

УДК 614.84

ОБЗОР ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Тухбатулин Максим Наильевич¹, Тикина Ирина Владимировна¹, Цыганков Михаил Сергеевич²

¹Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Российская Федерация

²Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Для защиты металлоконструкции от воздействия пламени используются огнеупорные составы, которые относятся к пассивной огнезащите. Эти материалы под воздействием высоких температур формируют изолирующий от тепла барьер, который препятствует быстрому нагреву металлических элементов, удерживая температуру металла ниже критического значения, что позволяет конструкции сохранять свою прочность в течение времени, необходимого для эвакуации людей. Поэтому в рамках стратегии по снижению пожарной опасности объектов инфраструктуры огнезащитная обработка металлоконструкций играет фундаментальную роль. В работе проведено сравнение физических качеств и свойств ряда огнезащитных красок на водной основе для защиты металлических конструкций, таких как степень перетира, кажущаяся вязкость состава, плотность, расход при покрытии в 1 мм, адгезия покрытия, время высыхания, температура нанесения и эксплуатации, а также срок службы.

Ключевые слова: пожар, огнестойкость, огнезащита, металлические конструкции, огнезащитные покрытия, вспучивающиеся покрытия

Для цитирования: Тухбатулин М. Н., Тикина И. В., Цыганков М. С. Обзор физических свойств водных огнезащитных покрытий для металлических конструкций // Техносферная безопасность. 2026. № 3 (52). С. 63–74.

OVERVIEW OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF WATER-BASED FLAME-RETARDANT COATINGS FOR METAL STRUCTURES

Maxim N. Tukhbatulin¹, Irina V. Tikina¹, Mikhail S. Tsygankov²

¹UISFS of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russian Federation

²St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. To protect metal structures from the effects of flame, fire-resistant compounds are used; these are classified as passive fire protection. Under the influence of high temperatures, these materials form a heat-insulating barrier that prevents the rapid heating of metal elements. By keeping the metal temperature below the critical value, the structure retains its strength for the duration required for people to evacuate. Therefore, in the context of a strategy to reduce the fire hazard of facilities, fire-retardant treatment of metal structures plays a fundamental

role. The study compares the physical characteristics and properties of a number of water-based fire-retardant paints used to protect metal structures, such as the degree of grinding, apparent viscosity of the composition, density, consumption rate for a 1 mm coating, coating adhesion, drying time, application and operating temperature, as well as service life.

Keywords: fire, fire resistance, fire protection, metal structures, fire-retardant coatings, intumescent coatings

For citation: Tukhbatullin M. N., Tikina I. V., Tsygankov M. S. Overview of the physical properties of water-based flame-retardant coatings for metal structures // Technospheric safety. 2026. No. 3 (52). P. 63–74.

Введение

Пожар представляет собой серьезную угрозу жизни и имуществу людей. Согласно анализу обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации в опубликованных отчетах МЧС России доля пожаров в период с 2022 по 2024 гг. увеличивалась [1–3]. Типичный сценарий пожара включает в себя несколько процессов: первоначально происходит возгорание, которое определяется как начало процесса горения, за ним следует распространение огня — стадия развития пожара, во время которой увеличивается скорость выделения тепла и температура пожара [4]. Высокая интенсивность термического воздействия оказывает деструктивное влияние на физико-механические свойства металлических конструкций. Так, при нагреве стали происходит коалесценция зерен аустенита, приводящая к снижению удельной поверхности границ зерен и, как следствие, к уменьшению усталостной прочности. Увеличение размера зерна также способствует снижению механической прочности стали из-за повышения концентрации дефектов, инициирующих разрушение, ставя под угрозу общую устойчивость сооружения.

Проведение специальных пожарно-профилактических мероприятий является неотъемлемой частью обеспечения пожарной безопасности зданий [5]. Одной из важных составляющих таких мероприятий является огнезащита строительных конструкций [6]. Она позволяет повысить огнестойкость зданий и сооружений, снизить риск возникновения пожара и распространения огня, а также обеспечить безопасность жизнедеятельности людей [7].

