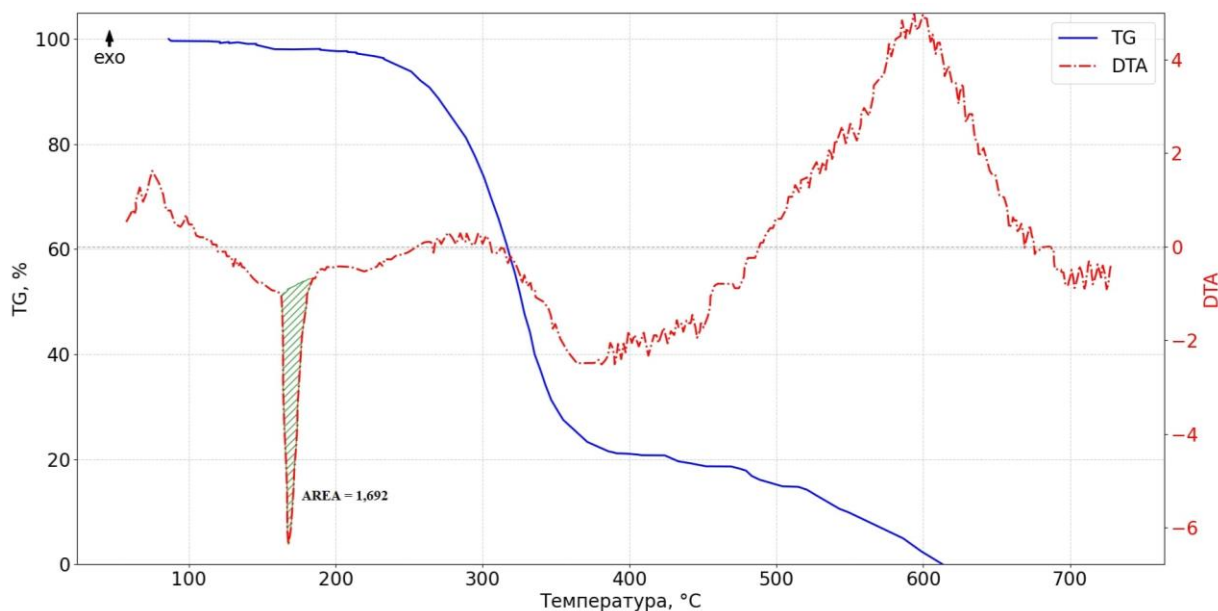


Рис. 2. ТГ-ДТА кривые ТМБ, скорость нагрева 10 °С/мин в атмосфере воздуха

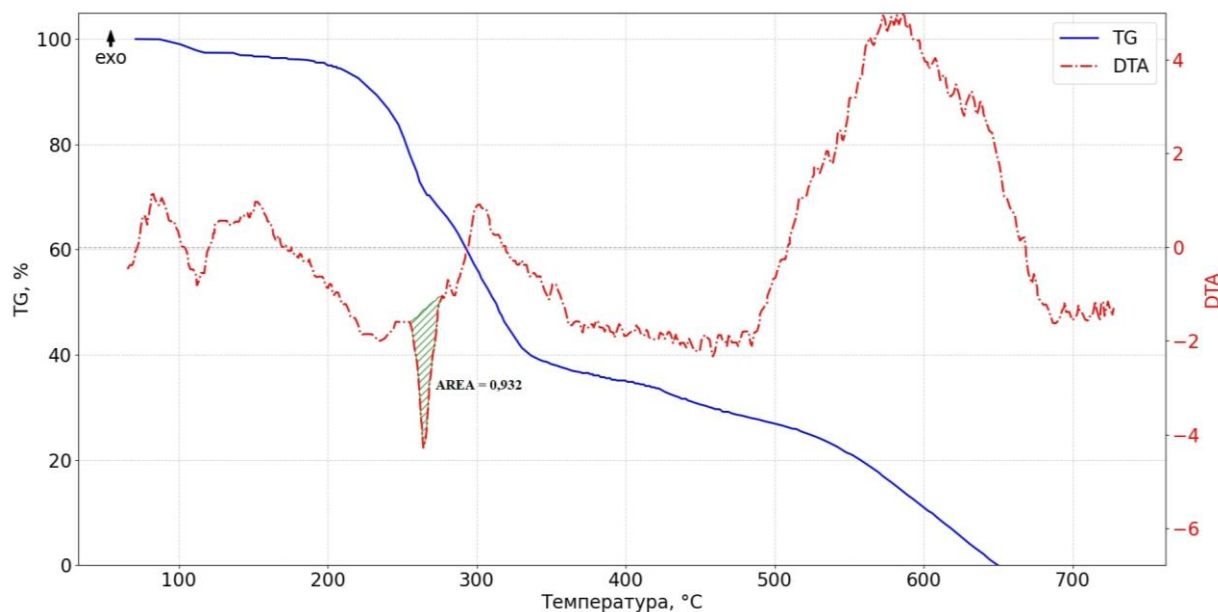


Рис. 3. ТГ-ДТА кривые дигидрохлорида ТМБ, скорость нагрева 10 °С/мин в атмосфере воздуха

Дигидрохлорид ТМБ ведет себя несколько иначе (рис. 3): первый эндозффект при температуре 80-120 °С связан с потерей влаги (4-5 %). Следующий скачок потери массы (~ 24 %) в диапазоне 225-260 °С, вероятнее всего, связан с отщеплением дигидрохлоридных групп, которые составляют 23,4 % от молекулярной массы вещества. Процесс сопровождается небольшим эндозффектом. Такое поведение вещества находит подтверждение в литературе [0]. После чего наблюдается процесс плавления (~ 265 °С), который сопровождается экзотермическим разложением, а также интенсивной потерей массы вещества (~ 26 %). При температуре 470 °С наблюдается второй экзотермический эффект, связанный с самовоспламенением вещества.

Для экспериментального определения величин энтальпии плавления были подобраны вещества с близкими по температуре эффектами: для ТМБ была взята аммиачная селитра (АС) с тепловым эффектом при температуре 165 °С, а для дигидрохлорида использовался кристаллогидрат нитрата лития (LiNO₃), температура плавления которого составляет 255 °С. Зависимость теплоты перехода, массы навески и площади пика кривой ДТА устанавливалась по формуле (1) [0]. В этой же монографии отмечено: при правильном соблюдении условий эксперимента погрешность составляет не более 15 %. Результаты обработки эксперимента при скорости нагрева в 10 °С/мин представлены в таблице.

$$\Delta H_1 = \frac{\Delta H_2 \cdot m_2 \cdot \text{AREA}_1}{\text{AREA}_2 \cdot m_1}, \text{ где} \quad (1)$$

ΔH_1 и ΔH_2 – энтальпии эффектов исследуемого и вещества сравнения, соответственно, Дж/г; m_1 и m_2 – массы навесок исследуемого вещества и вещества сравнения, соответственно, мг; AREA_1 и AREA_2 – площади пиков кривой ДТА исследуемого вещества и вещества сравнения, соответственно, °С·мин.

*Таблица. Экспериментальное определение энтальпий плавления
исследуемых соединений*

Исследуемое вещество	m_1 , мг	AREA_1 , °С·мин	$\Delta H_{\text{пл}}^*$, кДж/моль	m_2 , мг	AREA_2 , °С·мин	$\Delta H_{\text{пл}}$, кДж/моль [0]
ТМБ	20,00	1,692	27,7	10,00	0,179	5,86 (АС)
Дигидрохлорид ТМБ	20,00	0,932	17,8	10,00	1,194	45,57 (LiNO ₃)

*Примечание: * значения получены авторами этой статьи в результате обработки эксперимента по описанной выше методике*

Между эффектами плавления и испарения установлена зависимость (2), которая справедлива лишь для органических соединений [0], таким образом, для наших соединений энтальпии испарения составляют: $\Delta H_{\text{исп}}(\text{ТМБ}) = 77,8$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{исп}}(\text{дигидрохлорида ТМБ}) = 50,0$ кДж/моль.

$$\Delta H_{\text{пл}} \approx 0,356 \cdot \Delta H_{\text{исп}}, \quad (2)$$

Для вычисления теплоты сгорания по одному из методов необходимо определить не только энтальпии плавления, но и энтальпии образования. Эти данные были получены с помощью квантово-химических расчетов в программном комплексе МОРАС 2016 при использовании метода минимизации энергии молекул. Некоторые значения достаточно сильно отклонялись от средней массы, поэтому их было решено отбросить, а остальные значения усреднялись и принимались за искомые. В результате получилось: $\Delta H_f^\circ(\text{ТМБ}) = 32$ кДж/моль, $\Delta H_f^\circ(\text{ТМБ}) = -110$ кДж/моль.

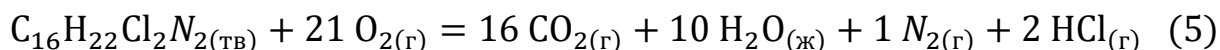
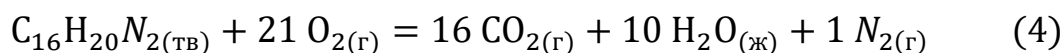
Расчет энтальпий сгорания проводился с использованием закона Гесса по уравнению (3). Это фундаментальный закон в физической химии, который демонстрирует минимальную погрешность в расчетах.

$$\Delta H_{\text{сг}}^\circ = \sum_{i=0}^n \Delta H_{\text{fi}}^\circ v_i - \Delta H_f^\circ, \quad (3)$$

$\Delta H_{\text{fi}}^\circ$ – стандартная энтальпия образования конечных продуктов сгорания; ΔH_f° – стандартная энтальпия образования исходного вещества; v_i – число молей продуктов реакции.

Стоит учитывать, что энтальпия образования исследуемых веществ была найдена для газообразной фазы, поэтому для расчета в твердой фазе, необходимо учитывать переходные процессы, а именно плавление и испарение, тогда $\Delta H_{\text{ф.тв.ф.}}^\circ(\text{ТМБ}) = -73,8$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{ф.тв.ф.}}^\circ(\text{дигидрохлорид ТМБ}) = -17,8$ кДж/моль.

Предварительно напишем реакции горения, и расставим в них коэффициенты (для ТМБ (4), для дигидрохлорида ТМБ (5)):



Далее рассчитываем энтальпию сгорания двух исследуемых веществ. Стандартные теплоты образования исходных веществ и продуктов сгорания представлены в справочнике [0]. В результате расчетов по закону Гесса получились следующие теплоты сгорания исследуемых веществ: $\Delta H_{\text{сг, 298, (ТВ)}}^\circ(\text{ТМБ}) = -37,78$ МДж/кг, $\Delta H_{\text{сг, 298, (ТВ)}}^\circ(\text{дигидрохлорида ТМБ}) = -29,43$ МДж/кг.

Капиллярным и ДТА методами для двух исследуемых веществ установлены значения температур плавления. Определены значения температур начала интенсивного термического разложения – у обоих веществ она составила 225 °С. Установлено, что первичной стадией термического разложения дигидрохлорида ТМБ является отщепление групп HCl от молекулы вещества. Рассчитаны величины теплот сгорания, у ТМБ 37,78 МДж/кг, у дигидрохлорида 29,43 МДж/кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шушпанов А.Н., Васин А.Я., Райкова В.М. Исследование причин и последствий взрыва на фармацевтическом производстве // Химическая промышленность сегодня. — 2024. — № 4. — С. 48-54.
2. Крывшенко Г.А., Беклемишев М.К. Определение антиоксидантов с помощью реакций окисления 3,3',5,5'- тетраметилбензидина персульфатом и периодатом // Химия растительного сырья. - 2011. - №1. - С. 123-128.
3. А.Я. Васин, П.Д. Миловидов, Н.И. Акинин [и др.] Термический анализ и пожаровзрывоопасные свойства новых фармацевтических препаратов// Химическая промышленность сегодня. – 2025. – № 3. – С. 46-52.
4. Уэндландт У. Термические методы анализа. //М.: Мир, 1978. – 526 с.
5. Косинцев В.И., Михайличенко А.И., Крашенинникова Н.С., Миронов В.М., Сутягин В.М. Основы проектирования химических производств: Учебник для вузов // М.: ИКЦ «Академкнига» 2010. – 371 с.
6. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Асс. «Пожнаука», 2004 г. – Ч.1. – 713 с.

УДК 614.841.3

Л. В. Чекарев

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение
дополнительного профессионального образования «УМЦ ГО и ЧС»

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИЙ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассмотрены вопросы, направленные на повышение уровня обеспечения пожарной безопасности за счет применения современных информационных технологий.

Ключевые слова: пожарная безопасность, инновационные технологии, пожары, воздушная разведка, автоматизированные системы пожаротушения, системы оповещения.

L. V. Chekarev

APPLICATION OF MODERN INNOVATIONS TO ENSURE FIRE SAFETY

The article discusses issues aimed at improving fire safety through the use of modern information technologies.

Key words: fire safety, innovative technologies, fires, aerial reconnaissance, automated fire extinguishing systems, and warning systems.

Вопросы обеспечения пожарной безопасности (далее-ПБ) всегда остаются актуальными. Научно-технические достижения позволяют значительно повысить ее и обеспечить надежную защиту населения от воздействия пожаров. Внедрение современных решений и технологий, наряду с использованием традиционных методов, позволяет более эффективно реагировать и минимизировать их последствия.

Системы обнаружения и тушения очагов возгорания, которые были приняты десятки лет назад, постепенно уступают место современным информационным системам, основанным на инновационных технологиях и достижениях науки и техники.

Внедрение инноваций позволяет:

значительно повысить скорость и точность обнаружения источников возгорания с учетом применения современных средств разведки (спутники, авиация и беспилотные летательные аппараты);

улучшить общий уровень пожарной безопасности объектов за счет применения современных огнестойких материалов в строительстве и отделке конструкций;

уменьшить материальный ущерб от воздействия огня для государства, общества, физических лиц и бизнеса;

сократить время реагирования на пожары, что резко уменьшает количество жертв и разрушений;

широко применять автоматизированные системы тушения огня, используя водяные, газовые и пенные установки;

обнаружить пожар на начальной стадии, применяя проводные и беспроводные системы, автономные, газовые и термодатчики;

оперативно довести информацию, представляющую опасность по автоматизированным системам оповещения до органов управления, работников организаций и населения.

