

Научная статья
УДК 614.849
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.52.52.002

Поведение огнезащитного слоя при эксплуатации в экстремальных условиях на объектах топливно-энергетического комплекса

*Дмитрий Юрьевич Козлов
Николай Владимирович Елфимов
Сергей Петрович Амельчугов
Дарья Дмитриевна Власьевская*

*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия
Автор ответственный за переписку: Николай Владимирович Елфимов,
Nikolayelfimov@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов теплоэнергетики. На территории Российской Федерации находится более 300 объектов энергетики, обеспечивающих население страны тепловой и электрической энергией. Пожары и взрывы приводят к обрушению производственных зданий и сооружений, принося при этом не только материальный ущерб энергетическим компаниям, но и большой косвенный ущерб. Для повышения огнестойкости металлических строительных конструкций на данных объектах выполняют огнезащитные покрытия, что позволяет увеличить время необходимого для изменения характеристик несущих строительных элементов здания. Рассмотрены характерные повреждения слоя огнезащитного покрытия при эксплуатации обработанных металлических конструкций в экстремальных условиях. Предложены мероприятия, направленные на увеличение срока эксплуатации огнезащитного покрытия.

Ключевые слова: технологическое оборудование, аварийный режим работы, чрезвычайная ситуация, огнезащитное покрытие, угольная пыль

Для цитирования: Козлов Д.Ю., Елфимов Н.В., Амельчугов С.П., Власьевская Д.Д. Поведение огнезащитного слоя при эксплуатации в экстремальных условиях на объектах топливно-энергетического комплекса // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 232-240. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.52.52.002>

Original article

Behavior of the fire-retardant layer during operation in extreme conditions at fuel and power complex facilities

*Dmitry Y. Kozlov
Nikolai V. Elfimov
Sergey P. Amelchugov
Daria D. Vlashevskaya*

*Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia
Corresponding author: Nikolai V. Elfimov, Nikolayelfimov@mail.ru*

Abstract. The problems of ensuring fire safety of thermal power facilities are considered. On the territory of the Russian Federation there are more than 300 energy facilities that provide the country's population with thermal and electric energy. Fires and explosions lead to the collapse of industrial buildings and structures, while causing not only material damage to energy companies, but also great indirect damage. To increase the fire resistance of metal building structures, these objects are provided with fire retardant coatings, which increases the time required to change the characteristics of the bearing building elements of the building. Typical damages of the fireproof coating layer during operation of treated metal structures in extreme conditions are considered. Measures are proposed to increase the life of the fire-retardant coating.

Keywords: process equipment, emergency mode of operation, emergency situation, fire-retardant coating, coal dust

For citation: Kozlov D.Y., Elfimov N.V., Amelchugov S.P., Vlashevskaya D.D. Behavior of the fire-retardant layer during operation in extreme conditions at fuel and power complex facilities //Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2024. № 2 (33). С. 232-240. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.52.52.002>

Топливо-энергетический комплекс занимает одно из лидирующих мест в развитии энергетического сектора экономики нашей страны. На сегодняшний день на территории Российской Федерации работают энергетические объекты вырабатывая и отправляя потребителю тепловую и электрическую энергию. Технологическое оборудование тепловых электростанций (ТЭЦ, ГРЭС) и развитая сеть технологичных коммуникаций энергетических производств требует к себе особого внимания на всех стадиях технологического процесса, а также своевременного проведения обслуживания и ремонта. Несвоевременное выявление аварийной работы технологического оборудования и несвоевременные принятые меры по предотвращению причин, способствующих возникновению чрезвычайной ситуации, приводят к разрушению дорогостоящего оборудования, зачастую с последующим возникновением пожара и полным или частичным обрушением строительных конструкций на данных объектах [7,11].

