

ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Научная статья

УДК 614.849; DOI: 10.61260/2218-13X-2025-2-134-141

РАЗРАБОТКА ПОЛЕВОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

✉ Цыганков Михаил Сергеевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия;
Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная
пожарная лаборатория по Новосибирской области», г. Новосибирск, Россия;

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия.

✉ 33mixan33@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена проблема отсутствия доступного и удобного в использовании полевого метода исследования вспучивающихся огнезащитных покрытий, нанесённых на металлические конструкции. Обоснована актуальность проблемы и сформулирована цель исследования, заключающаяся в разработке устройства, с помощью которого можно проводить оценку ключевых показателей вспучивания, позволяющих удостовериться в качестве огнезащиты. Рассмотрены доступные способы локального разогрева поверхности до температуры начала вспучивания (терморасширения) огнезащитного покрытия. Определена и обоснована невозможность применения устройств, термическое воздействие которых основано на использовании открытого пламени. Предлагается метод исследования вспучивающихся огнезащитных покрытий, основанный на двустороннем прогреве окрашенных металлических элементов посредством электромагнитной индукции, позволяющий проводить исследование окрашенных металлоконструкций непосредственно на объекте защиты без использования открытого пламени. Описаны этапы разработки и технические составляющие прототипа устройства. Проведена серия испытаний для оценки жизнеспособности предложенного метода и его реализации. Представлены результаты испытаний разработанного полевого метода, которые показали его эффективность.

Ключевые слова: пожарная безопасность, качество огнезащитной обработки, полевой метод исследования, вспучивающаяся огнезащита

Для цитирования: Цыганков М.С. Разработка полевого метода исследования вспучивающихся огнезащитных покрытий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2025. № 2. С. 134–141. DOI: 10.61260/2218-13X-2025-2-134-141.

Scientific article

DEVELOPMENT OF A FIELD METHOD FOR THE STUDY OF BULGING FLAME-RETARDANT COATINGS

✉ Tsygankov Mikhail S.

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

Forensic expert institution of the federal fire service «Fire testing laboratory

in the Novosibirsk region», Novosibirsk, Russia;

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia.

✉ 33mixan33@mail.ru

Abstract. The article considers the problem of the lack of an affordable and easy-to-use field method for studying bulging flame-retardant coatings applied to metal structures. The urgency of the problem is substantiated and the purpose of the work is formulated, which is to develop a device that can be used to evaluate key swelling indicators to verify the quality of fire protection.

The available methods of local heating of the surface to the temperature of the beginning of swelling (thermal expansion) of the flame retardant coating are considered. The impossibility of using devices whose thermal effects are based on the use of an open flame has been determined and justified. A method for studying bulging flame-retardant coatings is proposed, based on two-way heating of painted metal elements by electromagnetic induction, which makes it possible to study painted metal structures directly at the protection facility without using an open flame. The stages of development and the technical components of the developed prototype device are described. A series of tests was conducted to assess the viability of the proposed method and a prototype device for its implementation. The test results of the developed field method are presented, which have shown its effectiveness.

Keywords: fire safety, fire protection treatment quality, field research method, bulging fire protection

For citation: Tsygankov M.S. Development of a field method for the study of bulging flame-retardant coatings // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2025. № 2. P. 134–141. DOI: 10.61260/2218-13X-2025-2-134-141.

Введение

Огнестойкость несущих строительных металлоконструкций всегда играла важную роль в обеспечении пожарной безопасности на объектах промышленности и сельского хозяйства. Собственный предел огнестойкости металлических конструкций как правило не превышает 15 мин¹, именно поэтому к ним применяются меры по повышению предела огнестойкости, путём использования специальных средств огнезащиты, например, вспучивающихся огнезащитных покрытий.