Это дает возможность успешно справиться с угрозами, возникающими при пожарах и открывает новые горизонты управления рисками для пожарных и спасателей, на которых лежит огромная ответственность за судьбы людей, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации.

Неотъемлемой составляющей для ведения воздушной противопожарной разведки в настоящее время стали беспилотные летательные аппараты. Их достоинство в мобильности, они не потребляют большого количества топлива,

оснащены системами видеонаблюдения и фотофиксации, а их применение позволило значительно повысить эффективность обнаружения возгораний, наводнений и паводков, что значительно облегчило работу сотрудников МЧС России. С их помощью оператор способен критически оценить обстановку, особенно в условиях быстрого распространения огня в лесных массивах и сельских поселениях, где дома в основном деревянные. Оснащенные современным оборудованием они помогают выявить очаги возгорания на ранних стадиях. Это позволяет правильно распределить имеющиеся аварийно-спасательные формирования и потушить огонь меньшими силами и средствами, значительно экономя время, материальные и денежные средства государства. Дроны также выполняют различные задачи по мониторингу сельскохозяйственных угодий и лесов, дачных поселков и автострад, где могут произойти различные аварийные ситуации и возгорания. Их преимущества: быстрота, безопасность, возможность наблюдения в труднодоступных местах (тайга, болота, горная местность, акватория водных объектов).

С резким ростом строительства промышленных объектов и жилого фонда, а также многообразием используемых для этого материалов, внедрение инноваций, позволяющих сохранить жизнь и обеспечить защиту имущества населения становится не просто желанием, а необходимостью.

Важным компонентом пожарной безопасности является внедрение новых строительных материалов, к которым относятся огнестойкие бетонные смеси, современные полимеры и покрытия, минеральные плиты, огнеупорные соли, которыми проводится наружная обработка деревянных и текстильных изделий. Важно, то при их выборе должны учитываться не только технические характеристики, но и условия эксплуатации. Степень огнестойкости является основной составляющей обеспечения пожарной безопасности, где широко применяются современные инновации.

Автоматизированные системы тушения становятся одним из важнейших элементов в борьбе с огнем и направлены на мгновенное реагирование в случае возгорания. Они обязательно устанавливаются во вновь строящихся жилых домах, учреждениях образования, культуры и здравоохранения. Большинство из них, автономные, то есть не требуется присутствия человека, время реагирования минимально. Там, где они установлены, значительно сокращается материальный ущерб при возгораниях. Датчики, сенсоры и искусственный интеллект определяют наличие пожара в помещении, активируют систему пожаротушения, которая немедленно срабатывает и локализует очаг возгорания. Преимущества: мгновенное обнаружение и тушение огня, возможность удаленного управления системой через Интернет, экономичный расход огнетушащего вещества (воды, пены, газа), снижение числа пострадавших до минимума. Недостатки: они требуют правильного проектирования, случае неисправности системы пожаротушения результат нулевой, значительные финансовые затраты при установке и регулярном техническом обслуживании.

Важным фактором обеспечения безопасности является оповещение людей о пожаре, которое осуществляется подачей световых, звуковых или речевых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Информация, передаваемая системами оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, должна соответствовать информации, содержащейся в разработанных и размещенных на каждом этаже зданий, и сооружений планах эвакуации людей [ст. 84, 1].

Перед началом концерта или кинофильма руководитель организации обеспечивает информирование зрителей о мерах пожарной безопасности путем трансляции речевого сообщения либо демонстрации перед началом сеансов в кинозалах видеосюжетов о порядке их действий в случае возникновения пожара [п. 102, 2].

Современные инновации трансформируют подходы к обеспечению ПБ, обеспечивая более высокую степень ее защиты. С каждым годом в нашей стране увеличивается количество так называемых «умных домов», где автономные системы контроля обеспечивают выполнение различных функций жизнеобеспечения и безопасности людей. Информационные технологии позволяют обеспечить более высокую степень защиты в области пожарной безопасности, которая является ключевым фактором совершенствования и развития нашего общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ.
2. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 №1479.

УДК 614.842.611

А. К. Черивханова, П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Статья посвящена особенностям и правильным методам тушения лития, широко применяемого в производстве аккумуляторных батарей, электроники и промышленной сфере. Описываются причины, почему обычные способы пожаротушения непригодны и даже опасны при работе с литием. Представлены специализированные средства, рекомендованные для эффективного тушения лития, такие как порошковые огнетушители класса D и графитовые порошки.

Ключевые слова: литий, аккумулятор, горение, пожар, тушение, порошок.

A. K. Cherivkhanova, P. V. Puchkov

FEATURES OF LITHIUM BATTERY EXTINGUISHING

The article is devoted to the features and correct methods of extinguishing lithium, which is widely used in the manufacture of batteries, electronics and the industrial sector. The reasons why conventional fire extinguishing methods are unsuitable and even dangerous when working with lithium are described. Specialized products recommended for effective lithium extinguishing are presented, such as Class D powder fire extinguishers and graphite powders.

Key words: lithium, battery, combustion, fire, extinguishing, powder.

Литий — это мягкий пластичный металл серебристо-белого цвета (см. рис. 1), принадлежащий группе щелочных металлов, характеризующийся повышенной химической активностью. Следует отметить, что литий — это еще и самый легкий металл на Земле, он легче воды в два раза ($\rho = 0,53 \text{ г/см}^3$). Он обладает относительно низкой температурой плавления $T=180^\circ\text{C}$. Из-за высокой химической активности литий не встречается в природе в металлическом состоянии, а встречается в химически связанном (ионном) состоянии, например в виде слюды лепидолит (рис. 2).



Рис. 1. Литий металлический



Рис. 2. Лепидолит

В настоящее время литий активно используют для изготовления аккумуляторных батарей. В литий-ионных аккумуляторах ионы лития переносят заряд от катода к аноду и наоборот. Это обеспечивает эффективное накопление и отдачу энергии. Кроме того, литий-ионные аккумуляторы обладают высокой плотностью энергии, длительным сроком службы и низкой скоростью саморазряда.

Широкое применение лития в аккумуляторных батареях, электронике, металлургии, ядерной энергетике делает проблему тушения лития актуальной и важной задачей. Из-за особенностей химического состава и поведения лития стандартные методы пожаротушения неэффективны и могут быть даже опасны.

Далее рассмотрим специфику процесса тушения лития и рекомендуемые средства пожаротушения. Процесс горения лития имеет некоторые особенности. При взаимодействии с кислородом воздуха литий быстро окисляется, образуя оксид лития. Данный процесс сопровождается интенсивным выделением тепла и ярким пламенем. Литий также активно взаимодействует с водой, вызывая бурную реакцию с образованием водорода и большого количества тепла, что в свою очередь усиливает интенсивность горения. Поэтому традиционные огнетушащие средства, такие как вода и углекислотные огнетушители, противопоказаны при тушении аккумуляторных батарей, содержащих в своем составе литий. Далее рассмотрим опасности и последствия неправильного тушения лития.

Неправильное тушение лития может привести к серьезным последствиям:

образованию взрывоопасных газов (водорода), увеличению интенсивности горения и расширению зоны горения, возникновению риска взрыва аккумулятора или оборудования, содержащего литий (рис. 2), угроза повреждения окружающей среды, оборудования и другого ценного имущества.



Рис. 2. Замыкания и последующее горение литий-ионного аккумулятора [1]

Поэтому важно применять правильные методы и средства тушения, чтобы минимизировать риски и обеспечить безопасность как самих участников тушения пожара, так и окружающих людей.

Для тушения литиевых аккумуляторов рекомендуется использовать следующие методы:

- специальные сухие порошковые огнетушители класса D предназначенные именно для тушения металлических веществ, включая литий. Их активные компоненты подавляют химическую активность металла, прекращают взаимодействие с воздухом и снижают температуру реакции.

- графитовые порошки являются эффективным средством для тушения лития. Они создают защитную пленку на поверхности металла, изолируя его от кислорода и уменьшая интенсивность горения [2, 3].

Использование специализированных систем пожаротушения, оснащенных автоматическими датчиками и средствами доставки порошка, обеспечивает быстрое реагирование и эффективное тушение лития. Такие системы часто устанавливаются на предприятиях, работающих с литием и литиевыми аккумуляторами.

Для предупреждения возникновения пожара с участием лития необходимо соблюдать следующие правила:

- хранить литий следует в сухих помещениях с ограниченным доступом кислорода.
- обучать персонал правилам обращения с литием и методам его тушения.
- производить регулярную проверку состояния оборудования и своевременное устранение неисправностей.
- обеспечить наличие необходимых средств пожаротушения и регулярное обслуживание огнетушителей.

Правильная организация процессов хранения, транспортировки и обработки лития играет ключевую роль в обеспечении пожарной безопасности. Использование эффективных методов тушения и соблюдение мер предосторожности позволяют свести к минимуму риски возникновения пожаров и аварийных ситуаций. Важно помнить, что ответственность за безопасность лежит на каждом участнике производственного процесса, начиная от руководства предприятия и заканчивая рядовыми сотрудниками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://погрузчики-тойота.рф/image/data/Stati/1/vozgoranie-litievoi-batarei.jpeg>
2. Киселев, В. В. Использование терморасширенного графита в пожарной технике / В. В. Киселев, В. А. Полетаев, П. В. Пучков // NovaInfo.Ru. – 2018. – Т. 1, № 84. – С. 30-33. – EDN UOEOVU.
3. Пучков, П. В. Термический анализ легкоплавких двухкомпонентных сплавов / П. В. Пучков // NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 1, № 54. – С. 42-50. – EDN UQQTOO.
4. Ерёмина Е.А., Рыжова О.Н. Глава 14. Щелочные металлы // Справочник школьника по химии. - М.: Экзамен, 2009. - С.224-231. - 512 с. - 5000 экз. - ISBN 978-5-377-01472-0
5. Анализ конструкций мобильных устройств для тушения ландшафтных пожаров / А. А. Покровский, В. В. Киселев, П. В. Пучков, А. А. Сидоров // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 3(52). – С. 53-61. – EDN BOXASD.

УДК: 669:620.19

А. Ф. Чудакова, С. А. Сырбу

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА МЕТАЛЛОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ СЕРОВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ

Сероводород значительно влияет на интенсивность коррозионных процессов, развивающихся в сталях. Одним из наиболее опасных видов коррозии следует считать сероводородную коррозию, поскольку только воздействие сероводорода способно вызывать в металле не только повышенное общее коррозионное поражение его поверхности, но и его расслоение, а также образование в нем сквозных трещин. Одним из методов предотвращения коррозии стали является создание композиционных покрытий на её поверхности. Этот подход может быть использован для защиты внутренней поверхности технологического оборудования в нефтехимической промышленности.

В работе приведены результаты металлографических исследований коррозионного поражения образцов стали марки «СтЗсп» после экспонирования в лабораторной установке с содержанием 2 об.% сероводорода в течение 100 суток. Проведен сравнительный анализ коррозионных повреждений образцов без защитного покрытия и образца, покрытого композиционным материалом на основе полимочевины с наполнителем – механической смесью угля и диоксида титана.

Установлено, что композиционное покрытие эффективно защищает стальную поверхность от образования пиррофорных отложений и обеспечивает антикоррозионную защиту, предотвращая развитие глубинной коррозии стали марки «СтЗсп».

Ключевые слова: сероводородная коррозия, пиррофорные отложения, композиционные материалы, коррозионная стойкость, сталь.

A. F. Chudakova, S. A. Syrbu

POSSIBILITIES OF USING THE METALLOGRAPHY METHOD TO ASSESS THE CONSEQUENCES OF HYDROGEN SULFIDE CORROSION OF STEEL

Hydrogen sulfide significantly affects the intensity of corrosion processes developing in steels. Hydrogen sulfide corrosion should be considered one of the most dangerous types of corrosion, since only exposure to hydrogen sulfide can cause metal not only increased overall corrosion damage to its surface, but also its stratification, as well as the formation of through cracks in it. One of the methods to prevent corrosion of steel is to create composite coatings on its surface. This approach can be used to protect the inner surface of process equipment in the petrochemical industry.

The paper presents the results of metallographic studies of corrosion damage to steel samples of the «St3sp» brand after exposure in a laboratory unit with a content of 2 vol.% hydrogen sulfide for 100 days. A comparative analysis of the corrosion damage of samples without a protective coating and a sample coated with a composite material based on polyurea with a filler – a mechanical mixture of coal and titanium dioxide.

It was found that the composite coating effectively protects the steel surface from the formation of pyrophoric deposits and provides anti-corrosion protection, preventing the development of deep corrosion of steel grade "St3sp".

Key words: hydrogen sulfide corrosion, pyrophoric deposits, composite materials, corrosion resistance, steel.

До настоящего времени на предприятиях по хранению и переработке нефти периодически происходят пожары, вызывающие не только потерю нефти и нефтепродуктов, но и катастрофы различной значимости. Пожары и взрывы на нефтехранилищах и на нефтеперерабатывающих предприятиях часто происходят вследствие коррозии контактирующего металла внутренней поверхности резервуаров, которая приводит не только к утонению стенок оборудования вплоть до их локальной сквозной перфорации, но и к образованию пирофорных коррозионных отложений, вызывающих самовозгорание нефти. В нефтедобывающей отрасли эти отложения зачастую представляют собой смесь продуктов реакции взаимодействия сероводорода и железа [1].

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к созданию новых способов улучшения поверхностных свойств металлов для увеличения их коррозионной стойкости. Композиционные покрытия - составляют основной арсенал специальных средств антикоррозионной защиты, что позволяет создать барьер на внутренних стенках резервуаров от коррозионно-агрессивного воздействия всех агрессивных сред нефти, а также препятствуют проникновению сероводорода и химически активных соединений серы к металлическим поверхностям и предотвращают процесс образования на них образования пирофорных отложений. Введение новых уникальных добавок, синтезированных специально для этой задачи, значительно увеличивает эффективность покрытий.

Необходимо подчеркнуть, что защитное действие покрытия реализуется посредством образования на поверхности металлического изделия сплошной пленки, которая предотвращает агрессивное воздействию окружающей среды и защищает металл от разрушения. Высокое качество пленки и ее хорошая адгезия обеспечиваются равномерным распределением покрытия по поверхности металла и упорядоченным расположением частиц наполнителя.