Принцип действия этого приема заключается в нанесении на металлические конструкции составов, которые в случае воздействия высоких температур образуют твердый углеродистый пенококс, обладающий слабой передачей тепла, что существенно увеличивает время нагрева конструкций и создает дополнительное время для эвакуации людей и имущества [8]. Исследования показывают, что в случае отсутствия обработки нагрев металлических конструкций до 500 °C происходит в течение 15 минут. При наличии обработки время сохранения целостности увеличивается от 1 до 3 ч [9]. Указанный подход считают актуальным, поскольку он позволяет сконцентрировать огнезащитный эффект на границе раздела между материалом и окружающей средой, т. е. там, где он необходим [10].

В работе был проведен сравнительный обзор ряда показателей (степень перетира, кажущаяся вязкость состава, плотность, расход для покрытия толщиной 1 мм, адгезия покрытия, время высыхания, температуре нанесения и эксплуатации, а также срок службы) современных водных огнезащитных покрытий («ТИТАН-ТМ», «ТИТАН-М», «ТЕКСОТЕРМ», ОСМ-1 ГЕФЕСТ, Pirex-Metal Plus и «ВД-АК-502-ОВ NEO») с целью предварительной оценки их работоспособности.

Водные огнезащитные покрытия были выбраны в качестве объекта исследования, т. к. в них отсутствуют вредные вещества и при воздействии высоких температур или открытого огня они не выделяют токсичные газы. Это гарантирует безопасность для здоровья человека и не наносит вреда окружающей среде. Также неоспоримым преимуществом этого вида покрытий является высокая адгезия и устойчивость к воздействию влаги, что позволяет использовать его в условиях повышенной влажности [11].

Теоретические основы

Общее описание красок:

1. «ТИТАН-ТМ» — двухкомпонентная система огнезащитного покрытия, призванная увеличить предел огнестойкости стальных конструкций, включая конструкции с приведенной толщиной металла менее 5,8 мм, в зданиях и сооружениях I и II степени огнестойкости. Она формируется из слоя жидкой теплоизоляции и слоя огнестойкой краски [12].

2. «ТИТАН-М» — огнезащитная краска с воднодисперсионным однокомпонентным составом, который относится к типу вспучивающихся материалов. «ТИТАН-М» служит для улучшения устойчивости к огню стальных

металлических конструкций. Огнезащитные свойства основываются на многократном вспучивании в процессе теплового воздействия на защищаемую поверхность конструкции при пожаре.

3. «ТЕКСОТЕРМ» является огнезащитной эмалью, включающей уникальное полиакриловое вещество с составом, обогащенным органическими растворителями, и содержанием сухих веществ более 70 %. Особенность эмали в том, что при нагреве свыше 200 °С она расширяется, образуя слой углеродной пены. Эта пена обладает отличными теплоизоляционными свойствами, эффективно защищая конструкции от прямого воздействия огня и перегрева.

4. «ОСМ-1 ГЕФЕСТ» — однокомпонентный огнезащитный состав, который при нагревании вспучивается, создавая защитный слой. Состав применяется для защиты стальных элементов в зданиях различного назначения — от промышленных до жилых, — эксплуатируемых в условиях умеренного климата (температура от –40 °С до +60 °С и влажность до 80 %). Возможна колеровка состава в заводских условиях по желанию заказчика без ущерба для его огнезащитных свойств (необходимо согласование с производителем). Для защиты от атмосферных воздействий рекомендуется нанесение поверх огнезащитного слоя финишного лака «ГЕФЕСТ ОФЛ-1» или других совместимых материалов, одобренных производителем. «ОСМ-1 ГЕФЕСТ» соответствует всем требованиям пожарной безопасности, установленным в Техническом регламенте [13] и [14].

5. «ВД-АК-502-ОВ NEO» — огнезащитная краска, предназначенная для повышения предела огнестойкости металлических конструкций в жилых, промышленных и общественных зданиях.

6. «Pirex-Metal Plus» — средство, представляющее собой огнестойкую краску для металлургических изделий, которая также предусматривает улучшение огнестойкости каркасов из металла при условии их защиты от непосредственного контакта с водой. Может наноситься как на внутренние, так и на наружные

металлические элементы, расположенные под укрытием, с предварительным нанесением защитного слоя.

В таблице представлены базовые характеристики исследуемых огнезащитных составов на водной основе, предназначенных для применения на металлических конструкциях.