По мнению таких учёных как И.Л. Мосалков, В.М. Ройтман, А.М. Зайцев, А.И. Яковлев и др., причина столь быстрого исчерпания незащищенных металлическими конструкциями способности сопротивляться воздействию пожара заключается в высокой теплопроводности и небольших значениях теплоемкости металла, что и влияет на скорость распространения тепла внутри металлоконструкции, в результате чего она становится неспособной выдерживать приложенную к ней внешнюю нагрузку [1–4].

Тонкослойные вспучивающиеся (интумесцентные) огнезащитные покрытия металлоконструкций становятся всё больше распространены из-за простоты их нанесения, компактности, эстетических свойств и относительно невысокой стоимости.

Современные работы по изучению физико-химических свойств и компонентного состава вспучивающихся огнезащитных покрытий принадлежат таким учёным, как: О.А. Зыбина, М.В. Гравит, А.В. Павлович, А.С. Дринберг, Л.Н. Машляковский, Guo-Qiang Li, Ling-Ling Wang и др. [5–7].

Принцип действия таких огнезащитных составов заключается в многократном увеличении толщины сухого слоя при внешнем термическом воздействии за счет протекания химических реакций, в результате чего образуется пористый пенококсовый слой, служащий превосходным теплоизоляционным материалом, дополнительно в момент химических превращений выделяется большое количество инертного газа, также предотвращающего горение.

Задачи выявления несоответствия покрытия характеристикам, заявленным в технической документации, являются очень важными, поскольку они могут существенно влиять на последствия пожара.

Сотрудниками государственного пожарного надзора проводится контроль качества огнезащитной обработки металлоконструкций на объектах защиты, обычно он ограничен проверкой представленной документации, внешнего вида покрытия и определения его

¹ГОСТ Р 53295–2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. Доступ из информ.-правового портала «Гарант»

толщины². Для решения такой задачи могут привлекаться сотрудники судебно-экспертных учреждений МЧС России, способствующие проведению инструментального контроля с использованием специального оборудования. В настоящее время испытательные пожарные лаборатории фактически проверяют только толщину сухого слоя и доверяются сертификату на огнезащитный состав. Отобрать пробы и провести трудоёмкие лабораторные испытания по оценке реальной вспучивающей способности покрытия они не могут, так как ограничены сроком проведения проверки.

В настоящее время отсутствуют доступные и информативные методы исследования характеристик интумесцентных лакокрасочных покрытий (ЛКП), реализуемые с помощью портативного оборудования. Существующие методы применяются в лабораторных условиях, а для проведения таких исследований необходим отбор проб и доставка их в лабораторию в пригодном виде для изучения, кроме того, сам анализ занимает много времени и не позволяет сделать однозначных выводов о качестве огнезащитного покрытия.

Целью исследования стала разработка прибора, позволяющего проводить изучение нанесенного интумесцентного покрытия непосредственно на объекте защиты, оценивать ключевые показатели вспучивания, чтобы удостовериться в качестве огнезащиты.

Анализ способов локального температурного воздействия на поверхность с нанесенным интумесцентным ЛКП

Первым шагом к достижению поставленной цели является выбор способа локального нагрева поверхности до температуры начала вспучивания (терморасширения) покрытия, которая составляет от 200 °C до 300 °C [6]. Нужно отметить, что согласно лабораторным испытаниям на практике для достижения вспучивания покрытия требуется более высокая температура.

На первом этапе работы для обеспечения необходимой степени нагрева были выбраны следующие два способа: использование технического фена (без открытого огня) и газовой горелки (воздействие открытым огнем).

Испытания проводились на образцах, полученных при нанесении на подложку краски «КЕДР-АС ТУ 20.30.12-014-03877399-2021», образующей огнезащитное вспучивающееся покрытие, повышающее огнестойкость стальных конструкций в пределах 15–120 мин (в соответствии с сертификатами на огнезащитный состав). В качестве подложки использовались стальные пластины размером 80×80×2 мм, покрытые слоем грунтовки ГФ-021³ толщиной 0,05 мм. Толщина сухого слоя огнезащитного покрытия составляла 1,8 мм.