Необходимо отметить наиболее крупные аварии произошедшие на объектах энергетики за последнее время. В феврале 2016 года вследствие разгерметизации мазутопровода произошёл пожар в третьем энергоблоке Березовской ГРЭС. В результате пожара были нарушены элементы кровли ячейке котельного отделения на площади 300 м², пожар привел к необходимости полной замены котла. В октябре 2002 года произошел взрыв третьего энергоблока на Каширской ГРЭС. Вследствие взрыва произошло полное разрушение лопастного аппарата турбины, разрушение генератора последующем горением. Разлетевшиеся части генератора повредили несущие строительные конструкции, произошло обрушение кровли [1]. 26 октября 2024 года на северо-западе Москвы в производственном помещении ТЭЦ-16 загорелись три газовых котла. Вследствие факельного горения, огонь перекинулся на кровлю здания котельной. В городе Шагонар Республики Тыва 6 марта 2024 года на ТЭЦ произошел пожар с сильным задымлением на площади 50 квадратных метров, в котором пострадали 18 человек [2]. Согласно различным информационным источникам отмечено, что практически во всех случаях причиной аварии являлся отказ работы технологического оборудования с последующим его возгоранием, поэтому вопрос обеспечения требуемых пределов огнестойкости на подобных объектах является одним из приоритетных направлений.

Производственные здания топливо-энергетического комплекса имеют большие размеры, позволяющие разместить в себе котлы, турбины, а также развитую технологическую сеть. Для обеспечения доступа к технологическому оборудованию в целях его обслуживания в производственном здании имеются горизонтальные площадки, связанные между собой лестничными маршами. Учитывая большие размеры технологического оборудования и объемы производственных помещений, при ликвидации возникшей чрезвычайной ситуации перед пожарными и спасателями будет стоять не простая задача по ликвидации последствий ЧС.

Применяемое топливо при разрушении технологических трубопроводов или технологического оборудования будет способствовать распространению и развитию пожара по технологическим площадкам, а тушение пожара осложниться наличием плотного размещения технологического оборудования. Высокая температура при горении оказывает влияние на состоянии несущих строительных конструкций [10,13,15]. Для увеличения показателей огнестойкости металлических строительных конструкций их покрывают огнезащитным составом. Вместе с тем огнезащита при эксплуатации претерпевает изменения и поэтому она должна осматриваться и обслуживаться в период эксплуатации объекта [14].

Нами рассмотрена динамика повреждений огнезащитного покрытия при эксплуатации на объектах теплоэнергетики на примере котельного цеха. В целях выявления характерных повреждений огнезащитного покрытия был проведен визуальный осмотр действующего помещений объекта энергетики. Особенностью данного цеха, является наличие гидроуборки. В целях недопущения образования отложений угольной пыли в производственном помещении, проводится влажная уборку путем смывания угольной пыли в технологические лотки с применение большого количества воды. В результате проводимых влажных уборок, потоки воды с частицами угольной пыли стекают по металлическим конструкциям образуя налет черного цвета (Рис.1) на их стенках, что оказывает негативное влияние на свойства огнезащитного покрытия.



Рис.1 – Образование налета на плоскости металлических конструкций

Стоит отметить, что потоки воды доставляют частицы угольной пыли на горизонтальные полки металлических конструкций, где отсутствует уклон, способствующий беспрепятственному стеканию воды, в результате частицы оседают, образуя влажный слой прессованных частиц. Такой слой ухудшает состояние огнезащитного покрытия, приводит к его растрескиванию с последующим отслоением от металлической конструкции (Рис.2). Характерные повреждения отмечались на металлических конструкциях, расположенных по лестничным маршам и горизонтальным связям. При орошении нижних частей опор также происходит отслоение финишного слоя огнезащитного покрытия.



Рис.2 – Растрескивание с последующим отслоением огнезащитного покрытия от металлической конструкции

Наибольшему повреждению огнезащитного слоя подвергаются металлические конструкции, расположенные вблизи с нагретым технологическим оборудованием, излучающим тепловой поток, а также в местах образования пара и повышенной влажности. В этих местах металлические конструкции имеют отслоение (вспучивание) покрытия практически по всей своей поверхности (Рис.3).

Нарушения целостности нанесенного огнезащитного покрытия наблюдались в местах временного крепления, монтажа/демонтажа технологического и электротехнического оборудования, а также места механических повреждений при проведении сварочных работ (Рис.4)



Рис.3 – Отслоение огнезащитного покрытия

В ходе визуального осмотра встречаются места временного крепления тягового оборудования за ребра металлических конструкций, вследствие воздействия которых происходит разрушение (раскрашивание) огнезащитного покрытия.