Таблица
Сравнительные характеристики огнезащитных красок на водной основе
для защиты металлических конструкций

Table
Comparative characteristics of water-based fire-resistant paints
for protecting metal structures

Наименование параметра Name of the parameter	ТИТАН-ТМ TINAN-TM	ТИТАН-М TINAN-M	ТЕКСОТЕРМ TEKSOTERM	ОСМ-1 ГЕФЕСТ OSM-1 GEFEST	ВД-АК-502- ОВ NEO VD-AK-502OV NEO	Pirex-Metal Plus
Цвет Colour	белый white	белый white	белый/светло-серый white/light grey	н/д not the data	светло-серый light grey	белый, возможна колеровка white, tinting is possible
Характеристика по основе Characteristics based on	водная water	водная water	водная water	водная water	водно-дисперсионная water dispersion	водно-дисперсионная water dispersion
Степень перетира по методу «Клин», мкм, максимальное значение The degree of grinding according to the "wedge" method, microns, no more	300	175	300	320	300	250
Кажущаяся вязкость состава по вискозиметру Брукфильда при температуре $20,0 \pm 0,5$ °C, мПа · с Apparent viscosity of the composition according to the Brookfield viscometer at a temperature of $20.0 \pm \pm 0.5$ °C, MPa · s	140 000	125 000	50 000	125 000	130 000	130 000
Плотность покрытия, кг/м ³ Density, kg/m ³ .	570 ± 120	1 220 ± 130	1 400 ± 100	1 220 ± 130	1 400 ± 100	1 400 ± 100
Теоретический расход для получения покрытия толщиной 1 мм (1 000 мкм), кг/м ² The theoretical consumption for obtaining a coating	1,2 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,1

Окончание таблицы

Наименование параметра Name of the parameter	ТИТАН-ТМ TINAN-TM	ТИТАН-М TINAN-M	ТЕКСОТЕРМ TEKSOTERM	ОСМ-1 ГЕФЕСТ OSM-1 GEFEST	ВД-АК-502- ОВ NEO VD-AK-502OV NEO	Pirex-Metal Plus
with a thickness of 1 mm (1 000 microns), kg/m ²						
Адгезия покрытия X-образ- ным надрезом, баллы, макси- мальное значение Adhesion of the coating with an X-shaped incision, point, no more	2	2	2,5	2,5	2	2,5
Время высыхания до степени 3 при температуре не более 20 °С, ч Drying time to a degree of 3 no more at a temperature of 20 °С, h	10	9	10	24	12	12
Срок службы покрытия The service life of the coating	не менее 25 лет at least 25 years old	не менее 25 лет at least 25 years old	не менее 15 лет at least 15 years old	не менее 10 лет at least 10 years old	не менее 12 лет at least 12 years old	до 10 лет без защитно- го покрытия и до 15 лет с защитным покрытием up to 10 years without protective coating and up to 15 years with protective coating
Диапазон температур эксплу- атации покрытия, °С Operating temperature range of the coating, °С	-50...+50	-50...+50	-20...+40	+5...+40	0...+40	+5...+35
Температура нанесения, °С Application temperature, °С	от +5 from +5	от +5 from +5	от +5 from +5	от +5 from +5	от +5 from +5	от +5 from +5

К основным параметрам для составления характеристики были отнесены следующие:

- 1) степень перетира — максимальный размер твердых частиц (пигментов и наполнителей), которые остаются после процесса диспергирования в лакокрасочных материалах;
- 2) кажущаяся вязкость — напряжение сдвига, приложенное к жидкости, деленное на скорость сдвига;
- 3) адгезия покрытия — прилипание лакокрасочного материала к окрашиваемой поверхности.

Метод определения степени перетира прибором «Клин» (гриндометром) описан в [15]. «Клин» состоит из измерительной плиты с клинообразным пазом, параллельным ее продольной оси, и скребка (рис. 1). Суть метода заключается в определении глубины клиновидного паза прибора (в мкм) в месте появления видимых частиц или начала штрихов путем его заполнения пробой.

Определение кажущейся вязкости с применением вискозиметра Брукфильда (рис. 2) производилось в соответствии с [16].

Принцип действия основан на измерении крутящего момента. Синхронный двигатель вращает калиброванный шпиндель в образце с постоянной скоростью.

Сопротивление, оказываемое продуктом вращению шпинделя, прямо пропорционально его вязкости и проявляется в виде измеряемого крутящего момента.