При проведении испытаний без воздействия открытого пламени локальный нагрев на образцы осуществлялся с помощью строительного фена «Bosch 2000W». Температурное воздействие на образец продолжалось в течении 5 мин, при этом была зафиксирована максимальная температура на поверхности образца 639 °C, на тыльной стороне образца – 300 °C.

Полученные результаты показали, что в месте температурного воздействия вспучивание огнезащитного покрытия произошло на высоту пенококса, не превышающую 5 мм. Таким образом, данный метод нагрева не позволяет добиться относительно равномерного прогрева покрытия по всей глубине и не может быть эффективным для оценки качества огнезащитного покрытия.

При использовании газовой горелки на максимальной мощности в течение 5 мин, толщина вспущенного огнезащитного покрытия составила более 27 мм, следовательно, коэффициент вспучивания у данного огнезащитного состава не менее 15, что является хорошим результатом [6, 7]. В ходе проведения исследования на поверхности образца была

² О федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 апр. 2012 г. № 290. Доступ из информ.-правового портала «Гарант»

³ ГОСТ Р 53295–2009. Грунтовка ГФ-021. Технические условия. Доступ из информ.-правового портала «Гарант»

зафиксирована температура более 1 000 °C. При сравнении с результатами испытания покрытия стандартным методом⁴ толщина вспученного огнезащитного слоя аналогичных образцов составила 25–28 мм, что говорит об установлении хорошей корреляции.

Несмотря на то, что покрытие активно вспучивается под воздействием открытого огня, установлен ряд требований⁵ к производству огневых работ, что изначально ограничивает возможности применения разрабатываемого метода, поэтому использование газовой горелки нецелесообразно [8].

Дальнейший анализ способов обеспечения локального прогрева огнезащитного покрытия без использования открытого огня показал, что для реализации в портативном исполнении может быть выбран метод электромагнитной индукции, который является простейшим и одним из самых первых открытых способов передачи энергии беспроводным путём. Он работает за счёт электромагнитных полей, которые должны располагаться на расстоянии около одной шестой длины волны [9, 10].

За последние несколько лет система индукционного нагрева стала важнейшим инструментом для применения в различных областях, предпочтение ему перед традиционными методами нагрева стали отдавать при плавке, пайке, отпуске или закалке.

Индукционный нагрев — это сочетание электромагнитной энергии и теплопередачи, проходящей через катушку, и не может одинаково воздействовать на все типы металлов. Он отлично работает на проводящих материалах, таких как черный металл, и устройство индукционного нагрева может легко нагревать магнитные металлы, ведь помимо вихревых токов, они выделяют тепло благодаря эффекту гистерезиса, поэтому температура нагрева быстро поднимается выше точки Кюри, и магнитные металлы теряют свои свойства. Следует учитывать и удельное электрическое сопротивление, которое зависит от металла. Даже если нагревать медь и сталь одинакового размера и с одинаковой частотой индукционного нагрева, они будут иметь разное удельное сопротивление. Металлы с низким удельным сопротивлением, такие как медь, алюминий и латунь, нагреваются дольше [11].

Создание прототипа устройства для исследования вспучивающихся огнезащитных покрытий и испытание его работоспособности

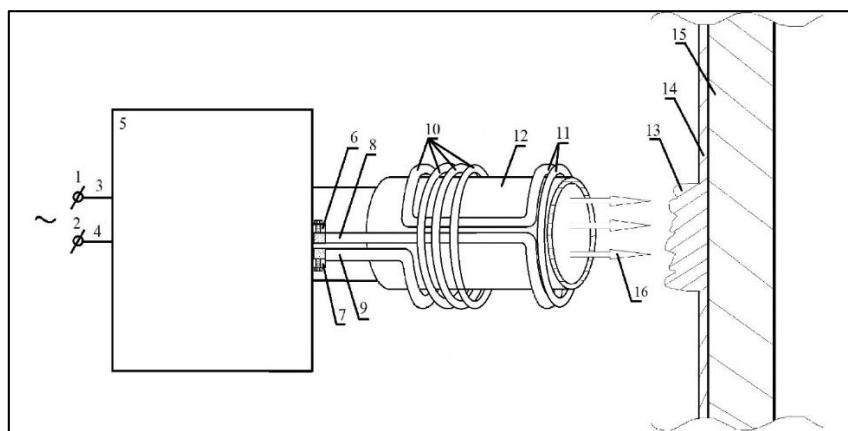
Следующим этапом работы стало создание оптимальных условий для абсолютного вспучивания интумесцентного огнезащитного покрытия способом двустороннего индукционно-теплового прогрева на всю глубину для определения его вспучиваемости с последующей оценкой качества нанесенного на металлоконструкции огнезащитного покрытия.