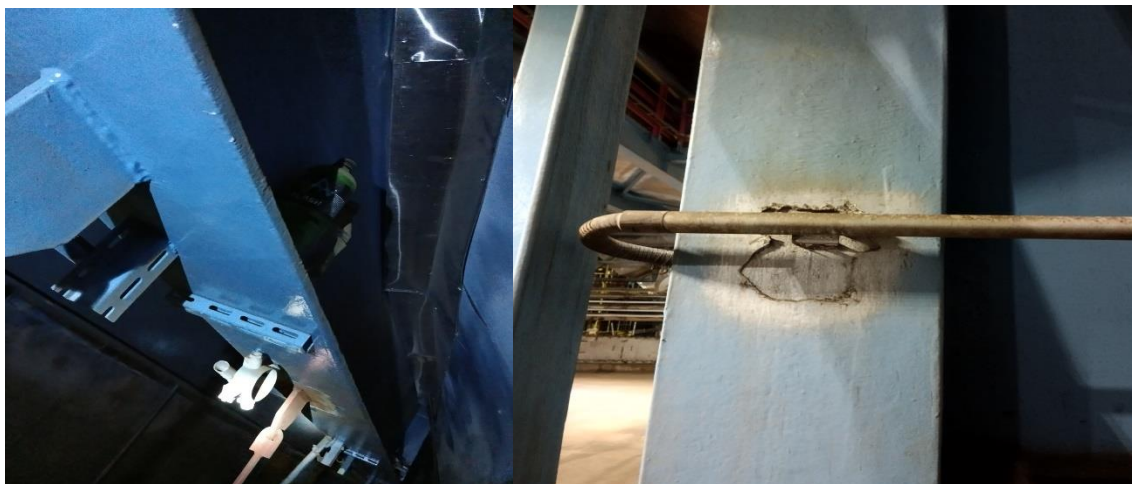


Рис.4 – Механические повреждения огнезащитного слоя

Следует отметить, что на нормативная влажность для помещений тепловых электростанций должна составляет 20-60%. В ходе проведения осмотра состояния огнезащитного покрытия была выявлена закономерность в характере повреждений в местах повышенной влажности и термического воздействия, которые составляли 70-100% от всего покрытия элемента. Зависимость разрушения огнезащитного покрытия от влажности и термического воздействия показаны на Рис.5,6.