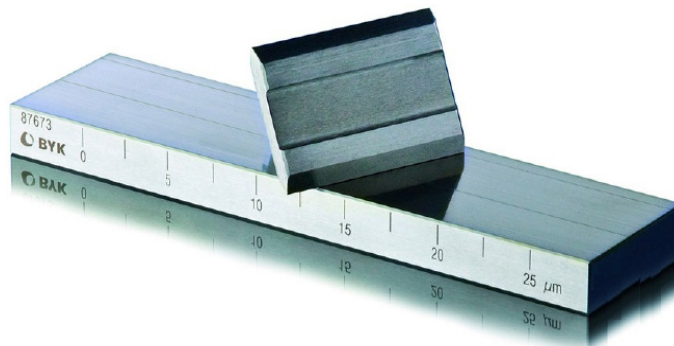


Рис. 1. Внешний вид гриндометра
Fig. 1. Appearance of the grinder



Рис. 2. Внешний вид вискозиметра Брукфильда
Fig. 2. Appearance of the Brookfield Viscometer

Результаты и обсуждения

Сравнение основных параметров, приведенных выше красок представлено на диаграммах (рис. 3–7).

Степень перетира влияет напрямую на качество адгезии с поверхностью нанесения и на такую характеристику краски, как ее укрывистость: чем меньше перетир, тем выше укрывистость, что сокращает не только время, затрачиваемое на ее нанесение, но и общее количество слоев нанесения. Обычно огнезащитную краску наносят

в 2–4 слоя, при этом общая толщина влажного слоя не должна превышать 0,6–0,8 мм. Общеизвестно, что нарушение правил нанесения (увеличение слоя либо не соблюдение требований времени формирования огнезащитного покрытия) может привести к снижению адгезии, срока эксплуатации и снижению огнезащитных свойств краски. Как видно из представленной диаграммы (рис. 3), наибольшая степень перетира у краски «ТИТАН-М» и Pirex-Metal Plus. Схожие значения у красок «ТИТАН-ТМ», «ТЕКСТОТЕРМ» и «ВД-АК-502ОВ NEO».

Наименьшей степенью перетира обладает краска «ОСМ-1 ГЕФЕСТ».

На рисунке 4 представлена сравнительная характеристика кажущейся вязкости состава по вискозиметру Брукфильда.

Показатель кажущейся вязкости применяется для создания необходимой структуры вспененного слоя (пенококса), который образуется при воздействии высоких температур. Если вязкость слишком

низкая, покрытие будет стекать с защищаемой подложки, а если чрезмерно высокая — образующиеся в процессе разложения порофора газы не смогут адекватно продиффундировать, и покрытие не вспучится. Наибольшей вязкостью обладает краска «ТИТАН-ТМ», на втором месте «ВД-АК-502ОВ NEO» и Pirex-Metal Plus, на третьем — «ТИТАН-М» и «ОСМ-1 ГЕФЕСТ», на последнем — «ТЕКСТОТЕРМ».

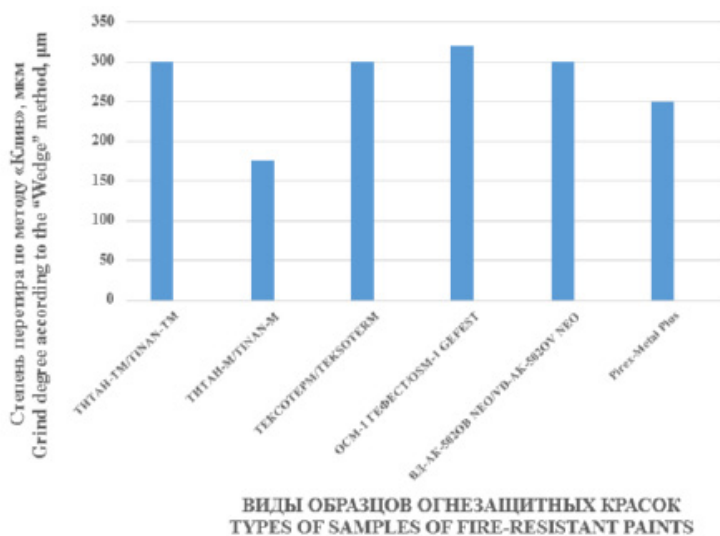


Рис. 3. Оценка параметра огнезащитных красок по степени перетира по методу «Клин», мкм

Fig. 3. Evaluation of the parameter of flame-retardant paints according to the "Wedge" method, microns