На рис.1 представлен схематичный вид узлов прототипа устройства для реализации способа двустороннего прогрева интумесцентного огнезащитного покрытия.

В качестве основного модуля управления выбран индукционный нагреватель «Микроша-3000», индуктор которого выполнен в виде последовательного соединения цилиндрического четырёхвиткового индуктора и плоского двухвиткового. Витки индукторагибают термостойкую керамическую трубку с внешним диаметром 26 мм и внутренним диаметром 16 мм, внутри которой на уровне четырёхвиткового индуктора расположен стальной стержень, выполненный в форме многоконечной звезды, с закруглённой носовой частью и острой вытянутой хвостовой частью. Через термокамеру сквозь разогретый стержень прокачивается воздух при помощи вентилятора типа «улитка».

⁴ ГОСТ Р 59637–2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте. Доступ из информ.-правового портала «Гарант»

⁵ О федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 апр. 2012 г. № 290. Доступ из информ.-правового портала «Гарант»



1 и 2 – выводы питания 220В; 3 и 4 – провода питания; 5 - модуль управления; 6 и 7 – клеммы с болтовым соединением; 8 и 9 – индуктор; 10 – четырёх витковая часть индуктора; 11 – двух витковая часть индуктора; 12 – термокамера; 13 – пенококс (вспущенное огнезащитное покрытие); 14 – слой огнезащитного покрытия; 15 – стальная конструкция; 16 – тепловой поток.

Рис. 1. Схема устройства для исследования вспучивающихся огнезащитных покрытий

В большинстве случаев во время пожара на металлическую конструкцию воздействует тепловой поток, состоящий из нагретых продуктов горения, именно поэтому, если моделировать воздействие на огнезащитное покрытие максимально приближенно к условиям реального пожара, то целесообразно отказаться от пламенного горения и сделать выбор в пользу теплового потока (потока разогретого воздуха).

Для моделирования реальных условий проверки огнезащитного покрытия на объекте регулятор мощности индуктора был установлен на 80 % от общей мощности (чтобы исключить перегрев устройства), время температурного воздействия на огнезащитное покрытие составило 120 сек. Результаты испытаний представлены на рис. 2а и 2б. Как видно, было достигнуто абсолютное вспучивание огнезащитного покрытия, структура пенококса пористая, однородная, устойчивая, основание плотно прилегает к металлической конструкции, следовательно, можно констатировать, что механизм терморасширения интумесцентного покрытия в полной мере сработал (диаметр локального вспучивания не более 20 мм, высота пенококса от стальной пластины до вершины составляет 24 мм). Определённые таким образом показатели позволяют отнести испытанный образец к вспучивающимся (интумесцентным) огнезащитным покрытиям.