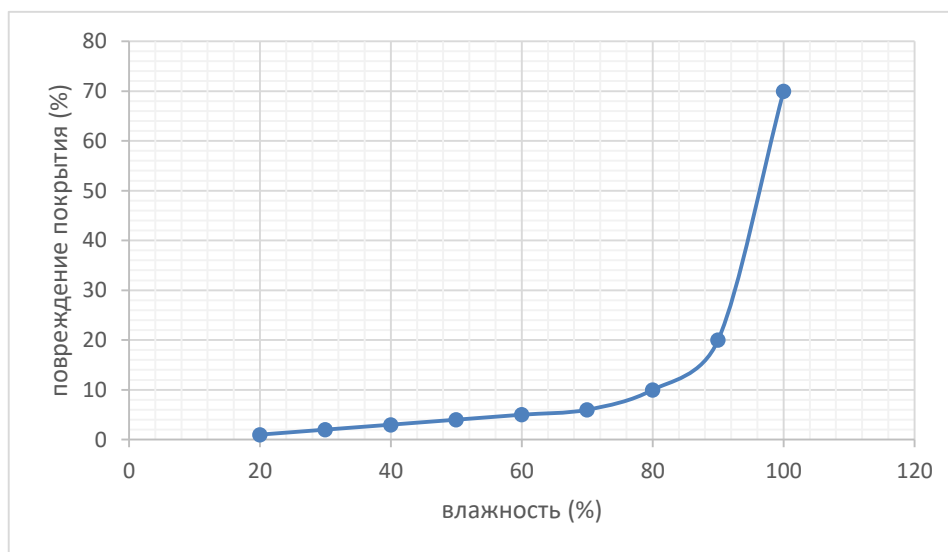


Рис.5 – Зависимость повреждения огнезащитного покрытия от влажности

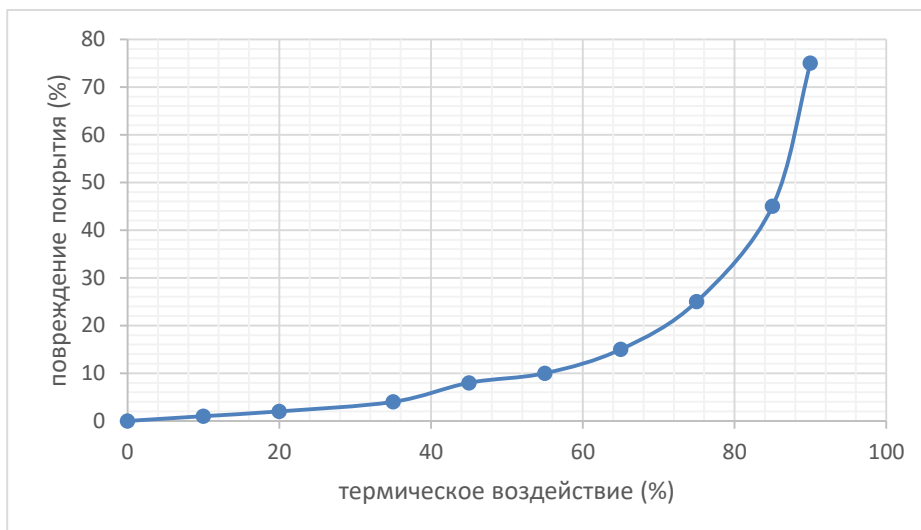


Рис.6 – Зависимость повреждения огнезащитного покрытия от термического воздействия

В местах с более стабильными условиями эксплуатации, огнезащитное покрытие сохранилось без видимых повреждений. В таком случае для установления соответствия требуемых характеристик огнезащитного покрытия необходимо проводить более глубокий анализ в лабораторных условиях. Учитывая негативное влияние агрессивной среды необходимо при определении технического состояния огнезащитного покрытия, а также при проведении работ по его восстановлению обращать особое внимание на места повышенной влажности и термического воздействия от технологического оборудования, а также на требования нормативно правовых актов в данной области.

Критерии определения состояния огнезащитного покрытия установлены СП 432.1325800.2019 «Покрытия огнезащитные». На основании результатов проведенного мониторинга состояния огнезащитного покрытия определяются 3 степени: хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное техническое состояние[4].

К хорошему техническому состоянию относится слой, на котором отсутствуют дефекты и повреждения. Количественные или качественные значения параметров, характеризующие целостность, толщину, адгезию соответствуют требованиям, установленным проектом или нормативными документами.

К удовлетворительному техническому состоянию относят покрытия имеющие повреждения и дефекты (не более 10% общей площади конструкций). Толщина и адгезия соответствуют проектным решениям, при этом требуется проведение локального ремонта нанесенного покрытия.

К неудовлетворительному техническому состоянию относятся покрытия, имеющие значительные дефекты и повреждения, несоответствия параметров, установленных проектом и нормативными документами, при этом покрытие подлежит демонтажу и замене [4].

Данный нормативный акт выделяет основные виды разрушений, к которым относятся растрескивание, отслаивание, образование пузырей (вздутий), коррозия металла. Для определения степени отслоения покрытий экспертам, проводящим обследования технического состояния огнезащитного покрытия, необходимо проводить путем сравнения изображения указанных на рисунках А 12 и А 13, СП 432.1325800.2019 «Покрытия огнезащитные» или использовать данные Таблицы 11.5 данного документа. Также площадь разрушения покрытия S_p , %, можно рассчитать приведенной по формуле:

$$S_p = \frac{n1}{n} \times 100\%$$

где, $n1$ – количество квадратов, в которых наблюдается разрушение покрытия;

n – общее количество квадратов на прозрачной пластине или проволочной сетке.

При проведении оценки состояния огнезащитного состава экспертам следует обращать особое внимание на недопустимые дефекты, такие как: необработанные участки металлических конструкций; трещины, отслаивание, осыпания; потеки, наплывы, сморщивания; пузыри (вздутия), проколы; коррозия посторонние пятна, инородные включения [4], которые наблюдаются даже при соответствии огнезащитного покрытия требованиям технической документации. Поэтому в целях определения сохранившихся свойств огнезащитного покрытия необходимо использовать детальное (инструментальное) обследование.

На основании проведенного анализа выявленных характерных повреждений огнезащитного покрытия можно выделить основные повреждения, к которым относятся механические повреждения, отслаивание, вспучивание, загрязнения поверхности слоя.