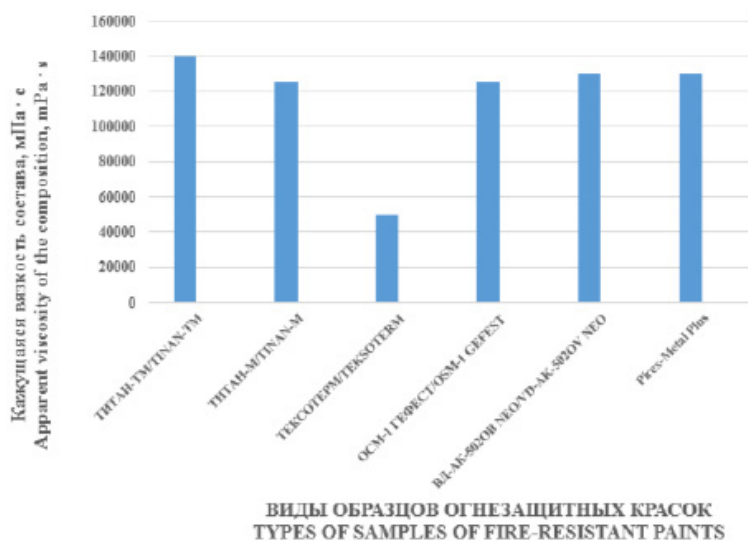


Рис. 4. Кажущаяся вязкость состава по вискозиметру Брукфильда при температуре $20,0 \pm 0,5$ °C, мПа·с

Fig. 4. Apparent viscosity of the composition according to the Brookfield viscometer at a temperature of 20.0 ± 0.5 °C, MPa·s

Сравнение плотности покрытия конструкции рассматриваемыми красками наглядно показано на рисунке 5.

Плотность покрытия влияет на качество слоя, определяя расход и величину дополнительной нагрузки на металлоконструкцию, а также насколько быстро при нагреве увеличивается толщина покрытия, что напрямую влияет на образование теплоизоляционного слоя. Значения плотности покрытия для высокоэффективных огнезащитных составов ле-

жат в диапазоне 1,25–1,60 г/см³. Наибольшая плотность покрытия у «ТЕКСТОТЕРМ», «ВД-АК-502ОВ NEO» и Pirex-Metal Plus, т.е. эти краски имеют лучшую укрывистость. Наименьшей плотностью покрытия обладает «ТИТАНТ-ТМ». Все остальные краски удовлетворяют нормативным требованиям ($1\,300 \pm \pm 100$ кг/м³), содержащимся в [17].

Показатели адгезии покрытия Х-образным надрезом в баллах представлены на рисунке 6.

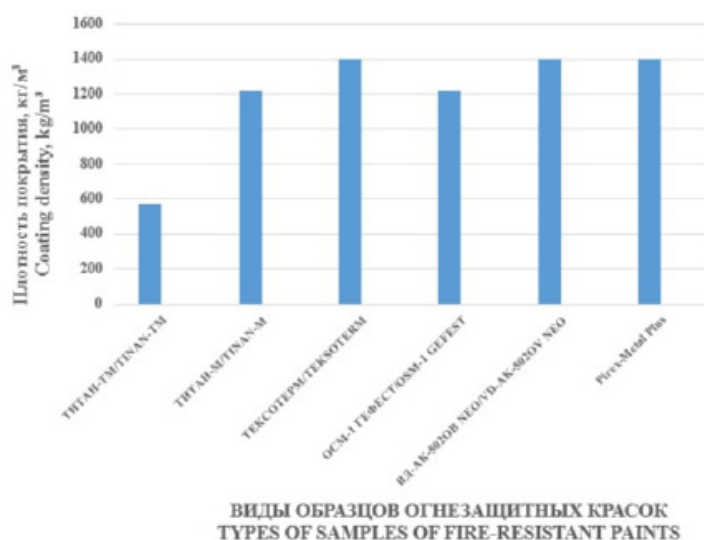


Рис. 5. Плотность покрытия металлических конструкций огнезащитной краской, кг/м³

Fig. 5. The density of coating metal structures with flame retardant paint, kg/m³