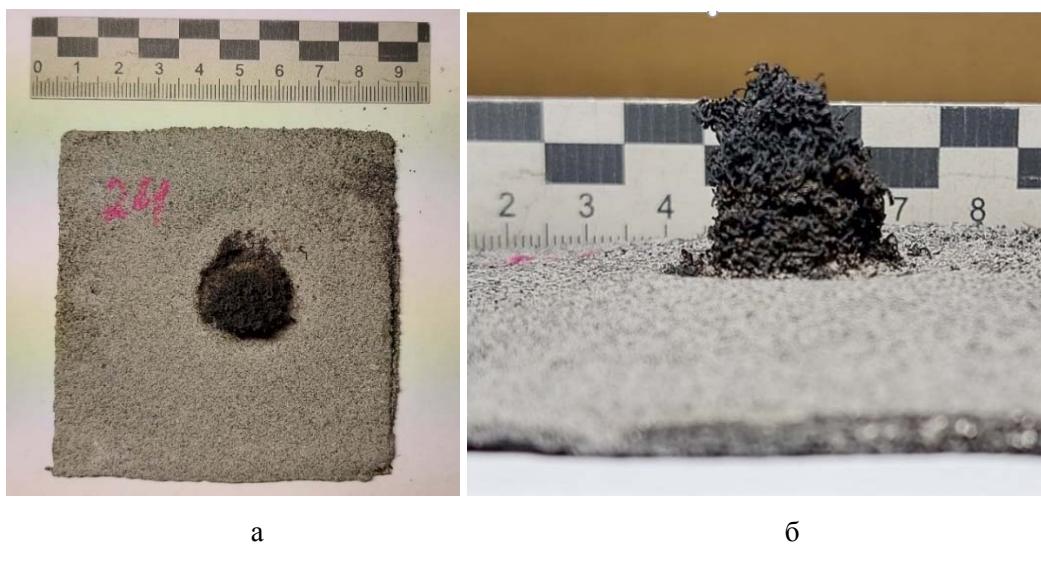


Рис. 2. Образец покрытия после применения прототипа устройства для исследования вспучивающихся огнезащитных покрытий: вид сверху (а) и сбоку (б)

Применение предложенного устройства позволяет решить сразу несколько проблем, существующих в настоящее время при исследовании огнезащитных свойств интумесцентных покрытий, а именно возможность доступного и незамедлительного контроля качества покрытия с минимальными затратами ресурсов и времени. Таким образом, данное устройство позволяет за счёт эмерджентности существующих систем, которые ранее существовали независимо друг от друга (индукционный и тепловой нагрев), достичь ранее невозможных результатов в обеспечении пожаробезопасности объекта.

Для накопления практических данных были изготовлены образцы с разной приведённой толщиной металла (толщиной пластины) и сухого слоя огнезащитного покрытия. Все образцы изготавливались в количестве двух штук, а перед нанесением огнезащитного покрытия были огрунтованы (в соответствии с технологическим регламентом на применение). Для оценки качества покрытия был использован расчёт коэффициента вспучивания (k), аналогичный применяемому в рамках испытаний по ГОСТ Р 53295-2009⁶.

В ходе проведённых исследований наблюдается увеличение толщины покрытия более, чем в 10 раз, но для применения получаемых значений коэффициента вспучивания в качестве критерия эффективности интумесцентного покрытия необходимо установить корреляцию между получаемыми с его помощью значениями и результатами испытаний покрытий по ГОСТ Р 59637-2021⁷. Требуется проведение дополнительных исследований.

Таблица

Результаты испытаний огнезащитных покрытий с помощью портативного устройства

№ п/п	Толщина металлической пластины, мм	Толщина нанесенного ЛКП (h_0), мм	Высота образующегося пенококса (h), мм	Коэффициент вспучивания $k=h/h_0$
1	2	0,4	6,5	16,3
2	2	0,4	7,2	18,0
3	6	0,4	6,2	15,5
4	6	0,4	6,5	16,3
5	2	0,6	9,0	15,0
6	2	0,6	9,4	15,7
7	6	0,6	8,9	14,8
8	6	0,6	8,6	14,3
9	2	0,8	12,1	15,1
10	2	0,8	12,5	15,6
11	6	0,8	12,3	15,4
12	6	0,8	12,5	15,6
13	2	1,2	16,7	13,9
14	2	1,2	15,0	12,5
15	6	1,2	16,4	13,7
16	6	1,2	16,6	13,8
17	2	1,5	19,3	12,9
18	2	1,5	21,9	14,6
19	6	1,5	20,6	13,7
20	6	1,5	20,5	13,7
21	2	1,8	25,3	14,1
22	2	1,8	28,9	16,1
23	6	1,8	24,0	13,3
24	6	1,8	26,4	14,7