Улучшение качества защитных покрытий зависит не только от свойств отдельных компонентов, но и от состава покрытия в целом. Повышение качества модифицированных покрытий достигается за счёт создания структур с высокой адгезией к металлической поверхности [2].

Металлографические исследования позволили судить о глубине коррозионного поражения образцов после коррозионных испытаний [3]. Определение сравнительной коррозионной стойкости проводили на образцах с покрытием, где в качестве матрицы композитного состава использовалась полимочевина, а в качестве наполнителя применялась механическая смесь 1 масс. ч. часть диоксида титана и 3 масс. ч. активированного угля. Исследуемые образцы экспонировались в лабораторной установке в течение 100 суток, в которой были симитированы условия паровоздушного пространства резервуара для хранения нефти. Пары нефти образовывались естественным образом в результате испарения нефти из емкости, расположенной в установке. Концентрация сероводорода доводилась до 2 % об. путем наполнения установки газом из внешнего источника.

Глубина коррозионного поражения металла определялась путём сравнительного анализа разницы толщины между участком поверхности, подвергшимся коррозии, и участком, не затронутым коррозией, либо путём непосредственного сравнения глубины коррозионного поражения от поверхности, которая осталась неповреждённой или подверглась незначительному воздействию коррозии. Для определения взаимосвязи между глубиной коррозионных повреждений стальных образцов проводился сравнительный анализ в области их боковой поверхности.

Для оценки защитных свойств покрытия были проведены испытания исходного материала — стали без покрытия. На рис. 1 представлена микроструктура поверхности стали исходного образца, в котором не наблюдается дефектов - пор, нарушений сплошности и т.д., что повлияло бы на объективность коррозионных испытаний.

На рис. 2 показан участок поверхности незащищенного образца стали, экспонировавшегося в лабораторной установке под воздействием сероводорода, с характерным коррозионным поражением металла. Видно интенсивное растворение

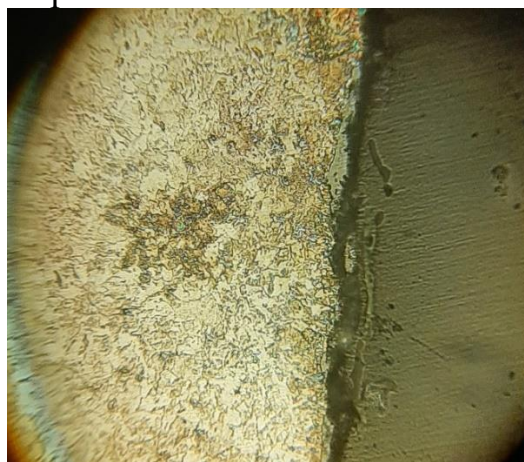


Рис. 1. Фотография микроструктуры исходного образца стали (без покрытия) до экспонирования в лабораторной установке

металла, сопровождающееся образованием довольно широких коррозионных язв, которые могут быть дополнительным источником концентрации напряжений для зарождения трещин. Наблюдаемые трещины имеют коррозионный характер, а полости трещин заполнены продуктами коррозии. Вертикальной линией обозначена начальная боковая поверхность образца, стрелка указывает на глубину коррозионного поражения. На основании результатов металлографических исследований можно сделать вывод, что

трещины на исследуемом участке образца являются коррозионными повреждениями, распространяющимися вглубь металлической структуры.

На рис. 3 показана микроструктура поверхности образца стали, обработанной композиционным материалом на основе полимочевины с диоксидом титана и активированным углем, после экспонирования в лабораторной установке в течение 100 суток и удаления защитного покрытия. На макрофотографии поперечного сечения микрошлифа отчетливо видна полоса, представляющая собой коррозионно-устойчивый слой стали, образовавшийся в результате покрытия. Можно заметить, что область, обработанная композиционным материалом, не подверглась разрушению, в то время как необработанная поверхность покрылась слоем коррозии. Это является наглядным подтверждением защитных свойств композиционного покрытия.

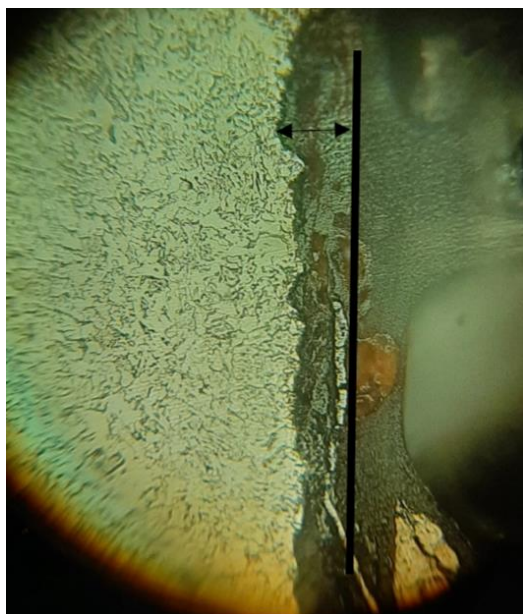


Рис. 2. Фотография микроструктуры образца стали без покрытия после экспонирования в лабораторной установке в течение 100 суток

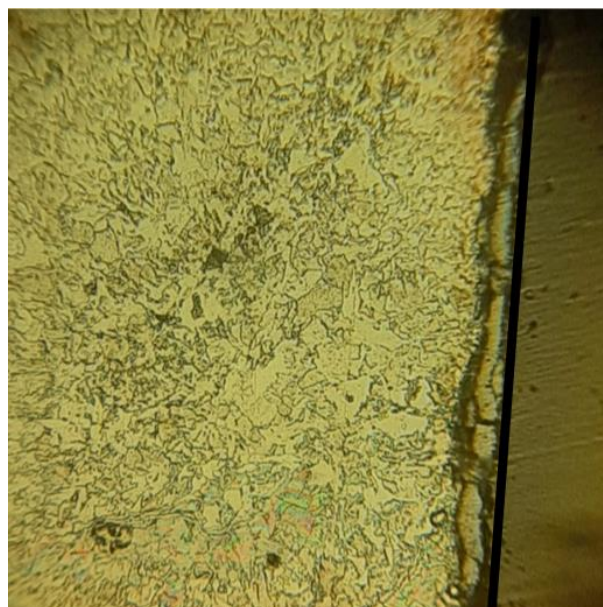


Рис. 3. Фотография микроструктуры образца стали после экспонирования в лабораторной установке в течение 100 суток и удаления защитного покрытия

Таким образом, проведены металлографические исследования поверхности образцов из стали марки «СтЗсп», испытанных в течение 100 суток на общую коррозионную стойкость в лабораторной установке, где были симитированы условия паровоздушного пространства резервуара для хранения нефти. На основании проведенного исследования и анализа полноты наблюдаемых параметров (распространение коррозионных повреждений вглубь металла) можно утверждать, что после испытаний защитное покрытие не разрушено, очаги коррозии под покрытием отсутствуют.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что защитное покрытие, представляющее собой композиционный материал с полимочевинной матрицей и механической смесью угля и диоксида титана в качестве наполнителя, обладает защитным антикоррозионным свойством и предотвращает распространение глубинной коррозии образцов стали марки «СтЗсп». Таким образом, защита паровоздушного пространства технологического оборудования для хранения нефти с помощью нанесения композиционных материалов весьма перспективна, поскольку позволяет защитить сталь не только от образования пиррофорных отложений на поверхности, но и от глубинной коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коррозия внутренней поверхности резервуаров с сернистой нефтью и пиррофорные свойства образующихся отложений / И. Р. Бегишев, И. И. Реформатская, А. Н. Подобаев, И. И. Ащеулова // Практика противокоррозионной защиты. – 2020. – Т. 25, № 1. – С. 44-50. – DOI 10.31615/j.corros.prot.2020.95.1-6. – EDN GLZRTZ.
2. Влияние защитного покрытия на основе органического связующего на коррозионную устойчивость стали / А. А. Яковлева, Е. А. Анциферов, Е. А. Гусева, С. В. Садловский // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – Т. 9, № 4(31). – С. 600-611. – DOI 10.21285/2227-2925-2019-9-4-600-611. – EDN KUYJNV.
3. Металлографические и коррозионные исследования металлических покрытий, напыляемых на сталь 30ХГСА / Н. Н. Сергеев, М. В. Ушаков, А. Н. Сергеев [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 7. – С. 35-52. – EDN FANQJH.

УДК 614.849

С. М. Шарымова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СУДЕБНОЙ ПРАКТИКИ ПО ВОПРОСУ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Автором проведен анализ судебной практики по привлечению к ответственности за нарушения пожарной безопасности на автотранспортных предприятиях, даны рекомендации для минимизации правовых рисков для субъектов предпринимательской деятельности на данных предприятиях.

Ключевые слова: пожарная безопасность, автотранспортное предприятие, судебная практика, административная ответственность, МЧС России, противопожарный режим.

S. M. Sharymova

ANALYSIS OF JUDICIAL PRACTICE ON THE ISSUE OF FIRE SAFETY OF A MOTOR TRANSPORT COMPANY

The author analyzes judicial practice on bringing to justice for violations of fire safety at motor transport enterprises, and provides recommendations for minimizing legal risks for business entities at these enterprises.

Key words: fire safety, motor transport company, judicial practice, administrative responsibility, Ministry of Emergency Situations of Russia, fire safety regime.

Автотранспортные предприятия (далее - АТП) относятся к категории объектов с массовым посещением людьми и повышенной пожарной опасностью. Это обусловлено наличием легковоспламеняющихся жидкостей (топливо, масла, растворители), горючих материалов (шин, отделочных материалов), сложного электрооборудования, а также процессов, связанных с применением открытого огня (сварочные работы) [1]. В связи с этим соблюдение требований пожарной безопасности (далее-ПБ) является для АТП не только технической задачей, но и ключевым вопросом правовой и финансовой стабильности [2, 3]. Отдельные вопросы правоприменения в области ПБ рассматривались учеными [4-12]. Однако, судебная практика в области ПБ на объектах АТП должного анализа и обобщения не получили.

Целью проведенного исследования являлось выявление, систематизация и анализ наиболее распространенных нарушений требований ПБ на АТП, которые становятся предметом судебного рассмотрения, а также определение основных тенденций в правоприменительной практике.

В соответствии с данной целью были поставлены задачи исследования:

- 1) выделить типичные составы правонарушений и проанализировать судебную практику по ним;
- 2) определить проблемные аспекты доказывания и правовые позиции сторон.
- 3) предложить рекомендации для минимизации правовых рисков для субъектов предпринимательской деятельности на данных предприятиях

В рамках решения первой задачи исследования был проведен анализ судебных актов, который позволил выделить четыре устойчивых группы нарушений, наиболее часто влекущие привлечение к административной ответственности по ч. 1 или 2 ст. 20.4 КоАП РФ [1, 13].

К первой группе следует отнести нарушения, связанные с содержанием территории и помещений:

- загромождение территорий и проездов. Суды поддерживают позицию надзорных органов о недопустимости загромождения подъездных путей и проездов для пожарной техники, а также складирования горючих материалов на путях эвакуации (Постановление Арбитражного суда Уральского округа от 12.03.2023 № Ф09-1234/23). Типичным для АТП является складирование запаса

шин, тары из-под ГСМ, автомобильных деталей в непосредственной близости от производственных корпусов, что квалифицируется как нарушение п. 23 Правил противопожарного режима в РФ [3].

- нарушение правил хранения легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ). Хранение канистр с бензином, растворителями и другими ЛВЖ вне специально оборудованных помещений или шкафов является одним из самых грубых нарушений. Суды признают правомерным привлечение к ответственности за хранение канистр с топливом в производственных зонах, даже если их количество невелико (Например, решение Ленинского районного суда г. Кемерово от 15.08.2022 № 12-456/2022).

Вторая группа учитывает нарушения в области содержания электрооборудования и электроустановок:

- эксплуатация неисправного электрооборудования. Судебная практика исходит из того, что любое электрооборудование на АТП (от станочного парка до переносных светильников) должно соответствовать Правилам устройства электроустановок (ПУЭ). Отсутствие защитных кожухов, использование самодельных электронагревательных приборов, некалиброванные предохранители – все это служит бесспорным основанием для штрафа (Постановление Арбитражного суда Центрального округа от 05.07.2023 № Ф10-567/23);

- нарушение правил монтажа электропроводки. «Временки», прокладка кабелей по горючим основаниям без защиты, отсутствие маркировки на электрощитах - частые нарушения, выявляемые в ходе проверок.

В третью группу включены нарушения противопожарного режима:

- неисправность или отсутствие первичных средств пожаротушения. Суды однозначно трактуют отсутствие огнетушителей с просроченной датой перезарядки или несоответствие их типа и количества защиты объекту как правонарушение, создающее прямую угрозу (Решение Октябрьского районного суда г. Самары от 10.11.2022 № 5-234/2022). Доводы предприятий о временном характере неисправности чаще всего не принимаются во внимание;

- несоблюдение правил проведения огневых работ. Отсутствие наряда-допуска на проведение сварочных работ, неподготовленность места их проведения, отсутствие средств тушения поблизости представляют собой нарушения, которые почти всегда влекут за собой дисквалификацию ответственных лиц и крупные штрафы для юридического лица;

- курение в неустановленных местах. Несмотря на кажущуюся малозначительность, отсутствие специально обозначенных и оборудованных мест для курения является частым основанием для составления протокола.

В четвертой группе объединены нарушения, связанные с путями эвакуации и системами противопожарной защиты:

- загромождение или запираание эвакуационных выходов. Суды признают правомерным привлечение к ответственности за установку на эвакуационных выходах замков, которые невозможно открыть изнутри без ключа, даже если

ключ находится у дежурного (Постановление Верховного Суда РФ от 14.02.2021 № 5-АД21-12) [4];

- неисправность системы автоматической установки пожарной сигнализации или системы оповещения и управления эвакуацией. Отсутствие актов периодического обслуживания, неработоспособность дымовых извещателей или оповещателей являются серьезным нарушением. В судебных спорах по этому вопросу суд, как правило, становится на сторону надзорного органа, если последний представил акт проверки работоспособности систем.