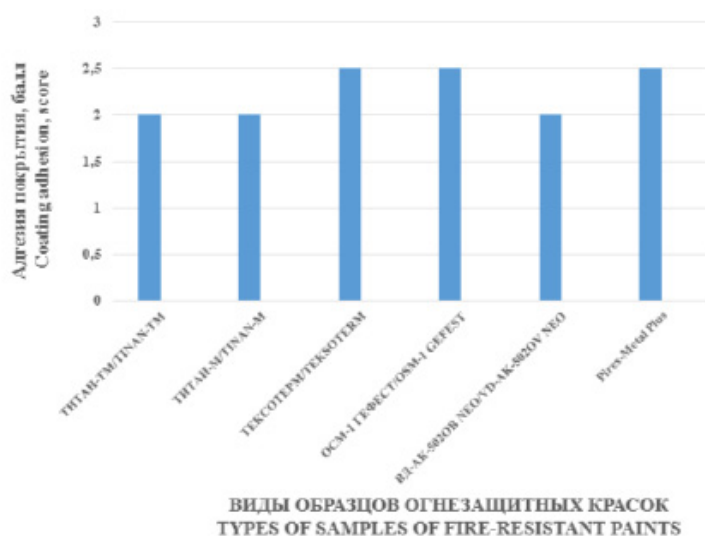


Рис. 6. Адгезия покрытия Х-образным надрезом, баллы

Fig. 6. Adhesion of the coating with an X-shaped incision, points

Слабая адгезия может привести к отслаиванию или осыпанию покрытия и снижению огнезащитных свойств теплоизолирующего слоя. Согласно требованию [18] адгезия огнезащитных покрытий должна быть не более 2 баллов, что допускает присутствие незначительного отслаивания покрытия в местах пересечения решетки,

а также разрушение площади поверхности решетки не более чем на 5 %. Соответствие этим требованиям выявлено только у трех красок: «ТИТАН-ТМ», «ТИТАН-М» и «ВД-АК-502ОВ NEO».

Время высыхания до степени 3 рассматриваемых красок продемонстрировано на рисунке 7.

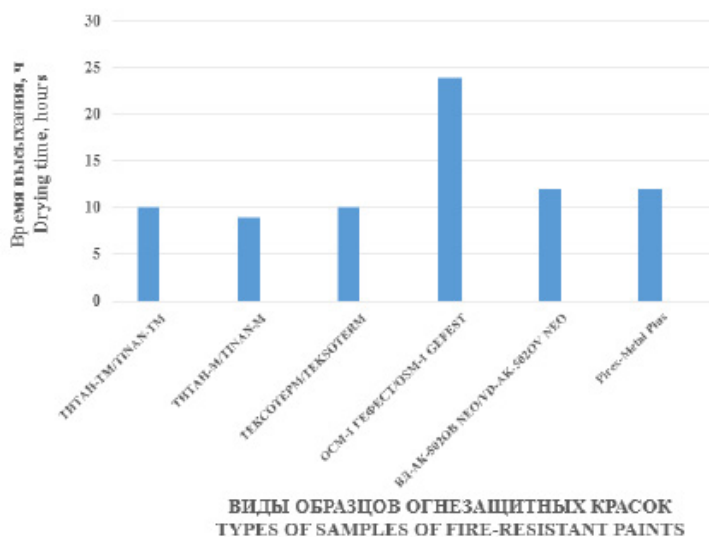


Рис. 7. Время высыхания огнезащитной краски до степени 3 при температуре 20 °С, ч
Fig. 7. Drying time of the flame-retardant paint to a degree of 3 at a temperature of 20 °C, h

В современном мире время играет ключевую роль. Наблюдается стремление к уменьшению временных затрат абсолютно на все виды работ. При этом несоблюдение рекомендаций производителя по времени межслойного высыхания может привести к дефектам покрытия, что снизит его огнезащитные свойства (образование пузырьков на поверхности покрытия). На рисунке приведено время высыхания при 20 °С, но стоит отметить, что время высыхания напрямую зависит от условий окружающей среды, степени разбавления материала, толщины огнезащитного покрытия и других факторов. Недосохший слой имеет низкую прочность и может не выдерживать вес последующих слоев и разрушаться. По этому параметру

сильно отличается от всех красок «ОСМ-1 ГЕФЕСТ» с рекордным временем высыхания слоя в 24 ч.