⁶ ГОСТ Р 53295–2009. Грунтовка ГФ-021. Технические условия. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

⁷ ГОСТ Р 59637–2021. Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте. Доступ из информ.-правового портала «Гарант»

Разработанный метод требует более обширного тестирования и апробирования в реальных условиях непосредственно на объекте защиты. Проведение тщательной аprobации позволит разработать методику для проведения исследований интумесцентных огнезащитных покрытий методом двустороннего прогрева и в последующем внедрить разработку в действующие подразделения пожарной охраны.

Заключение

Предложенный метод двустороннего прогрева огнезащитного покрытия позволит добиться отработки механизма вспучивания (терморасширения) за максимально короткий промежуток времени путём двустороннего воздействия на локализованный участок огнезащитного покрытия и минимизации теплоотвода из прогреваемой зоны. Прототип устройства для двустороннего прогрева огнезащитных покрытий позволяет реализовать предложенный метод [12, 13].

Предлагаемый подход в определении ключевых показателей вспучивания, для оценки качества огнезащитного покрытия, реализуемый в виде прототипа портативного устройства, показал свою эффективность. Решение проблемы оценки качества огнезащитных покрытий непосредственно на объекте выведет контрольно-надзорные мероприятия на новый уровень и позволит делать достоверные выводы об эффективности защиты. Метод и прототип устройства для его реализации были разработаны на базе испытательной пожарной лаборатории по Новосибирской обл.

Список источников

1. Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций. М.: ЗАО «Спецтехника», 2001. 495 с.
2. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. М.: Ассоциация «Пожнаука», 2001. 58 с.
3. Зайцев А.М., Крикунов Г.Н., Яковлев А.И. Расчет огнестойкости элементов строительных конструкций. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1982. 116 с.
4. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций: учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1988. 142 с.
5. Zybina O., Gravit M. Intumescent Coatings for Fire Protection of Building Structures and Materials. Springer Series on Polymer and Composite Materials. 2020. DOI:10.1007/978-3-030-59422-0.
6. Павлович А.В., Дринберг А.С., Машляковский Л.Н. Огнезащитные вспучивающиеся лакокрасочные покрытия. М.: Издательство «ЛКМ-пресс», 2018. 488 с.
7. Климова Т.Ф. Электромагнетизм. М.: Российский университет транспорта, 2022. 199 с.
8. Иродов. И.Е. Электромагнетизм: Основные законы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 319 с.
9. Способ двустороннего высокотемпературного прогрева тонкослойных лакокрасочных покрытий (интумесцентных красок огнезащитного типа): пат. 2814877 Рос. Федерация: МПК G01N 25/02, C09D 5/18, H05B 6/02 Цыганков М.С.; заявитель и патентообладатель Цыганков М.С. – № 2023116726; заявл. 23.06. 23; опубл. 05.03.24.
10. Переносное устройство для прогрева интумесцентных красок огнезащитного типа: пат. № 227281 U1 Рос. Федерация: МПК G01N 25/72, G01N 25/50 Цыганков М.С.; заявитель и патентообладатель Цыганков М.С.– № 2024107154; заявл. 14.03.24; : опубл. 15.07.24.
11. Intumescent Coating and Fire Protection of Steel Structures / G.Q. Li [et al.]. CRC Press, 2023. DOI: 10.1201/9781003287919.
12. Yew M.C., Sulong N.H.R. Fire-resistive performance of intumescent flame-retardant coatings for steel // Materials & Design. 2012. Vol. 34. P. 719–724. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.05.032.
13. Fundamentals of Engineering Electromagnetics / N.O. Matthew [et al.]. CRC Press, 2018. DOI: 10.1201/9781315221830.