Для решения второй задачи исследования были определены проблемные аспекты доказывания нарушения в области ПБ на АТП и соответствующие правовые позиции сторон.

В судебных процессах доминирует позиция, при которой надзорный орган не обязан доказывать наличие реальной угрозы возникновения пожара. Достаточно самого факта нарушения установленных нормативным актом требований. В этом ряду юристов усматривается возложение бремени доказывания своей невиновности или малозначительности правонарушения на АТП без должного учета ч. 2, 3 ст. 1.5 КоАП РФ [1].

Кроме того, предприятия часто пытаются оспорить предписания и постановления, ссылаясь на:

- формальный характер нарушения. Суды, как правило, отклоняют этот довод, указывая, что противопожарные нормы носят императивный характер;

- ненадлежащее оформление документов проверки. Это одна из немногих процессуальных возможностей для защиты. Если в протоколе или акте проверки допущены существенные нарушения (например, не указаны присутствовавшие лица, не разъяснены права), суд может отменить постановление о привлечении к ответственности;

- малозначительность правонарушения (ст. 2.9 КоАП РФ) [1]. Применить эту норму в сфере пожарной безопасности удастся крайне редко, так как суды справедливо указывают, что любое нарушение противопожарных правил потенциально опасно для жизни и здоровья людей.

В рамках решения третьей задачи исследования было установлено, что основным способом минимизации правовых рисков для АТП является не судебное оспаривание, а проведение превентивных мер: организация регулярных внутренних проверок, обучение персонала, своевременное техническое обслуживание систем противопожарной защиты и неукоснительное выполнение всех положений Правил противопожарного режима [3]. Для повышения уровня ПБ на объектах автотранспортного комплекса целесообразно также разрабатывать и внедрять комплексные программы, включающие не только формальное соблюдение норм, но и формирование культуры безопасного поведения среди работников.

Таким образом, в рамках исследования были решены все три поставленные задачи. Судебная практика по вопросам ПБ на АТП отличается высокой степенью единообразия и строгости. Суды в подавляющем

большинстве случаев поддерживают позицию надзорных органов. Наиболее уязвимыми местами АТП с точки зрения соблюдения законодательства являются содержание территорий, хранение ЛВЖ, состояние электрохозяйства и исправность первичных средств пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 24.04.2024).
2. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
3. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
4. Петров В.И. Административная ответственность за нарушения требований пожарной безопасности: теория и практика. – М.: Юрист, 2022. – 215 с.
5. Бабушкин М.Ю. [и др.] Аксиологический подход к профессиональной подготовке государственных инспекторов по пожарному надзору // Пожарная и аварийная безопасность. 2024. № 2 (33). С. 14-20. - EDN: YVAFXG
6. Романова О.С. [и др.] О пожарной безопасности населенных пунктов, подверженных угрозе ландшафтных (природных) пожаров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 341-346. – EDN: ODBFRW
7. Осмоловская А.А. [и др.] Регламентация и структурирование специальных технических условий по пожарной безопасности // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 295-299. – EDN: CWNEPR
8. Лазарев А.А. [и др.] Анализ результатов контрольной деятельности в области пожарной безопасности в 2023-2024 годах // В сборнике: 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
9. Якупова Э.Ф. [и др.] О пожарной безопасности деревянных конструкций // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 561-565. EDN: QVITEA
10. Романова О.С. [и др.] Пожарная опасность объектов надзора на основе анализа обстановки с пожарами в Ивановской области в 2022 году // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 347-351. EDN: RXCHMG
11. Булат А.И. [и др.] Использование материалов от разборки зданий для защиты от ландшафтных пожаров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 61-65. - EDN: LEWZBW

12. Липинская А.А. [и др.] Анализ судебной практики приведения в пожаробезопасное состояние торговых центров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 254-257. - EDN: OPEJFE

13. Обзор судебной практики Верховного Суда РФ по делам о нарушении требований пожарной безопасности за 2022-2023 годы // Бюллетень Верховного Суда РФ. 2023. № 10.

УДК 614.849

И. С. Шевляков*, С. В. Шевляков**

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

**ГУ МЧС России по Липецкой области

ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕУПОРОВ КАК ОСНОВА ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА

Авторами проведен анализ отечественного и зарубежного опыта применения огнеупоров для производства технического углерода, обозначены проблемы обеспечения пожарной безопасности данного процесса.

Ключевые слова: огнеупоры, технический углерод, сажа, пожарная безопасность

I. S. Shevlyakov, S. V. Shevlyakov

THE USE OF REFRACTORIES AS THE BASIS FOR THE PRODUCTION OF CARBON BLACK

The authors analyzed the domestic and foreign experience in the use of refractories for the production of carbon black, identified the problems of ensuring fire safety of this process.

Key words: refractories, carbon black, soot, fire safety

Известно, что производство технического углерода (техуглерода, аморфного углерода или сажи) требует высоких температур, поэтому использование огнеупоров очень важно [1]. Изучение пожарной безопасности (далее – ПБ) печей и использование при этом огнеупоров получило довольно широкое распространение за последнее время [2-4]. Неоднократно также рассматривались вопросы осуществления надзорно-профилактической деятельности [5-11]. Однако, вопросы обеспечения ПБ производства технического углерода довольно подробно не исследовалось.

История развития производства техуглерода и разработки требований к огнеупорам неразрывно связаны. До 60-х годов XX века использовался шамотный кирпич для низкодисперсного техуглерода. Температура в печах варьировалась от 1200 до 1300 °С [1-3]. В связи с чем, особых требований к огнеупорам не предъявлялось. Начало производства протекторных марок (ПМ-70 и ПМ-70А) было положено на Омском заводе в 1961 году. Эти марки экспортировались широко и шли на экспорт, но эффективность процесса была очень низкой. Выход техуглерода из сырья составлял всего 23 – 25 % [1].

При применении динасовых огнеупоров получение техуглерода происходило в цилиндрических реакторах при температуре от 1390 до 1420 °С. Использовались также динасовые огнеупоры с температурой применения 1600 °С, но они не выдерживали резких перепадов температур. Они изготавливались из оксида кремния (SiO_2). Несмотря на то, что тогда это были лучшие огнеупоры для футеровки реакторов, они не выдерживали резких перепадов температур. Основное требование, которое предъявлялось к таким огнеупорам, заключалось в необходимости выдерживать температуру, которая создаётся в реакторе при получении техуглерода [1].

Развитие технологий в 60-е годы XX века основано на строительстве новых заводов с циклонными реакторами. Требовались огнеупоры с более высокими огнеупорностью и термостойкостью. Для этого проводились испытания различных огнеупоров. Большинство огнеупоров разрушались через 3-4 месяца эксплуатации. Однако, муллитокорундовые огнеупоры с 62 % Al_2O_3 показали удовлетворительные результаты. Использование таких огнеупоров не приводило к возникновению пожароопасных ситуаций при разрушении производственного оборудования [1].

Развитие производства огнеупоров в 70-80-е годы XX века основывалось на выпуске муллитокорундовых огнеупоров с содержанием Al_2O_3 73 %, 83 %, 85-90 %. Семилукский завод выпускал набивные массы МКС-85 и КС-90. Применение огнеупоров в 90-е годы XX века огнеупорные блоки из МКС-85 и КС-90 осуществлялось на всех отечественных заводах техуглерода. Большинство заводов использует и сейчас массу КС-90 с содержанием Al_2O_3 87-90 % [1].

Необходимость новых огнеупоров обуславливалась потребностью в повышении производительности труда. Это подразумевало проведение технологического процесса при более высоких температурах. Кроме того, для конкурентной борьбы на внешнем рынке требовались огнеупоры, не уступающие зарубежным. Однако, отечественные заводы не выпускали такие огнеупоры для промышленности техуглерода. Проблему приходилось решать сообща. Так, например, в рамках совместной работы Омский ЗТУ с Верхнепышменским и Богдановичским заводами разработал корундовые огнеупоры с содержанием 96-99 % корунда. Другой пример: Верхнепышменский завод изготавливал хромкорундовую набивную массу с содержанием окиси хрома до 12 % [1, 9].

По результатам внедрения новых разработок в 2001 году был запущен первый реактор, футерованный корундовой массой. Температура в камерах горения реакторов повысилась до 1840-1850 °С, что увеличило выход техуглерода с 56 % до 60,1 %. Основной эффект был получен за счёт повышения выхода протекторных марок техуглерода [1]. Это потребовало изменения технологической документации и подходов к обеспечению пожарной безопасности.

Следует отметить, что в соответствии с международным определением огнеупорами называются неметаллические керамические материалы, которые содержат некоторое количество металлов. Они эксплуатируются при температурах от 600 до 2000 °С.

Состав огнеупорных материалов включает основу: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Cr_2O_3 , ZrO_2 . При этом в огнеупорах для техуглерода отсутствует MgO .

Классификация огнеупоров по ГОСТ 8691-2018:

- прямоугольное изделие (имеет форму прямоугольного параллелепипеда; например, прямоугольный кирпич - изделие с прямоугольными гранями длиной не более 375 мм);

- клиновое изделие или клин (изделие с шестью гранями, из которых две противолежащие имеют форму трапеции, остальные — прямоугольника);

- пятовый кирпич (изделие, одна грань которого наклонена по отношению к горизонтальной плоскости и служит опорой для арочного свода);

- фасонное изделие (изделие с числом граней больше шести, конфигурация которого содержит один или несколько элементов сложности, например: пазы, шпунты, углубления, сквозные отверстия постоянного или переменного сечения, не прямые двухгранные и плоские углы, криволинейные поверхности).

Типы огнеупорной продукции [1]:

- формованные огнеупоры: прессованные изделия;

- неформованные огнеупоры: смеси для футерования и ремонта;

- теплоизоляционные материалы.

Использование огнеупоров на заводе техуглерода предполагает то, что вся огневая поверхность реакторов футерована такими блоками. Следует также выделить 2 основных требования к огнеупорам:

- высокая огнеупорность (противостояние высоким температурам без расплавления);

- высокая термостойкость (устойчивость к резким изменениям температуры).

Исследуя термостойкость и огнеупорность рассматриваемых изделий следует отметить, что термостойкость — их способность сохранять целостность при резких колебаниях температуры. При этом огнеупорность характеризует температуру, при которой огнеупор начинает размягчаться.

По международным стандартам ASTM и DIN предусмотрено 25 испытаний для определения характеристик огнеупоров. Большинство испытаний не имеют существенного значения для промышленности техуглерода.

Для определения огнеупорности используют температуру падения пирометрических конусов. Температура огнеупорности может быть близка к температуре плавления материала.

Факторы, влияющие на огнеупорность:

- она определяется в свободном состоянии образцов без постороннего воздействия;

- она может изменяться в зависимости от состава массы;

- данный параметр очень редко определяется поставщиками.

Огнеупорность определяется с помощью точных термпар, но при производстве техуглерода используются пирометры, которые дают искажения. Следует помнить, что температура, измеренная пирометром, всегда ниже действительной.

Изготовители огнеупоров не включают показатель огнеупорности и температуру службы в спецификации. Температура службы огнеупоров для реакторов по производству технического углерода указывается в рекламных докладах на международных конференциях.

Максимальная температура службы огнеупоров из корунда по зарубежным данным составляет 1800 °С. В спецификациях изготовителей указан только один температурный показатель — температура начала деформации под нагрузкой 0,2МПа. Эта температура составляет 1650–1700 °С для корундовых огнеупоров с содержанием Al_2O_3 99 %.

Существуют также проблемы с использованием температуры деформации под нагрузкой. Температура деформации под нагрузкой 0,2МПа ниже максимальной температуры службы на 150 °С. В реакторах для получения технического углерода нет такой нагрузки. Этот показатель определяется только для огнеупоров, работающих в восстановительной среде [1].

Температура применения огнеупоров должна определяться потребителем с учётом огнеупорности материала, температуры применения по справочным данным, погрешности средств измерений и условий эксплуатации. На основе эмпирических данных было установлено, что при аварийных ситуациях огнеупоры начинают плавиться при температурах 1880–1890 °С [1].

Таким образом, термическая стойкость огнеупоров — это способность огнеупоров сохранять целостность при резких колебаниях температуры. Растрескивание или разрушение огнеупоров при резких изменениях температуры объясняется возникновением напряжений при увеличении или уменьшении объёма. В таких условиях может возникнуть пожароопасная ситуация и негативное воздействие дымовых газов на персонал. Термостойкость определяется количеством теплосмен до потери 20 % веса образца. Термостойкость зависит от структуры и природы исходного сырья,

чем меньше изменение объема при нагревании и охлаждении, тем выше термостойкость.

При использовании огнеупоров для производства техуглерода существует ряд проблем, решение которых позволит обеспечить безопасную их эксплуатацию при повышенных температурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический углерод. Процессы и аппараты [электронный ресурс] // <https://techlibrary.ru>
2. Патент на полезную модель № 230796 U1 Российская Федерация, МПК А62С 37/00, А62С 99/00, F27D 1/00. устройство для определения пожарной опасности печных труб: № 2024116873: заявл. 18.06.2024: опубл. 19.12.2024 / И. А. Малый [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". – EDN FDGQXU.
3. Меликян М. Л. [и др.] Модель совершенствования специальных технических условий по пожарной безопасности // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 2(51). – С. 65-73. – EDN MEDQMT.
4. Лазарев А. А. О проблеме регулирования отношений в целях обеспечения пожарной безопасности печей и дымоходов при строительстве зданий / А. А. Лазарев, И. В. Пеньков // Наука и инновации в строительстве: Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова, Белгород, 12 апреля 2023 года. Том 2. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 94-98. – EDN JTLUXY.
5. Лазарев А.А. [и др.] Анализ результатов контрольной деятельности в области пожарной безопасности в 2023-2024 годах // В сборнике: 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. Осмоловская А.А. [и др.] Регламентация и структурирование специальных технических условий по пожарной безопасности // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции. Иваново, 2024. С. 295-299. – EDN: CWHNPR
7. Романова О.С. [и др.] О пожарной безопасности населенных пунктов, подверженных угрозе ландшафтных (природных) пожаров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 341-346. – EDN: ODBFRW

8. Якупова Э.Ф. [и др.] О пожарной безопасности деревянных конструкций // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 561-565. EDN: QVITEA

9. Романова О.С. [и др.] Пожарная опасность объектов надзора на основе анализа обстановки с пожарами в Ивановской области в 2022 году // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 347-351. EDN: RXCHMG

10. Булат А.И. [и др.] Использование материалов от разборки зданий для защиты от ландшафтных пожаров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 61-65. - EDN: LEWZBW

11. Липинская А.А. [и др.] Анализ судебной практики приведения в пожаробезопасное состояние торговых центров // В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 254-257. - EDN: OPEJFE

УДК 614.841

Е. В. Ширяев, А. А. Шевченко

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВЫГОРАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ С РАЗНОГО ВИДА ГРАНУЛИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Экспериментально установлено, что высота пламени и удельная массовая скорость выгорания значительно снижаются на пропитанных нефтепродуктом гранулированных поверхностях относительно горения жидкостей со свободной поверхности, при выгорании нефтепродукта с поверхности гранулированного слоя горение проходит в ламинарном режиме без пульсаций и отрывов пламени.