Для уменьшения негативного воздействия на огнезащитное покрытие в экстремальных условиях эксплуатации, необходимо:

- дополнительно установить на горизонтальные полки металлических конструкций наклонное устройство, способствующее стеканию воды при проведении влажной уборки;
- ограничить путем установления экранов места прямого воздействия пара или повышенной влажности, интенсивного теплового излучения на поверхность металлических конструкций;
- при временном креплении тягового оборудования за ребра металлических конструкций применять проставки, обеспечивающие сохранность огнеупорного покрытия;
- рассматривать применения огнезащитного состава, не теряющего свои свойства при эксплуатации в повышенной агрессивной среде, использовать качественные растворители, предназначенные для разведения до нужной концентрации огнезащитного состава.

Обнаруженные незначительные дефекты подлежат восстановлению во время проведения последующих плановых ремонтных работ. При проведении работ по восстановлению покрытия необходимо восстанавливать огнезащитное покрытие в местах отслоения (вспучивания), на участках отсутствия слоя на металлических конструкциях и в местах повреждения при проведении сварочных работ; обновить покрытие на нижних частях платформ лестничных пролетов, а также швеллеров и косоуров, наиболее подверженных механическому воздействию. При креплении временного технологического оборудования за ребра металлических конструкций применять проставки, обеспечивающие сохранность огнезащитного покрытия.

Выводы:

Объекты теплоэнергетики имеют специфические воздействия при эксплуатации огнезащитных покрытий. Поэтому мониторинг состояния должен стать одним из основных критериев сохранения несущей способности строительных конструкций при пожаре.

Ежегодный визуальный осмотр должен быть основанием для планирования ремонтных работ.

Список источников

1. 10 самых крупных аварий на российских ГРЭС: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://life.ru/p/893988> (дата обращения 22.04.2024).
2. ЧП и аварии на ТЭЦ в России в 2023-2024 годах - РИА новости: [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ria.ru/20240306/tets-1931390909.html> (дата обращения 22.04.2024).
3. ГОСТ 31937-2011 «Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
4. СП 432.1325800.2019 «Покрывтия огнезащитные» // Консоориум Кодекс: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554818814> (дата обращения 22.04.2024).
5. СП 433.1325800.2019 «Огнезащита стальных конструкций» // Консоориум Кодекс: сайт. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/554694288> (дата обращения 22.04.2024).

6. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. № С. 41-43.
7. Халилова Р. А., Акулинушкина А. А. Анализ влияния огнезащитной вспучивающейся краски на структуру металла автореф. дис.к.н.т. – Уфа. - 2008. – 24 с.
8. Волкова, Е. Н. Материалы для огнезащитной обработки металла / Волкова Е. Н. // Проектирование и строительство: Сборник научных трудов 2-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 04–05 июня 2018 года / Ответственный редактор Бакаева Н.В.. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 28-30. – EDN XWRVBB.
9. Халтуринский, Н. А. Огнезащитная вспучивающаяся краска / Халтуринский Н. А., Туров Е. В. // Горение и взрыв. – 2011. – № 4. – С. 180-183. – EDN SLBUOZ.
10. Хлусова, В. П. Исследование влияния состава огнезащитных красок на время огнестойкости / В. П. Хлусова // Молодежь и научно-технический прогресс: сборник докладов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 4 т., Губкин, 20 апреля 2017 года. Том 3. – Губкин: ООО "Ассистент плюс", 2017. – С. 399-402. – EDN ZBJLXX.
11. Волгина, Д. И. Огнезащита металлоконструкций производственных зданий за счет применения огнезащитных красок вспучивающегося типа / Волгина Д. И., Шалагина А. О. // Аллея науки. – 2018. – Т. 5, № 5(21). – С. 1113-1116. – EDN XSPWEX.
12. Использование огнезащитных красок и эмалей [Электронный ресурс]: Огнезащита // электронная энциклопедия. - URL: <http://protivpozgara.ru/zaschita/obrabotka/ognezashhitnaja-kraska> (дата обращения 22.04.2024).
13. Огнезащитные краски: виды, свойства, преимущества, правила нанесения / Клуб пожарных спасателей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ognezashhitnyie-kraski-vidyi-svoystva-preimushhestva-pravila-naneseniya> (дата обращения 22.04.2024).
14. Носарев, К. К. Огнезащитные краски / Носарев К. К. // Студенческий форум. – 2021. – № 2-1(138). – С. 85-86. – EDN YLEISS.
15. Рытова, Т. Г. Огнезащитные покрытия для металлических конструкций / Рытова Т. Г., Смирнов В. К. // Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов: Сборник статей. В 2-х частях. Том Часть I. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2020. – С. 135-139. – EDN AFYWCL.