Выводы

Систематизация литературных источников и проведенный сравнительный анализ ряда огнезащитных красок на водной основе для металлических конструкций показывают, что представленные образцы в целом обладают схожими параметрами. По предварительной оценке, стоит выделить краску «ТИТАН-М», обладающую наилучшими свойствами, и «ОСМ-1 ГЕФЕСТ» с наихудшими показателями среди рассматриваемых красок. Однако оценить эффективность

анализируемых покрытий затруднительно, поскольку в рамках этой работы не рассматривалось их поведение в экстремальных условиях. Для получения более достоверных результатов необходимы дальнейшие исследования (морозостойкость, климатические

исследования показателей огнезащитной эффективности, в т. ч. в виде наложенных совместно друг на друга графиков «температура на необогреваемой поверхности металлических конструкций» — «время» согласно протоколам испытаний).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2022 г. Статистика пожаров и их последствий : информационно-аналитический сборник. Балашиха : ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2023 г. Статистика пожаров и их последствий : информационно-аналитический сборник. Балашиха : ВНИИПО МЧС России, 2024. 110 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2024 г. Статистика пожаров и их последствий : информационно-аналитический сборник. Балашиха : ВНИИПО МЧС России, 2025. 112 с.
4. Kim Y., Lee S., Yoon H. Fire-Safe Polymer Composites: Flame-Retardant Effect of Nanofillers // *Polymers*. 2021. No. 13 (4). P. 540.
5. Sigmann S. B. Playing with fire: Chemical safety expertise required // *Chemical Education*. 2018. Vol. 95. P. 1736–1746.
6. Нормирование огнестойкости и идентификация строительных конструкций / И. С. Кузнецова [и др.] // *Пожары и ЧС*. 2019. № 4. С. 28–38.
7. Покровская Е. Н. Экономическая эффективность огнезащиты строительных материалов // *Московский экономический журнал*. 2019. № 10. С. 553–557.
8. Fire-Resistant Properties of Green Intumescent Coating Incorporated with BioAsh for Steel Protection / J. H. Beh [et al.] // *Advances in Material Science and Engineering*. Singapore : Springer, 2021. P. 257–264. DOI: 10.1007/978-981-16-3641-7_30.
9. Lee J. S. Investigation of Water-based and Solvent-based Polymer Binders on the Fire Protection Performance and Mechanical Properties of Intumescent Coating : Bachelor's thesis. Malaysia, 2019. P. 21–32.
10. Thin coatings for fire protection: An overview of the existing strategies, with an emphasis on layer-by-layer surface treatments and promising new solutions / A.-L. Davesne [et al.] // *Progress in Organic Coatings*. 2021. Vol. 154. Art. 106217
11. Fire Safety Management in India: A Review : Conference paper / A. Vidyadharan [et al.] // *Advances in Fire and Process Safety*. 2018. P. 171–181.
12. Об утверждении свода правил СП 2.13130 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» : приказ МЧС России от 12.03.2020 № 151 (ред. от 06.11.2025) // Судебные и нормативные акты Российской Федерации : сайт. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mchs-rossii-ot-12032020-n-151/prikaz/?ysclid=msegs4ml67932035348> (дата обращения: 10.05.2026).
13. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон № 123-ФЗ : принят Государственной Думой 04.07.2008 : одобрен Советом Федерации 11.07.2008 //

Гарант.ру : информационно-правовой портал. URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 24.04.2026).

14. ГОСТ Р 53295–2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. М. : Стандартинформ, 2009. 9 с.

15. ГОСТ 31973-2013. Материалы лакокрасочные. Метод определения степени перетира. М. : Стандартинформ, 2014. 8 с.

16. ГОСТ 25271-93. Пластмассы. Смолы жидкие, эмульсии или дисперсии. Определение кажущейся вязкости по Брукфильду. Минск : Издательство стандартов, 1994. 11 с.

17. ГОСТ Р 59273-2020. Огнезащитный состав (покрытие) по стали на водно-дисперсионной основе. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2021. 7 с.

18. ГОСТ 15140-78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии. М. : Стандартинформ, 2009. 8 с.

REFERENCES

1. Fires and fire safety in 2022. Statistics of fires and their consequences : information and analytical collection. Balashikha : VNIPO EMERCOM of Russia, 2023. 80 p.

2. Fires and fire safety in 2023. Statistics of fires and their consequences : information and analytical collection. Balashikha : VNIPO EMERCOM of Russia, 2024. 110 p.

3. Fires and fire safety in 2024. Statistics of fires and their consequences : information and analytical collection. Balashikha : VNIPO EMERCOM of Russia, 2025. 112 p.