Ключевые слова: гранулированные материалы, выгорание, горючие жидкости, высота пламени, удельная массовая скорость выгорания

E. V. Shiryayev, A. A. Shevchenko

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE PARAMETERS OF BURNOUT OF LIQUIDS FROM VARIOUS TYPES OF GRANULAR SURFACES

It has been experimentally established that the flame height and specific mass burnout rate are significantly reduced on granular surfaces impregnated with petroleum products relative to the combustion of liquids from the free surface; when petroleum products burn out from the surface of the granular layer, combustion takes place in a laminar mode without pulsations and flame separation.

Key words: granular materials, burnout, combustible liquids, flame height, specific mass rate of burnout

На производственных объектах с обращением горючих жидкостей пожар пролива является наиболее частым сценарием развития аварии. Характер горения или выгорания жидкости при проливах на твердую ровную поверхность, например, асфальт, бетон, преимущественно зависит от пожаровзрывоопасных свойств жидкости и площади пролива. Однако при относительно небольших утечках жидкостей на грунтовую поверхность или подготовленную в виде гравийной засыпки горючая жидкость проходит через пористый слой, не образуя открытого зеркала испарения. В этом случае, при воспламенении горючей среды будет происходить «выгорание» жидкости с пропитанного грунта, гравия, гранул или песка в зависимости от гранулометрического состава поверхности.

В отличие от горения жидкостей с открытого зеркала испарения, выгорание с пропитанного грунта или подготовленной гравийной поверхности характеризуется другой динамикой горения, на которую влияет гранулометрический состав поверхности, его теплофизические свойства, пористость и градиент плотности толщи, в которую проникает жидкость.

Таким образом, речь идет о двух принципиально разных видах горения жидкостей, параметры горения (высота пламени, плотность теплового потока, массовая скорость выгорания) у которых, могут значительно отличаться. Стоит отметить, что ранее проводились исследования по определению эффективности пламегашения пролива легковоспламеняющейся жидкости гранулированным пеностеклом [1]. В данной работе представлены результаты лабораторного эксперимента по оценке параметров горения (выгорания) жидкостей с разного вида поверхностей различного гранулометрического состава.

Для оценки массовой скорости выгорания и высоты пламени с поверхности пропитанного горючей жидкостью сыпучего материала были подготовлены сита с мелкой ячейкой (1 мм) диаметром 120 мм и гранулированные материалы, представленные на рис. 1.

Пропитка гранулированных материалов (подложек) производилась на основе стандартного метода определения сорбционных характеристик адсорбентов по ГОСТ 33627-2015 [2]. Таким образом, в ходе подготовки к экспериментам гранулированные подложки были полностью смочены нефтепродуктом (н-гексаном). Оборудование, использованное при проведении эксперимента представлено на рис. 2.



Рис. 1. Гранулированные материалы для эксперимента
1 – пеностекло Ф10-15мм; 2 – пеностекло Ф5-7мм; 3 – песок 1-2мм;
4 – свободная поверхность; 5 – речной камень 8-12мм; 6 – вермикулит 1мм



Рис. 2. Лабораторное оборудование для проведения эксперимента:
1 – миллиметровка с разметкой 50×50 мм; 2 – емкости с ЛВЖ; 3 – мерный стакан;
4 – емкости-сито с гранулированным наполнителем и без него;
5 – аналитические весы AND EK-1200i; 6 – теплоизоляционный материал;
7 – емкость из нержавеющей стали; 8 – зажигалка; 9 – фитиль для поджигания ЛВЖ

Кадры горения гексана со свободной поверхности и с поверхности смоченных гранулированных подложек представлены на рис. 3, 4.

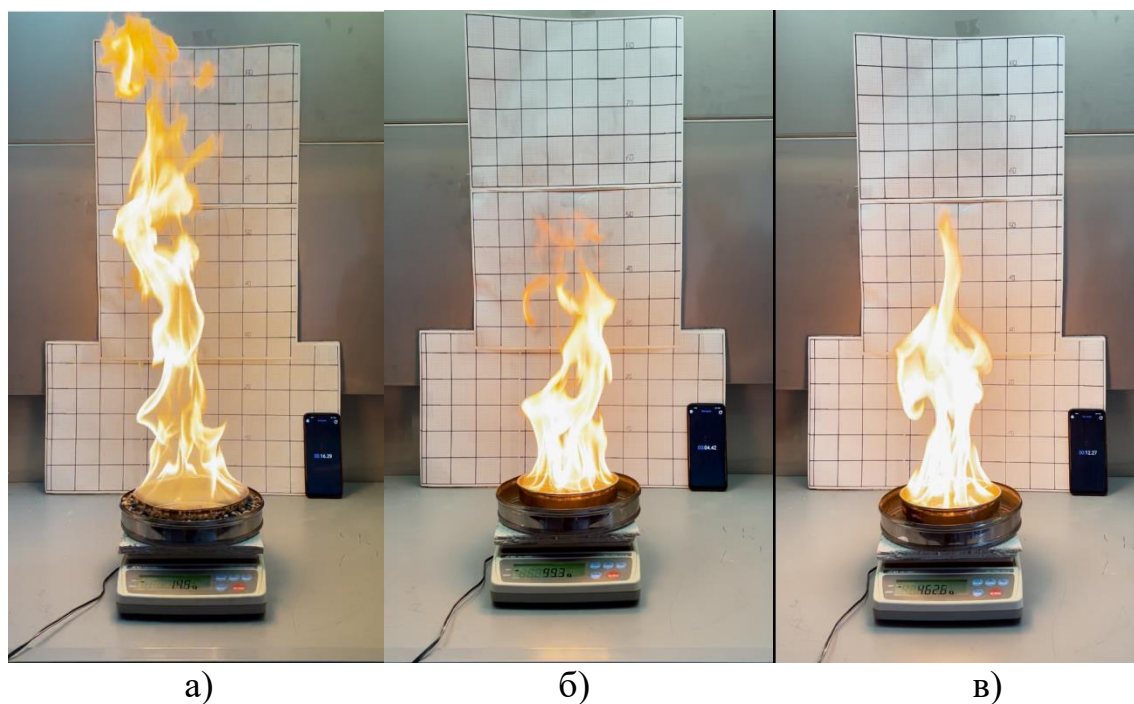


Рис. 3. Кадры горения гексана со свободной поверхности и с поверхности смоченных гранулированных подложек
а) свободная поверхность; б) вермикулит 1 мм; в) песок 1-2 мм

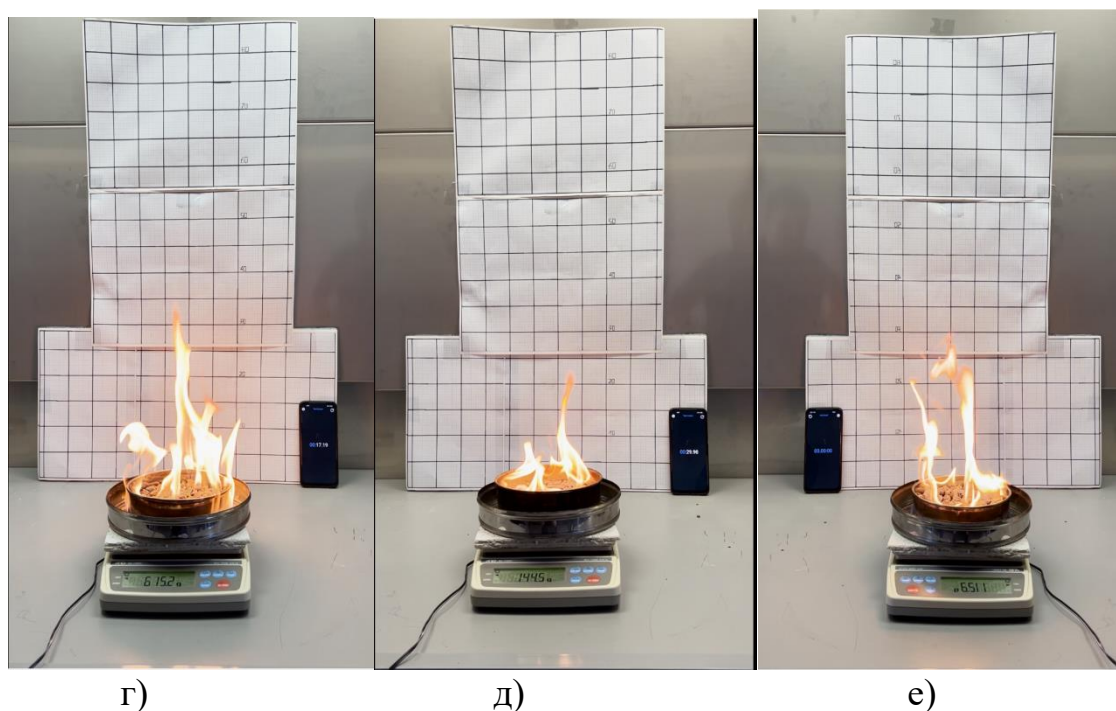


Рис. 4. Кадры горения гексана с поверхности смоченных гранулированных подложек
г) – пеностекло Φ5-7 мм; д) речной камень 8-12; е) пеностекло Φ10-15 мм

Экспериментально были получены зависимости удельной массовой скорости выгорания от времени, размера фракций гранулированного материала, а также сравнительная оценка горения жидкости без гранулированной подложки.

График зависимости высоты пламени при горении н-гексана от вида гранулированной поверхности представлен на рис. 5.

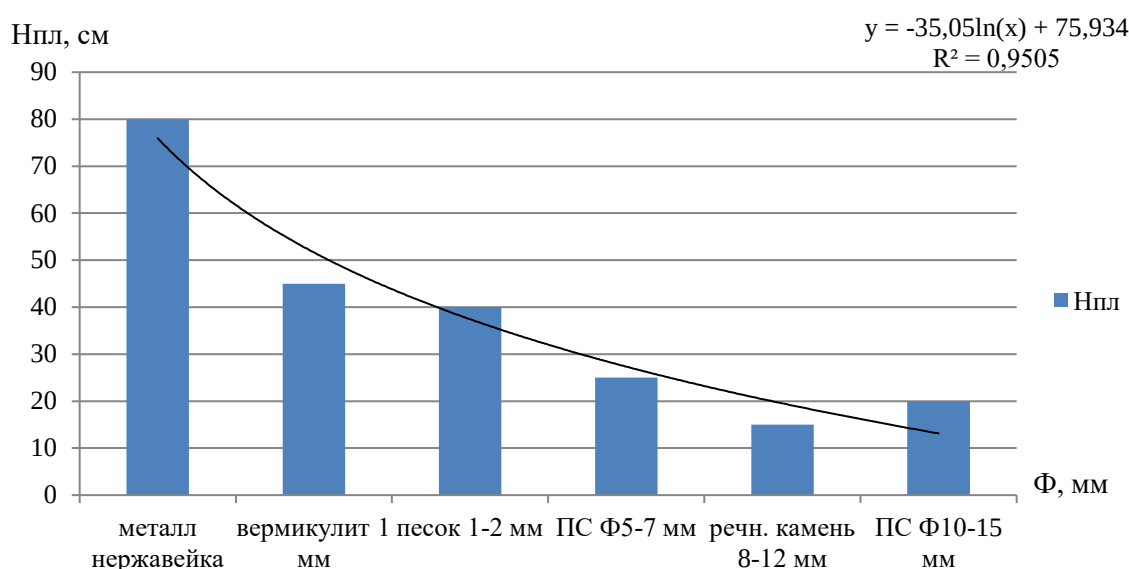


Рис. 5. График зависимости высоты пламени от размера фракции гранулированной поверхности

График зависимости удельной массовой скорости выгорания н-гексана от вида смоченной поверхности представлен на рис. 6.