References

1. 10 largest accidents at Russian state district power plants: [Electronic resource] - Access mode: <https://life.ru/p/893988>.
2. Emergency situations and accidents at thermal power plants in Russia in 2023-2024 - RIA novosti: [Electronic resource] - Access mode: <https://ria.ru/20240306/tets-1931390909.html> (accessed 04/22/2024).
3. GOST 31937-2011 Interstate Standard. Buildings and structures. Inspection and condition monitoring rules ".
4. SP 432.1325800.2019 "Flame retardant coatings" // Consortium Code: website. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554818814> (accessed 04/22/2024).
5. SP 433.1325800.2019 "Fire protection of steel structures" // Consortium Code: website. -URL: <https://docs.cntd.ru/document/554694288> (accessed 04/22/2024).
6. Aksekov S.G., Kurochkina A.S., Gubaidullina I.N. Analysis and assessment of the consequences of emergencies associated with fires at industrial enterprises//Truck. 2022. NO. P. 41-43.
7. Khalilova R. A., Akulinushkina A. A. Analysis of the effect of flame retardant swelling paint on the structure of metal abstract. dis.k.n.t. – Ufa. - 2008. – 24 s.
8. Volkova, E.N. Materials for fire-retardant metal processing/ Volkova E.N. //Design and construction: Collection of scientific works of the 2nd International Scientific and Practical Conference of young scientists, graduate students, masters and bachelors, Kursk, 04-05 June

2018/Executive editor Bakaeva N.V.. - Kursk: Southwestern State University, 2018. - S. 28-30. – EDN XWRVBB.

9. Khalturinsky, N. A. Fireproof intumescent paint/ Khalturinsky N. A., Turov E. V. //Burning and explosion. – 2011. – № 4. - S. 180-183. – EDN SLBUOZ.

10. Khlusova, V.P. Study of the effect of the composition of fire retardant paints on the time of fire resistance/ Khlusova V.P. //Youth and scientific and technological progress: a collection of reports of the X International Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists: in 4 volumes, Gubkin, April 20, 2017. Volume 3. - Gubkin: Assistant Plus LLC, 2017. - S. 399-402. – EDN ZBJLXX.

11. Volgin, D.I. Fire protection of metal structures of industrial buildings due to the use of intumescent fire retardant paints/D.I. Volgin, A.O. Shalagin//Alley of Science. – 2018. - Т. 5, NO. 5 (21). - S. 1113-1116. – EDN XSPWEX.

12. Use of fire retardant paints and enamels [Electronic resource]: Fire protection//electronic encyclopedia. - URL: <http://protivpozhara.ru/zaschita/obrabotka/ognezashhitnaja-kraska> (accessed 04/22/2024).

13. Fire retardant paints: types, properties, advantages, application rules/Fire rescue club [Electronic resource]. - Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ognezashhitnyie-kraski-vidyi-svoystva-preimushhestva-pravila-naneseniya> (accessed 04/22/2024).

14. Nosarev, K.K. Fireproof paints/K.K. Nosarev//Student Forum. – 2021. – № 2-1(138). - S. 85-86. – EDN YLEISS.

15. Rytova, T. G. Fireproof coatings for metal structures/ Rytova T. G., Smirnov V. K. //Collection of scientific works of young scientists and specialists: Collection of articles. In 2 parts. Volume Part I. - Cheboksary: Chuvash State University named after Ulyanova I.N., 2020. - P. 135-139. – EDN AFYWCL.

Информация об авторах

С.П. Амелъчугов – доктор технических наук

Н.В. Елфимов – кандидат технических наук

Information about the author

S.P. Amelchugov – Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences

N.V. Elfimov – Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.05.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 17.06.2024.

The article was submitted 24.05.2024, approved after reviewing 05.06.2024, accepted for publication 17.06.2024.