4. Kim Y., Lee S., Yoon H. Fire-Safe Polymer Composites: Flame-Retardant Effect of Nanofillers // Polymers. 2021. No. 13 (4). P. 540.

5. Fire Safety Management in India: A Review : Conference paper / A. Vidyadharan [et al.] // Advances in Fire and Process Safety. 2018. P. 171–181.

6. Sigmann S. B. Playing with fire: Chemical safety expertise required // Chemical Education. 2018. Vol. 95. P. 1736–1746.

7. Rationing of fire resistance and identification of building structures / Kuznetsova I. S. [et al.] // Fires and emergencies. 2019. No. 4. P. 28–38.

8. Fire-Resistant Properties of Green Intumescent Coating Incorporated with BioAsh for Steel Protection / J. H. Beh [et al.] // Advances in Material Science and Engineering. Singapore : Springer, 2021. P. 257–264. DOI: 10.1007/978-981-16-3641-7_30

9. Lee J. S. Investigation of Water-based and Solvent-based Polymer Binders on the Fire Protection Performance and Mechanical Properties of Intumescent Coating : Bachelor's thesis. Malaysia, 2019. P. 21–32.

10. Thin coatings for fire protection: An overview of the existing strategies, with an emphasis on layer-by-layer surface treatments and promising new solutions / A.-L. Davesne [et al.] // Progress in Organic Coatings. 2021. Vol. 154. Art. 106217.

11. Pokrovskaya E. N. Economic efficiency of fire protection of building materials // Moscow Economic Journal. 2019. No. 10. P. 553–557.

12. On approval of the code of rules SP 2.13130 "Fire protection systems. Ensuring the fire resistance of protective objects" : Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 12.03.2020 No. 151

(as amended on 06.11.2025) // Judicial and Regulatory acts of the Russian Federation : website. URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mchs-rossii-ot-12032020-n-151/prikaz/?ysclid=msegs4ml67932035348> (accessed 10.05.2026).

13. Technical Regulations on Fire Safety Requirements : Federal Law No. 123 : adopted by the State Duma on 04.07.2008 : approved by the Federation Council on 11.07.2008 // Garant.ru : information and legal portal. URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (accessed 24.04.2026).

14. GOST R 53295-2009. Fire protection products for steel structures. General requirements. Method for determining fire-retardant effectiveness. Moscow : Standartinform, 2009. 9 p.

15. GOST 31973-2013 Paint and varnish materials. A method for determining the degree of grinding. Moscow : Standartinform, 2014. 8 p.

16. GOST 25271-93 Plastics. Liquid resins, emulsions or dispersions. Determination of apparent viscosity by Brookfield. Minsk : Publishing House of Standards, 1994. 11 p.

17. GOST R 59273-2020 Flame retardant (coating) for water-dispersion-based steel. Technical specifications. Moscow : Standartinform, 2021. 7 p.

18. GOST 15140-78 Paint and varnish materials. Methods for determining adhesion. Moscow : Standartinform, 2009. 8 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тухбатулин Максим Наильевич, адъюнкт очной формы обучения адъюнктуры Уральского института ГПС МЧС России (620062, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22); РИНЦ ID: 1254387; ORCID: 0009-0004-4586-1143; e-mail: tuchbatulin93@mail.ru

Тикина Ирина Владимировна, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России (620062, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22); РИНЦ ID: 843403; ORCID: 0000-0001-6262-1580; e-mail: IVTikina@yandex.ru

Цыганков Михаил Сергеевич, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 149); РИНЦ ID: 1229735; e-mail: 33mixon33@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maxim N. Tukhbatulin, the full-time study adjunct UISFS of EMERCOM of Russia (22 Mira Str., Ekaterinburg, 620062, Russian Federation); AuthorID: 1254387; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6262-1580>; e-mail: tuchbatulin93@mail.ru

Irina V. Tikina, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Production, UISFS of EMERCOM of Russia (22 Mira Str., Ekaterinburg, 620062, Russian Federation); AuthorID: 843403; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6262-1580>; e-mail: IVTikina@yandex.ru

Mikhail S. Tsygankov, the full-time study adjunct, Saint-Petersburg University of State fire service of EMERCOM of Russia, (149 Moskovsky Prospekt, Saint-Petersburg, 196105, Russian Federation); ID RISC: 1229735; e-mail: 33mixon33@mail.ru