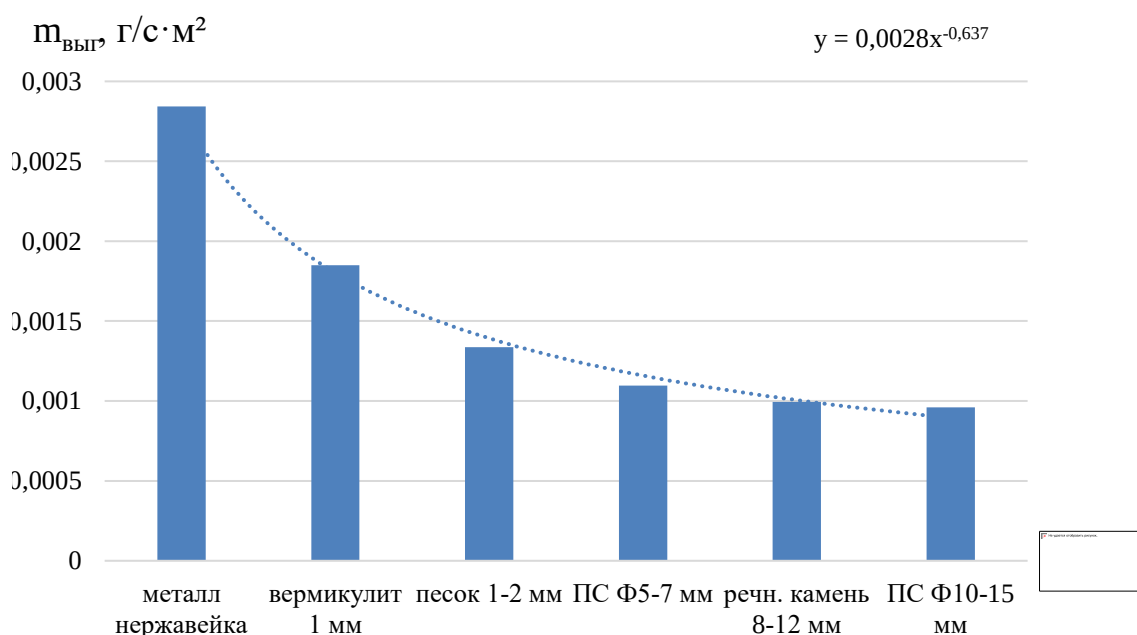


Рис. 6. График зависимости удельной массовой скорости выгорания гексана при горении от размера фракции

Экспериментально установлено, что такие параметры как высота пламени и удельная массовая скорость выгорания сильно зависят от вида гранулированной поверхности: на мелких фракциях вермикулита и песка высота пламени снижается, практически вдвое в сравнении с горением со свободной поверхности, на более крупных пеностекле и речном камне в среднем в 4 раза, в том же порядке снижается и массовая скорость выгорания. Стоит отметить, что при выгорании нефтепродукта с поверхности гранулированного слоя горение проходит в ламинарном режиме без пульсаций и отрывов пламени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Е. В. Ширяев Оценка эффективности пламегашения пролива ЛВЖ в гранулированном слое подложки // «Современные проблемы гражданской защиты». Вып. 3. - 2019. - С. 89-96.
2. ГОСТ 33627-2015 «Уголь активированный. Стандартный метод определения сорбционных характеристик адсорбентов»; введ. 2017 – 04 – 01 – М.: «Стандартинформ», 2019. - 15с.

УДК 699.81:624.012.45

А. Е. Шкондин, М. А. Заболотских, А. А. Груздев

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИИ

В статье рассматриваются система обозначение пределов огнестойкости и основные строительные материалы, которые используют для повышения показателя огнестойкости и методы повышения этой характеристики.

Ключевые слова: огнестойкость, предел огнестойкости, строительные конструкции, несущая способность, целостность, теплоизоляция, покрытия, материалы.

A. E. Shkondin, M. A. Zabolotskih, A. A. Gruzdev

METHODS OF INCREASING THE FIRE RESISTANCE OF CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

The article discusses the system of fire resistance limits and the main building materials used to increase the fire resistance and methods of increasing this characteristic.

Key words: fire resistance, fire resistance limit, building structures, load-bearing capacity, integrity, thermal insulation, coatings, materials.

Ключевой характеристикой, определяющей пожарную безопасность зданий и сооружений, выступает огнестойкость их конструктивных элементов. Данное свойство характеризует способность конструкций сохранять свои эксплуатационные функции под воздействием высоких температур и открытого пламени на протяжении заданного временного периода [1].

Предел огнестойкости конструкций выражается в минутах [2]. Этот временной интервал исчисляется с момента начала стандартизированного огневого испытания до достижения одного или нескольких предельных состояний, которые классифицируются по утрате несущей способности, нарушению целостности и/или потере теплоизолирующей функции. Глубокое понимание этих критериев является обязательным для инженеров-проектировщиков, архитекторов и экспертов в области пожарной безопасности.

Согласно положениям Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», все строительные конструкции обязаны отвечать установленным нормам огнестойкости, которые зависят от функционального назначения и этажности здания [1].

Для классификации пределов огнестойкости используется международная система обозначений REI, которая также принята в российской нормативной документации. Каждая буква в аббревиатуре несет определенную смысловую нагрузку, описывая поведение конструкции в условиях пожара. Так, буква R (Resistance) означает утрату несущей способности, которая наступает в момент, когда конструкция перестает выполнять свои силовые функции из-за обрушения или недопустимых деформаций. Предельное состояние E (Etanchéité) фиксируется при нарушении целостности, то есть при появлении сквозных трещин или отверстий, через которые возможно проникновение пламени в смежные помещения. Наконец, критерий I (Isolation) характеризует потерю теплоизолирующей способности, когда на необогреваемой поверхности температура повышается более чем на 140 °C в среднем, или на 180 °C локально, или достигает 220 °C, что предотвращает воспламенение материалов в соседних помещениях.

Согласно ГОСТ 30247 устанавливает нормативный ряд значений для цифровых показателей предела огнестойкости: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240 и 360 минут. Таким образом, маркировка REI 120 указывает, что конструкция способна сохранять несущую способность, целостность и теплоизоляцию на протяжении 120 минут. В свою очередь, обозначение EI 90 означает, что элемент поддерживает целостность и теплоизоляционные свойства в течение 90 минут [3].

Конструкции из бетона и железобетона обладают высокими показателями огнестойкости, что обусловлено физико-химическими свойствами самого материала. Бетон является негорючим и обладает низкой теплопроводностью, формируя эффективный барьер для защиты стальной арматуры от критического нагрева. Огнестойкость железобетонных элементов определяется совокупностью факторов, таких как марка бетона, толщина защитного слоя, класс арматуры и особенности конструктивного решения. Толщина защитного слоя бетона играет определяющую роль: его увеличение с 20 до 40 мм способно повысить предел огнестойкости с R 60 до R 120. Существенное влияние оказывает и тип заполнителя — бетоны на карбонатных заполнителях демонстрируют более высокую огнестойкость по сравнению с силикатными. Поведение бетона при пожаре во многом зависит от его влажности, так как повышенное содержание влаги может спровоцировать взрывообразное разрушение. Критическая температура также зависит от класса арматуры: для стали класса А400 она составляет 550 °С, а для А500 — 520 °С.

Конструкции из газобетона обладают выдающимися огнестойкими характеристиками. За счет пористой структуры и низкой теплопроводности стена из газобетона толщиной 200 мм может обеспечивать предел огнестойкости до REI 240. Критическая температура для газобетона достигает 900 °С, что значительно превосходит показатели тяжелого бетона (500–600 °С). Элементы из пенобетона также демонстрируют высокую эффективность: стена толщиной 175 мм способна выдерживать огневое воздействие в течение 4-5 часов (REI 240–300), однако этот материал более чувствителен к влажностному режиму.

Для повышения пределов огнестойкости применяется ряд методов, выбор которых обусловлен типом конструкции и нормативными требованиями [4]. Среди них выделяют огнезащитные покрытия [5]. Тонкослойные интумесцентные (вспучивающиеся) составы, наносимые слоем 0,5–3 мм, при нагревании многократно увеличиваются в объеме, формируя пористый теплоизолирующий слой и обеспечивая до 150 минут защиты. Их достоинством является сохранение внешнего вида конструкций. Другой разновидностью являются толстослойные огнезащитные составы (обмазки), которые создают постоянный теплоизолирующий слой толщиной 10–50 мм для достижения более высоких пределов огнестойкости, вплоть до R 240 [6].

Помимо покрытий, широко применяется конструктивная огнезащита. Один из наиболее надежных методов в этой категории — облицовка конструкций огнестойкими материалами, такими как гипсокартонные листы или фиброцементные плиты, способные увеличить огнестойкость на 30–90 минут. Другой метод, засыпная огнезащита, актуален для пустотелых конструкций и предполагает заполнение их внутреннего пространства негорючими материалами, например, песком или минеральной ватой, что особенно эффективно для трубчатых колонн.

Как следует из данных, представленных в таблице, среди основных строительных материалов особо выделяются газобетонные блоки, способные выдерживать температуру до 900 °С, и пенобетонные стены, сохраняющие свои свойства при 700 °С в течение 4–5 часов [7].

Таблица. Огнестойкость бетонных и железобетонных конструкций

Тип конструкции	Толщина, мм	Предел огнестойкости	Критическая температура	Примечания
Бетонные стены (тяжелый бетон)	120	REI 180	500-600°С	Силикатный/карбонатный заполнитель
Бетонные стены (тяжелый бетон)	200	REI 240	500-600°С	Высокая огнестойкость
Газобетонные блоки	100	REI 180	900°С	Превосходная огнестойкость
Газобетонные блоки	200	REI 240	900°С	Максимальная защита
Пенобетонные стены	75	REI 120	600-700°С	Базовая защита
Пенобетонные стены	175	REI 240-300	600-700°С	От 4 до 5 часов защиты
ЖБ балки (свободно опертые)	-	R 45-90	500-550°С (арматура)	Зависит от защитного слоя
ЖБ плиты многпустотные	220	REI 60	500-550°С	Стандартные плиты

В современной проектной практике адекватная оценка и обеспечение нормативных пределов огнестойкости являются фундаментальной задачей при создании безопасных объектов капитального строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ройтман В.М. Инженерные решения, по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. – М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2011.
2. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2000.
3. Беляев, Д.В. Современные огнезащитные покрытия и конструктивные методы повышения пределов огнестойкости строительных конструкций / Д.В. Беляев, А.С. Петров // Пожаровзрывобезопасность. – 2019. – Т. 28, № 5.

4. Федеральный закон «Технический регламент и требования пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).

5. Гришенькина Е.А., Кадочникова Е.Н. Краткая характеристика огнезащитных многослойных покрытий. В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность. сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 37-40.

6. ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».

7. ГОСТ 30247.0-94. Методы испытаний на огнестойкость.

УДК 614.844

А. В. Щербаков, П. В. Чистов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ РОССИИ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН: ПРЕИМУЩЕСТВА И ОТСТАВАНИЯ

В условиях роста сложности пожаров и повышения требований к безопасности сотрудников при выполнении боевых задач всё большее значение приобретают разработка и внедрение роботизированных установок пожаротушения (далее - РУП). В статье проводится сравнительный анализ современных отечественных и зарубежных РУП с точки зрения технических характеристик, уровня автономности, интеграции с системами управления и эффективности применения в реальных условиях.

Ключевые слова: роботизированный комплекс пожаротушения, робот, пожар, тушение, риск.

A. V. Shcherbakov, P. V. Chistov

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN ROBOTIZED FIRE-EXTINGUISHING INSTALLATIONS IN RUSSIA AND FOREIGN COUNTRIES: ADVANTAGES AND LAGGING BEHIND

In the context of increasing the complexity of fires and increasing the requirements for the safety of employees when performing combat missions, the development and implementation of robotic fire-extinguishing installations (hereinafter referred to as RFI) are becoming increasingly important. The article provides a comparative analysis of modern domestic and foreign robotic fire-extinguishing systems in terms of technical characteristics, level of autonomy, integration with control systems, and effectiveness of application in real conditions.

Key words: robotic fire-extinguishing system, robot, fire, extinguishing, risk.

Современные чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами на промышленных и потенциально опасных объектах, в тоннелях, на транспортных узлах и в многоэтажных зданиях, требуют применения высокотехнологичных решений, способных минимизировать риски для жизни и здоровья пожарных. Роботизированная установка пожаротушения (РУП) – это автоматическая установка пожаротушения, состоящая из совокупности нескольких стационарных пожарных роботизированных стволов, которые объединяются общей системой управления и обнаружения пожара. Она позволяет дистанционно локализовать и ликвидировать очаги возгорания, особенно в условиях высокой температуры, задымления или наличия взрывоопасной среды. В последние годы как в России, так и за рубежом активно развиваются направления пожарной робототехники. Однако уровень технологического развития, масштабы внедрения и функциональные возможности систем существенно различаются [1].

Проанализировав рынок, выявлено, что наиболее лидирующими странами в этой области являются Германия, США, Япония и Южная Корея.

В России основными разработчиками РУП является ВНИИПО МЧС России и ООО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР», на счету их производства более 200 моделей различной противопожарной техники, в их числе РУП в общепромышленном и взрывозащищенном исполнении.

Холдингом «Высокоточные комплексы» Госкорпорации Ростех произведён дистанционно-управляемый роботизированный комплекс с пожарным модулем Ант-1000ПМ, он оснащённого специальным модулем и способным бороться с завалами и огнем на расстоянии более 60 метров, система управления оснащена внешними видеокамерами и датчиками, позволяющими использовать машину дистанционно и не подвергать опасности жизни спасателей, что наиболее актуально во время тушения пожаров сложных категорий, где температура в эпицентре может превышать несколько тысяч градусов. Для борьбы с огнем встроен специальный модуль, в который входит лафетный ствол с водопенной эжекторной насадкой, позволяющий подавать воду или пену на расстоянии до 65 м. При этом оборудование установлено на дистанционно управляемой стреле [2,3].

Наиболее известной РУП является произведённая компанией Textron Systems Robotic System 3 (RS3). Робот имеет бронированное тело, гусеничные шасси, зацеп, способный тащить за собой до 1,750 фунтов груза (795 килограмм) и мини-ковши для уборки с пути мусора и многогабаритных объектов. Робот обладает также и камерами (Обычные Full HD, инфракрасные и тепловые) для просмотра действий в прямом эфире, картинка попадает на пульт управления к специально обученным пожарным из подразделения US&R (Urban Search And Rescue). Робот способен подавать до 2500 галлонов (11,365 литров) воды либо пены в минуту через стандартную «пушку» при максимальном напоре [4]. В Южной Корее компанией Hyundai Motor Group и Национальным пожарным агентством был разработан беспилотный пожарный

автомобиль нового поколения HR–Sherpa. Он предназначен для эксплуатации в условиях повышенного риска, оснащенный улучшенной гидроизоляцией, изоляцией и системой безвоздушного распыления воды и пен, выдерживает экстремальные температуры, может осуществлять тушение на расстоянии до 70 метров.

В таблице проведен сравнительный анализ вышеописанных установок по техническим характеристикам, уровню автономности, интеграции с системами управления и эффективности применения.