References

1. Mosalkov I.L., Plyusnina G.F., Frolov A.Yu. Ognestojkost' stroitel'nyh konstrukcij. M.: ZAO «Spectekhnika», 2001. 495 s.
2. Rojtman V.M. Inzhenernye resheniya po ocenke ognestojkosti proektiruemyh i rekonstruiuemyh zdaniy. M.: Asociaciya «Pozhnauka», 2001. 58 s.
3. Zajcev A.M., Krikunov G.N., Yakovlev A.I. Raschet ognestojkosti elementov stroitel'nyh konstrukcij. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj universitet, 1982. 116 s.
4. Yakovlev A.I. Raschet ognestojkosti stroitel'nyh konstrukcij: ucheb. dlya vuzov. M.: Stroizdat, 1988. 142 s.
5. Zybina O., Gravit M. Intumescent Coatings for Fire Protection of Building Structures and Materials. Springer Series on Polymer and Composite Materials. 2020. DOI:10.1007/978-3-030-59422-0.
6. Pavlovich A.V., Drinberg A.S., Mashlyakovskij L.N. Ognezashchitnye vspuchivayushchesya lakokrasochnye pokrytiya. M.: Izdatel'stvo «LKM-press», 2018. 488 s.
7. Klimova T.F. Elektromagnetizm. M.: Rossijskij universitet transporta, 2022. 199 s.
8. Irodov. I.E. Elektromagnetizm: Osnovnye zakony. M.: BINOM. Laboratoriya znanij, 2014. 319 s.
9. Sposob dvustoronnego vysokotemperaturnogo progreva tonkoslojnyh lakokrasochnyh pokrytij (intumescencyh krasok ognezashchitnogo tipa): pat. 2814877 Ros. Federaciya: MPK G01N 25/02, C09D 5/18, H05B 6/02 Cygankov M.S.; zayavitel' i patentoobladatel' Cygankov M.S. – № 2023116726; zayavl. 23.06.23; opubl. 05.03.24.
10. Perenosnoe ustrojstvo dlya progreva intumescencyh krasok ognezashchitnogo tipa: pat. № 227281 U1 Ros. Federaciya: MPK G01N 25/72, G01N 25/50 Cygankov M.S.; zayavitel' i patentoobladatel' Cygankov M.S.– № 2024107154; zayavl. 14.03.24; : opubl. 15.07.24.
11. Intumescent Coating and Fire Protection of Steel Structures / G.Q. Li [et al.]. CRC Press, 2023. DOI: 10.1201/9781003287919.
12. Yew M.C., Sulong N.H.R. Fire-resistive performance of intumescent flame-retardant coatings for steel // Materials & Design. 2012. Vol. 34. P. 719–724. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.05.032.
13. Fundamentals of Engineering Electromagnetics / N.O. Matthew [et al.]. CRC Press, 2018. DOI: 10.1201/9781315221830.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 12.05.2025; одобрена после рецензирования: 22.06.2025; принята к публикации: 26.06.2025

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 12.05.2025; approved after review: 22.06.2025; accepted for publication: 26.06.2025

Информация об авторах:

Цыганков Михаил Сергеевич, аспирант Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149); старший эксперт сектора судебных экспертиз СЭУ ФПС ИПЛ по Новосибирской области (630060, г. Новосибирск, ул. Зелёная горка, д. 12); ассистент кафедры безопасности труда Новосибирского государственного технического университета (630073, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, д. 20), e-mail: 33mixan33@mail.ru, SPIN-код: 7154-4897

Information about authors:

Tsygankov Mikhail S., adjunct of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149); senior expert in the forensic science sector of forensic expert institution of the federal fire service «Fire testing laboratory in the Novosibirsk region» (630060, Novosibirsk, Zelenaya Gorka str., 12); assistant professor at the department of occupational safety at Novosibirsk State Technical University (630073, Novosibirsk, Karl Marx ave., 20), e-mail: 33mixan33@mail.ru, SPIN: 7154-4897