*Таблица. Сравнение характеристик
роботизированных установок пожаротушения*

Параметр	Ант-1000ПМ	Robotic System 3 (RS3)	HR–Sherpa
Производитель	Холдингом «Высокоточные комплексы» Госкорпорации Ростех	Textron Systems	Hyundai Motor Group и Национальное пожарное агентство
Масса, кг	4000	4200	1500
Габариты (Д×Ш×В), мм	4650,1900,1940	3300, 2100, 2300	2800, 1700, 2000
Макс. Скорость, км/ч	10	12,9	8
Дальность струи, м	Водяной Сплошной – 65 Пенной сплошной – 40 Пенной плоской – 35	По горизонтали – 91 По вертикали – 45	Компактная струя - до 80 Распылённая («мягкая») струя - 40
Преодолеваемая высота препятствия, мм	400	600	450
Расход воды, пенообразователя, л/с	40	60	40
Ёмкость бака	120	-	500
Время работы, ч	14,5	10	10

К преимуществам зарубежных РУП можно отнести: высокую степень автоматизации и интеллектуального анализа обстановки, интеграцию в единые цифровые экосистемы безопасности, наличие модульных решений под разные типы объектов. К преимуществам российских систем: высокую проходимость и адаптация к суровым климатическим условиям, относительно низкую стоимость при сопоставимой базовой функциональности, наличие опыта применения в реальных ЧС (например, при тушении лесных пожаров в Сибири).

Современные роботизированные комплексы пожаротушения представляют собой важный элемент системы обеспечения пожарной безопасности в настоящее время. Зарубежные разработки опережают российские по уровню интеллектуализации, и автономности. Однако отечественные РУП обладают рядом конкурентных преимуществ, связанных с адаптацией к местным условиям, надёжностью и стоимостью. Для достижения технологического суверенитета и повышения эффективности пожаротушения в России требуется системный подход к развитию робототехники, включающий научные исследования, государственную поддержку и практическое внедрение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 485.1311500.2020 // <https://www.flamax.ru/upload/СП%20485.1311500.2020.pdf>
2. Портал промышленной и пожарной безопасности // [сайт]. – 2025. – URL: <https://portal.edufire37.ru/>
3. Официальный сайт Госкорпорации Ростех // [сайт]. – 2025. – URL: <https://rostec.ru/>
4. Официальный сайт «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР» // [сайт]. – 2025. – URL: <https://firerobots.ru/>

УДК 661.174

Г. Ю. Юркин

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОТОРЫХ СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Произведен обзор современных отечественных огнезащитных составов для текстильных материалов. Обобщены заявленные производителями свойства и характеристики составов. Отмечены некоторые особенности, касающиеся метода и температурных условий огнезащитной обработки. Определена верхняя и нижняя граница расхода рассматриваемых составов при обработке различными методами. Сформулированы актуальные задачи для проведения экспериментальных исследования огнезащитных составов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, огнезащитный состав, текстильные материалы, пожарная опасность текстильных материалов

G. Yu. Yurkin

REVIEW OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF SOME MODERN DOMESTIC FIRE-PROTECTIVE COMPOSITIONS FOR TEXTILE MATERIALS

A review of modern domestic fire-protective compositions for textile materials has been made. The properties and characteristics of the compositions declared by the manufacturer have been summarized. Some features related to the method and temperature conditions of fire-protective treatment have been noted. The upper and lower limits of the consumption of fire-protection of the compositions under consideration have been determined when treated using various methods. The current tasks for conducting experimental research on fire-retardant compositions are formulated.

Key words: fire safety, fire-retardant composition, textile materials, fire hazard of textile materials

Пожарная опасность большинства текстильных материалов является значительной. Не теряет своей актуальности проблема создания огнезащитных составов, которые бы позволили снизить горючесть текстиля. К огнезащитным составам наряду с основным требованием по снижению горючести обрабатываемых материалов предъявляются дополнительные требования: экономичность; экологичность; устойчивость к стиркам и чисткам; безопасность для человека и т.д.

В настоящей статье содержится краткий обзор свойств и характеристик, заявленных производителем, некоторых современных отечественных огнезащитных составов для текстильных материалов. Следует отметить, что в целом спектр составов в настоящий момент достаточно широк. Автор остановил свой выбор на тех составах, которые могут быть использованы для огнезащитной обработки специальной одежды, а также тентовых и палаточных материалов, рассмотренных ранее [1]. В таблице представлена информация по торговым маркам составов.

Таблица. Огнезащитные составы для текстильных материалов

№	Торговая марка	Область применения	Расход по ткани, г/м ²
1	FlameGuard Гиацинт	ткани с различным содержанием синтетических волокон	180 - 190
2	Farbites Профи Wood	текстильные материалы из натуральных волокон и смешанных тканей, содержащие до 33 % полиэфирного волокна и 67 % хлопка	250
3	Нортекс-С	смесовые текстильные материалы из натуральных, искусственных, синтетических волокон и нитей с содержанием синтетики до 70 %, однотонных и с рисунком	150 - 300
4	Нортекс-Х	текстильные материалы из вискозы, хлопчатобумажных, льняных и шелковых волокон, с содержанием синтетики до 10 %, а также для картона и бумаги	100 - 230

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
МАТЕРИАЛЫ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

№	Торговая марка	Область применения	Расход по ткани, г/м ²
5	Огнеза ПО-Т	синтетические, хлопковые и хлопкополиэфирные	180 - 300
6	Ариадна	текстиль	не менее 150
7	Кос-Т	натуральные и смешанные волокна плотностью не менее 1,1 г/см ³	130 - 640
8	Негорин-Ткань	натуральные текстильных материалы (без ворса)	250
9	Негорин-Ткань-С	синтетические текстильные материалы из химических волокон - 100% полиэстер	300
10	Клод-02	текстиль	250
11	Фох-Т	текстиль	300
12	Svatozar ПУВТ СТ	смесовые текстильные материалы из натуральных, искусственных, синтетических волокон и нитей (с содержанием синтетических материалов не более 70 %)	150 - 350
13	КСД	хлопковые и смешанные	160 - 170

Все рассмотренные составы представляют собой водные растворы с композицией специальных солей. Следовательно, к транспортировке и хранению таких растворов предъявляются требования по замораживанию/оттаиванию. Производители указывают максимальное количество циклов замораживания/оттаивания, которое допустимо для конкретного состава. Некоторыми производителями отдельно установлен минимальный порог температуры состава, ниже которой его нанесение не рекомендовано (например, +5 °С для состава КОС-Т, +20 °С для Негорин-Ткань). Срок годности огнезащитных составов лежит в очень широких пределах: от 6 месяцев до 5 лет. Учитывая, как минимум, два выше названных обстоятельства, перед использованием состава крайне необходимо убедиться экспериментально в его огнезащитной эффективности.

В качестве метода нанесения на материал для всех без исключения огнезащитных составов подходит метод окунания. Некоторые производители допускают нанесение составов методом механического распыления или кистью. Расход огнезащиты зависит и от способа нанесения, и от поверхностной плотности и типа обрабатываемой ткани и лежит в очень широких пределах 100 – 640 г/м².

ГОСТ Р 59637 – 2021 устанавливает общие правила нанесения огнезащиты, методы контроля качества и порядок их применения при нанесении огнезащиты, в том числе для текстильных материалов [2]. Согласно п. 6.4.2.5 огнезащитная обработка считается некачественной, если наблюдается хотя бы одно из явлений: самостоятельное горение или тление образца; наличие каплепадения горящего расплава образца.

Таким образом, актуальными являются следующие задачи: проверка соответствия заявленной производителем эффективности составов на различных текстильных материалах и сравнение её с фактической; влияние расхода и концентрации огнезащиты на степень огнезащитной эффективности; оценка влияния способа и условий обработки на эффективность огнезащиты; проверка стойкости огнезащиты к мокрым обработкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г. Ю. Юркин, Р. Г. Шубкин // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 23 апреля 2021 года. – Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирская пожарно-спасательная академия" Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий", 2021. С. 40-43.

2. ГОСТ Р 59637-2021 Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абдульменова И. Ш., Григорьев Д. В., Фомичев Л. Ю.</i> Применение методов машинного обучения для экспресс-скрининга лакокрасочных материалов для отнесения к группе негорючих на основе рентгенофлуоресцентного анализа	3
<i>Агеев О. В., Самойлова Н. В., Егорова К. В.</i> Подход к мультифизическому моделированию процессов распространения пожаров на технических объектах на основе метода подвижных клеточных автоматов.....	8
<i>Агиев С. И., Богданова Т. А.</i> Методы информирования на страже пожарной безопасности	14
<i>Азовцев А. Г., Наконечный С. Н.</i> О возможном влиянии проверок ФГПН на вероятность возникновения пожара на объекте надзора	18
<i>Аксенов С. Г., Габбасов Н. У.</i> Роботизированные системы для ликвидации последствий пожара	22
<i>Аксенов С. Г., Габбасов Н. У.</i> Современные системы противопожарной защиты	25
<i>Аксенов С. Г., Дублистова К. С.</i> Общие сведения об огнезащитной обработке металлических конструкций	29
<i>Антипенко С. Р., Михалёва А. С., Журнова Е. А., Снежко А. А.</i> Обеспечение пожарной безопасности климатической камеры	33
<i>Ахмеджанова Э. Р., Саляева А. С.</i> Анализ применения беспилотных летательных аппаратов для мониторинга пожарной безопасности при лесных пожарах	37
<i>Бабушкина Д. А., Циркина О. Г.</i> Анализ пожарной опасности технологического процесса производства полимерной упаковки и ленты	41
<i>Бараковских С. А.</i> Применение робототехнических средств при тушении пожаров и ликвидации ЧС	46
<i>Бедских В. А., Романюк Е. В.</i> Методы обеспечения пожарной безопасности мебельного производства	49
<i>Бойкова Е. Н., Азовцев А. Г., Наконечный С. Н.</i> Анализ статистики пожаров в зданиях повышенной этажности за 2014-2024 гг.	55
<i>Бондаренко В. Е., Колупанов И. В., Махова А. А., Росоха М. С., Андреева К. И.</i> О результатах исследования возможности разработки программных средств оперативной передачи данных.....	58
<i>Булгаков А. В., Голованов В. И., Булгаков В. В., Лебедев М. С.</i> Теплофизические исследования огнестойкости профилированного настила с огнезащитой.....	62
<i>Варламкин А. А., Боков Г. В., Смелков Г. И., Сорокина И. А.</i> Вопрос пожарной безопасности системы электроснабжения зданий	67
<i>Варламкин А. А., Хасанов И. Р.</i> Применение огнезащитных покрытий для кабельных изделий на объектах защиты.....	70

<i>Василевич Н. С., Бубнов В. Б.</i> Пожарная безопасность в условиях применения аддитивных технологий в строительстве (3D-печать): нормативные пробелы и пути их устранения	73
<i>Воронин С. А., Митрофанов А. С.</i> Актуальные проблемы уголовной ответственности за нарушение требований пожарной безопасности, повлекшее уничтожение или повреждение имущества.....	77
<i>Гергишан С. В., Овчинников А. А., Ходова И. А.</i> Жаростойкий бетон на портландцементном вяжущем с добавками модификаторов.....	84
<i>Гессе Ж. Ф., Фролова Т. В., Шабунин С. А.</i> Оценка устойчивости природных материалов, используемых при строительстве объектов защиты, к воздействию опасных факторов пожара	87
<i>Гладченко В. Я., Ольховский И. А., Максимкин В. А., Гаплаев А. А-Б.</i> Параметры для определения траектории водяной струи пожарной ствольной техники.....	91
<i>Головина Е. В.</i> Исследование влияния минеральных наполнителей на огнезащитные свойства интумесцентных материалов при искусственном старении	96
<i>Голянт Д. С., Соловьев В. В., Пошуев З. У.-Х.</i> Возможности применения установки для определения группы воспламеняемости горючих строительных материалов при проведении лабораторных работ	100
<i>Гомозов А. В., Лучкин С. А., Вандышева В. Ю.</i> Защита от прогрессирующего обрушения как элемент системы противопожарной защиты объектов.....	104
<i>Горский В. Е., Баусов А. М., Сорокин Д. В., Комельков В. А.</i> Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей.....	108
<i>Груздев А. А., Шкондин А. Е., Заболотских М. А.</i> Способы взрывозащиты технологического оборудования	112
<i>Демьянов А. А., Кочкин А. А., Волков Б. Р., Фадеев Ю. К.</i> Огнестойкие композитные материалы для защиты технологического оборудования нефтегазовых объектов: современные решения и перспективы применения.....	116
<i>Димухаметов Р. Р., Шарова А. П., Иванова Д. С., Плахов В. В.</i> Тонкослойные пироэлементы аэрозольного пожаротушения целлюлозных материалов в незамкнутых объёмах.....	122
<i>Дьяков В. Ф.</i> Инновационные подходы к совершенствованию технологий раннего обнаружения пожара.....	128
<i>Забихуллин Ю. Г., Нафикова Э. В., Александров Д. В.</i> Анализ состояния проблемы оценки воздействия вредных веществ сварочного производства и разработки методов их нейтрализации	131
<i>Заболотских М. А., Шкондин А. Е., Ремизов И. А.</i> Обеспечение безопасности технологических процессов и предупреждение техногенных ЧС	136

<i>Зенкова И. Ф., Сорокин В. А., Виноградова И. О.</i> Выполнение работ по огнезащите материалов, изделий и конструкций: обеспечение качества работ (услуг), составляющих лицензируемую деятельность в области пожарной безопасности.....	140
<i>Зимарин К. А., Бубнов В. Б.</i> Роль научно-технического аудита в модернизации системы сертификации пожаробезопасных технологий.....	145
<i>Иванов И. П., Посевин Д. П., Андреева К. И., Пенкин А. Д., Кочетков Д. И., Нащекин Н. Д.</i> О результатах развития информационной системы детектирования лесных пожаров на основе энергоэффективной ad-hoc-сети	150
<i>Кашин А. Н.</i> Зависимость потери огнестойкости строительных конструкций от параметров развития пожара.....	156
<i>Климов А. В., Попов В. И., Дмитриев О. В., Салихова А. Х.</i> Средства первичного пожаротушения для объектов Арктической зоны	161
<i>Ковалев Е. М., Кропотова Н. А.</i> Упрочнение деталей из полиамидного материала, полученных с помощью 3D-печати.....	168
<i>Колесникова Н. Н., Циркина О. Г., Спиридонова В. Г.</i> Применение огнезащитных составов на основе ПВХ для текстильных материалов из целлюлозных волокон.....	173
<i>Комельков В. А., Никифоров А. Л., Серов В. В.</i> Огнестойкий кабель: коллизия требований между безопасностью людей и сохранностью оборудования	177
<i>Комельков В. А., Никифоров А. Л., Серов В. В.</i> Универсальные солевые огнетушащие составы: принципы формирования и направления развития	184
<i>Копылов Н. П., Сушкина Е. Ю., Тарбеев А. С., Баклыков В. Н., Новикова В. И.</i> Нормативные интенсивности подачи растворов пенообразователей при тушении горючих полярных жидкостей.....	188
<i>Коржова В. Р., Соболева В. И., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г.</i> Определение показателей воспламеняемости образцов древесины хвойных пород.....	194
<i>Коробейникова Е. Г.</i> Сравнительная оценка методов расчета низшей теплоты сгорания соединений, содержащих азот, фосфор и серу	199
<i>Кочетова А. А., Румянцев И. А., Янова Я. В., Шабунин С. А., Ульева С. Н.</i> Подходы к огнезащите строительных материалов на основе древесины	203
<i>Крашенинникова Е. А., Ефимова А. А., Красильникова К. С., Степанова К. С.</i> Пожарная опасность древесины на примере определения параметров воспламеняемости	207
<i>Крузин Д. С., Шкондин А. Е., Заболотских М. А.</i> Обоснование необходимости расчета огнестойкости отдельных металлических конструкций	212
<i>Кулешова В. С., Ширяев Е. В.</i> Статистический анализ аварий на магистральных газопроводах в Российской Федерации в период за период 2014–2024 гг.	216

<i>Лабинский К. Н., Томилов М. К.</i> Определение совместного влияния сульфата калия и карбамида в составе водной композиции на ее огнетушащую способность	220
<i>Лазарев А. А., Аверина Е. А.</i> Разработка алгоритма совершенствования технологии по учету результатов надзорной деятельности в области пожарной безопасности	225
<i>Лайпанова Р. Р., Шавшин М. И., Наконечный С. Н., Азовцев А. Г.</i> Маркировка зданий и сооружений по огнестойкости и пожарной опасности	229
<i>Ле Ань Туан</i> Риски возгорания и взрыва аккумуляторов двухколёсных электротранспортных средств во Вьетнаме: анализ текущего состояния и предложения по обеспечению пожарной безопасности.....	233
<i>Леонова П. А., Пучков П. В.</i> Самоходная платформа повышенной проходимости для транспортировки пострадавших	237
<i>Логинов В. В., Свицерский Е. Г.</i> Проблемы применения технического регулирования при создании новых образцов пожарной техники	242
<i>Лосев К. В.</i> Реализация когнитивной сферы личности операторов роботизированных комплексов и систем для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров как один из критериев эффективности их эксплуатации	246
<i>Магданов Т. Р., Белобородова О. И., Масагутов Д. И., Гимадеев А. И.</i> Влияние способа нанесения огнезащитного покрытия на его эффективность при нагревании металлоконструкции	251
<i>Макаров М. С., Бубнов В. Б.</i> Влияние цифровизации и умных технологий на систему технического регулирования пожарной безопасности.....	256
<i>Макарова У. С., Зарубина Е. В., Никифоров А. Л., Ретин Д. С., Шмелева Т. В.</i> К вопросу способов получения нового отделочного строительного материала	259
<i>Маклецов А. К., Рузанова О. И.</i> Проблемы нормативно-правового обеспечения противопожарной защиты транспорта различного назначения в РФ	263
<i>Максимкин В. А., Гладченко В. Я., Григорьев А. Н.</i> Технология крепления лафетных стволов личным составом пожарно-спасательных подразделений на обвалование в резервуарных парках.....	269
<i>Маликова Р. Р., Нафикова Э. В.</i> Перспективы применения фрактальной геометрии в оценке эффективности огнезащитных составов	274
<i>Маликова Р. Р., Нафикова Э. В.</i> Цифровая химия при разработке огнезащитных составов	279
<i>Маличенко В. Г.</i> Термоиндикаторные покрытия для обеспечения пожарной безопасности	284
<i>Мальшева Е. М., Насырова Э. С.</i> Использование метода дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа для оценки термических характеристик композитных труб	288

<i>Медведев И. В., Зарубина Е. В.</i> Комплексный подход обслуживания систем пожарной автоматики на объектах защиты	292
<i>Мекин Р. А., Покровский А. А.</i> Использование передвижных комплексов для ликвидации возгораний в степных зонах.....	299
<i>Михаэлис А. Р., Кузьминых А. С., Зарубина Е. В., Никифоров А. Л., Репин Д. С.</i> Выбор материалов для изготовления плитной пожаробезопасной отделки объектов строительства.....	304
<i>Монахов А. А., Мельников Н. О., Шугаева А. Р., Милкина Л. А.</i> Сравнительный анализ огнезащитной эффективности моноаммоний- и диаммонийфосфата	310
<i>Мордвинова А. В., Мартынова И. А.</i> Экспериментальные исследования пожарной опасности теплоизоляционных конструкций технологических трубопроводов, выполненных из трудногорючих материалов, в приближенных к реальным условиям.....	314
<i>Москвилин Е. А., Власов К. С.</i> Сравнение эффекта снижения теплового излучения от пожаров для водопленочных экранов и дренчерных завес	318
<i>Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е., Сониная О. Н.</i> Исследование скорости распространения пламени по мебельным тканям	322
<i>Мужедов Р. В., Соловьев В. В., Вакуленко А. И.</i> Обзор способов защиты резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов от образования пирофорных отложений	327
<i>Музыков А. А., Покровский А. А.</i> Особенности и способы тушения ландшафтных пожаров	330
<i>Мураев Н. П., Карапузиков А. А.</i> Применение роботизированных комплексов при тушении пожаров	335
<i>Надточий О. В., Фирсов А. Г., Загуменнова М. В., Матюшин Ю. А.</i> Генезис и современные аспекты развития мобильных роботизированных противопожарных комплексов (пожарных роботов) МЧС России	338
<i>Назмиева Т. В.</i> Инновационные методы обеспечения пожарной безопасности нефтехимической промышленности	343
<i>Наранов Ч. Ц., Щербаков А. В., Лайпанова Р. Р., Шавшин М. И., Борзова Е. О.</i> К вопросу определения пожарно-технических характеристик строительных конструкций.....	346
<i>Наумова И. К., Доброва Ю. С., Наумова К. В., Гуркина А. Е., Воробьева М. А.</i> Испытание ранозаживляющих свойств композиционных материалов на основе хитозана.....	351
<i>Непейков А. П.</i> Определение остаточного избыточного давления (топливо-воздушной смеси) с учетом защитной стены, на здание операторной на опасном производственном объекте.....	355

<i>Николаева А. Н.</i> Разработка алгоритма совершенствования технологии по учету результатов профилактической работы в области пожарной безопасности.....	360
<i>Панев Н. М., Мочалов А. М.</i> Обзор российского опыта продления срока службы изоляции проводки и снижения её пожарной опасности.....	365
<i>Панев Н. М., Никифоров А. Л., Кочетова А. А., Сиплатов Е. А.</i> К вопросу о тенденциях, связанных с разработкой огнезащитных составов различного назначения для древесины и материалов на её основе	369
<i>Пеньков И. А., Бухтояров Д. В., Курицына Н. Н., Люшкин А. С.</i> Актуальность применение робототехнических средств с модулем газового пожаротушения низкого давления для защиты объектов топливно-энергетического комплекса	373
<i>Пеньков И. А., Волков В. Д., Шишкина Е. А., Варламкина О. Е.</i> Применение робототехнических средств при тушении крупных пожаров в условиях городской застройки.....	378
<i>Пеньков И. А., Козлов В. И., Павлов Е. В.</i> Актуальность применение робототехники для защиты объектов электро- и теплоснабжения.....	383
<i>Попова С. В.</i> Пожарная безопасность на объектах энергетики: актуальные проблемы и методы обеспечения.....	388
<i>Порошин А. А., Стрельцов О. В., Кондашов А. А., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю.</i> Профилактика пожаров на объектах промышленной сферы как способ снижения пожарной опасности	392
<i>Пугачев М. Н.</i> Особенности тушения пожаров класса Д	396
<i>Салихова А. Х., Сырбу С. А., Циркина О. Г., Баринаева Е. В.</i> Разработка огнезащитного состава для тканей специального назначения	402
<i>Салихова А. Х., Циркина О. Г., Спиридонова В. Г., Ильичева А. И.</i> Актуализация справочной информации о показателях пожарной опасности текстильных материалов в целях проведения пожарно-технической экспертизы	406
<i>Саляева А. С., Ахмеджанова Э. Р.</i> Технологии создания конструкционных материалов с повышенной термостойкостью	410
<i>Свирицевский С. Ф., Лейнова С. Л., Соколик Г. А., Рубинчик С. Я.</i> Токсическая опасность продуктов горения теплоизоляционных материалов, изготовленных на основе пенополиуретана и пеноизоцианурата	414
<i>Сизонова Н. А.</i> Особенности горения и тушения металлов	419
<i>Сизонова Н. А.</i> Особенности технологии производства пиротехнических и взрывчатых материалов	423
<i>Смелков Г. И., Боков Г. В., Пехотиков В. А., Грузинова О. И.</i> Пожарная опасность электроустановочных устройств в сетях с токопроводящими жилами кабельных изделий из сплавов алюминия	429

<i>Смирнов Н. В., Булгаков В. В., Зубань Т. С., Аверкина Н. Б.</i> Некоторые актуальные вопросы применения и эксплуатации средств огнезащиты на объектах.....	432
<i>Смирнов Н. В., Зубань А. В., Кривошапкина О. В., Поединцев Е. А.</i> Результаты натурных и крупномасштабных экспериментов при оценке пожарной опасности облицовочных, декоративно-отделочных материалов и покрытий полов.....	435
<i>Сонина О. Н., Бубнов А. Г.</i> Сравнительный анализ систем нормативно-правового регулирования пожарной безопасности в России и зарубежных странах	439
<i>Спиридонова В. Г., Циркина О. Г.</i> Проблемные вопросы определения показателей пожарной опасности текстильных материалов	443
<i>Старостенков А. С., Апанович Н. А.</i> Исследование влияния концентрации углеродных нанотрубок на структурообразование пенокосового слоя интумесцентного огнезащитного покрытия.....	449
<i>Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А., Сонина О. Н.</i> Использование ИК-спектроскопии в экспертных исследованиях по делам о пожарах на автотранспорте	453
<i>Сторонкина О. Е., Николаева Н. А.</i> Совершенствование модели проведения информирования в области пожарной безопасности	457
<i>Стрельцов О. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В.</i> Пожарная безопасность на предприятиях различных отраслей экономики	462
<i>Сусоева И. В., Свиридов А. В., Сусоева В. С.</i> Огнезащитный состав на основе диаммонийфосфата	465
<i>Сусоева Т. П., Федоров А. С., Мокряк А. В.</i> Апробация нового способа оценки горючести деревянных строительных конструкций.....	469
<i>Тиводар А. Т., Нужный И. Д., Шабунин С. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Баянов Ц. С.</i> Изменение структуры пенополистирола при тепловом воздействии в системах фасадной теплоизоляции	474
<i>Титов В. А., Сонина О. Н., Наумова И. К.</i> Возможности плазмохимических и ионно-плазменных технологий в производстве новых огнезащитных и теплоотражающих материалов	478
<i>Титов С. А., Бачурина Я. В., Барбин Н. М., Зубарев И. А.</i> Обзор применения тепловизора при тушении пожаров: анализ эффективности и перспективы развития.....	482
<i>Третьяков А. А., Мельник А. А., Папырин В. В.</i> Актуальность инноваций в передовых системах пожарной безопасности	486
<i>Федосеев Е. В., Дашин Н. С., Спиридонова В. Г., Таратанов Н. А.</i> Исследование влияния аварийных режимов работы электрических сетей на зарядные устройства.....	491
<i>Филонова Е. Р., Малиёв К. А., Панев Н. М., Набойщикова Н. А.</i> Сравнение методик и диагностических признаков при расследовании пожаров, вызванных перегрузками и перенапряжениями в электроустановках.....	495

<i>Фирсов А. Г., Загуменнова М. В., Малёмина Е. Н., Чечетина Т. А.</i> Использование автоматических роботизированных систем тушения пожара для защиты объектов различного функционального назначения.....	499
<i>Хаустов О. В., Самойлов Д. Б.</i> Совершенствование нормирования требований пожарной безопасности к производственным объектам различных отраслей промышленности.....	504
<i>Чаплыгин А. Е., Васин А. Я.</i> Термические и термохимические характеристики 3,3',5,5'-тетраметилбензидина и его дигидрохлорида	508
<i>Чекарев Л. В.</i> Применение современных инноваций в целях обеспечения пожарной безопасности	513
<i>Черивханова А. К., Пучков П. В.</i> Особенности тушения литиевых аккумуляторов	516
<i>Чудакова А. Ф., Сырбу С. А.</i> Возможности использования метода металлографии для оценки последствий сероводородной коррозии стали	520
<i>Шарымова С. М.</i> Анализ судебной практики по вопросу пожарной безопасности автотранспортного предприятия.....	524
<i>Шевляков И. С., Шевляков С. В.</i> Применение огнеупоров как основа производства технического углерода.....	529
<i>Ширяев Е. В., Шевченко А. А.</i> Экспериментальная оценка параметров выгорания жидкостей с разного вида гранулированных поверхностей	534
<i>Шкондин А. Е., Заболотских М. А., Груздев А. А.</i> Способы повышения огнестойкости бетонных и железобетонных конструкции.....	539
<i>Щербаков А. В., Чистов П. В.</i> Сравнительный анализ современных роботизированных установок пожаротушения России и зарубежных стран: преимущества и отставания	543
<i>Юркин Г. Ю.</i> Обзор основных характеристик некоторых современных отечественных огнезащитных составов для текстильных материалов	546

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Иваново, 22 октября 2025 г.

MODERN FIREPROOF MATERIALS AND TECHNOLOGIES

**COLLECTION OF MATERIALS
OF THE VIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE**

Ivanovo, October 22, 2025

Текстовое электронное издание

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 21.11.2025 г.
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 32,4. Заказ № 334

Отделение координации научной и редакционно-издательской деятельности
научно-технического отдела

Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-907764-02-6



9 785907 764026 >