https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-47-61 EDN: MXWWXR
УДК 699.81

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНСТРУКТИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ ПРИ УСКОРЕННОМ КЛИМАТИЧЕСКОМ СТАРЕНИИ

М.А. КОМАРОВА[1], канд. хим. наук
Н.О. МЕЛЬНИКОВ[1,2,✉], канд. техн. наук
И.А. ВЛАСКИН[1,2]
М.В. ШАЛАБИН[1]

[1] Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

[2] Российский химико-технологический университет (РХТУ) им. Д.И. Менделеева, Миусская площадь, д. 9, стр. 1, г. Москва, 125047, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Эффективность огнезащитных систем для стальных конструкций определяется их способностью сохранять свойства при воздействии внешних факторов, включая климатические нагрузки. Натурные испытания долговечности покрытий требуют длительного времени, поэтому актуальным является применение ускоренных методик старения. В статье рассмотрены особенности экспериментального определения гарантийного или прогнозируемого сроков эксплуатации конструктивного огнезащитного покрытия на основе минераловатных плит для металлических строительных конструкций в зависимости от условий эксплуатации.

Цель. Исследование сохранения эффективности конструктивной огнезащиты на основе минераловатных плит при климатическом старении в условиях эксплуатации УХЛ2 и УХЛ3 по ГОСТ 15150-69 на примере современного покрытия.

Материалы и методы. В работе проведено циклическое искусственное старение образцов конструктивного огнезащитного покрытия на 5, 10, 15, 20 и 25 лет по методике ГОСТ Р 71618-2024 и оценена стойкость к воздействию климатических факторов и сохранность огнезащитных свойств в процессе эксплуатации тремя методами: измерением теплопроводности по ГОСТ 7076-99, термическим анализом по ГОСТ Р 53293-2009 и огнезащитной эффективностью по ГОСТ Р 53295-2009. Для исследования применялись пластины из листовой стали марки 08кп и 08пс по ГОСТ 16523-97 и ГОСТ 9045-93 размером 600 × 600 × 5 мм с нанесенной на них конструктивной системой «ЕТ-МЕТАЛЛ», включающей минераловатные теплоизоляционные плиты «EURO-ЛИТ» толщиной 30 мм и термостойкий клеящий состав «ПЛАЗАС» толщиной 2 мм.

Результаты. Установлено, что огнезащитная эффективность с увеличением количества циклов искусственного старения снижается и составляет 16,7 % в сторону уменьшения от контрольного образца при 125 циклах (25 лет).

Выводы. Прогнозируемый срок эффективной эксплуатации конструктивной системы «ЕТ-МЕТАЛЛ» на открытом воздухе под навесом (УХЛ2) и внутри зданий с естественной вентиляцией (УХЛ3) составляет не менее 25 лет.

Ключевые слова: пожарная безопасность зданий, огнестойкость строительных конструкций, конструктивная огнезащита, минераловатная плита, ускоренное климатическое старение, термический анализ, огнезащитная эффективность, теплопроводность, сохранение огнезащитных свойств

Для цитирования: Комарова М.А., Мельников Н.О., Власкин И.А., Шалабин М.В. Эффективность конструктивной огнезащиты на основе минераловатных плит при ускоренном климатическом старении. *Вестник НИЦ «Строительство».* 2025;47(4):47–61. https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-47-61

Вклад авторов
Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование
Исследование выполнено в рамках договорных работ между АО «НИЦ «Строительство» и АО «ТИЗОЛ».

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 07.09.2025
Поступила после рецензирования 12.10.2025
Принята к публикации 16.10.2025

EFFICIENCY OF MINERAL WOOL SLABS FOR FIRE PROTECTION OF STRUCTURES UNDER ACCELERATED CLIMATIC AGING

M.A. KOMAROVA[1], Cand. Sci. (Chem.)
N.O. MELNIKOV[1,2,✉], Cand. Sci. (Engineering)
I.A. VLASKIN[1,2]
M.V. SHABALIN[1]

[1] Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation

[2] Mendeleev University of Chemical Technology, Miusskaya Square, 9, bld. 1, Moscow, 125047, Russian Federation

Abstract

Introduction. The efficiency of fire protection systems for steel structures is determined by their ability to maintain their properties when exposed to external factors, including climatic loads. Natural tests of coating durability require a long time, making accelerated aging methods relevant. The article examines the features of experimental determination of the guaranteed or predicted service life for a structural fire protection based on mineral wool slabs for metal building structures, depending on operating conditions.

Aim. To study the efficiency of structural fire protection based on mineral wool slabs during climatic aging under UKhL2 and UKhL3 operating conditions according to State Standard 15150-69 using the example of a contemporary coating.

Materials and methods. The performed work includes cyclic artificial aging of a structural fire-protective coating for 5, 10, 15, 20, and 25 years according to the methodology of State Standard R 71618-2024. The resistance to climatic factors and maintenance of fire-protective properties during operation are assessed using three methods: measurement of thermal conductivity according to State Standard 7076-99, thermal analysis according to State Standard R 53293-2009, and assessment of fire protection efficiency according to State Standard R 53295-2009. The study uses 600 × 600 × 5 mm sheets of 08kp and 08ps steel according to State Standard 16523-97 and State Standard 9045-93 with applied ET-METALL structural system, including 30 mm EURO-LIT mineral wool thermal insulation slabs and 2 mm PLAZAS heat-resistant adhesive composition.

Results. The fire protection efficiency decreasing with an increase in the number of artificial aging cycles is established 16.7 % lower than the control sample at 125 cycles (25 years).

Conclusions. The predicted service life of the ET-METALL structural system outdoors under a canopy (UKhL2) and inside buildings with natural ventilation (UKhL3) is at least 25 years.

Keywords: fire safety of buildings, fire resistance of building structures, structural fire protection, mineral wool slab, accelerated climatic aging, thermal analysis, fire protection efficiency, thermal conductivity, preservation of fire protection properties

For citation: Komarova M.A., Melnikov N.O., Vlaskin I.A., Shalabin M.V. Efficiency of mineral wool slabs for fire protection of structures under accelerated climatic aging. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction.* 2025;47(4):47–61. (In Russian). https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-4(47)-47-61

Authors contribution statement
All authors made equal contributions to the study and the publication.

Funding
The study was carried out under the contract between the JSC Research Center of Construction and JSC TIZOL.

Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

Received 07.09.2025
Revised 12.10.2025
Accepted 16.10.2025

Введение

В настоящее время средства конструктивной огнезащиты строительных конструкций находят широкое применение с целью обеспечения нормируемых требований пожарной безопасности зданий и сооружений. Облицовка конструкций такими средствами огнезащиты является наиболее эффективным способом достижения высоких пределов огнестойкости и обладает большей механической прочностью по сравнению с покрытиями на основе красок, которые в последнее время наиболее популярны. К наиболее распространенным сегодня средствам и методам конструктивной огнезащиты относится облицовка различными негорючими и теплоизолирующими материалами, такими как панельные и плитные материалы, в том числе на основе минеральной ваты.

В соответствии с ТР ЕАЭС 043/2017 [1] техническая документация на средства огнезащиты должна содержать сведения о технических характеристиках, определяющих область их применения, способ подготовки поверхности, применяемые материалы и составы, технологию нанесения на защищаемую поверхность, условия сушки, огнезащитную эффективность, методы защиты от климатических воздействий, условия и срок эксплуатации, меры безопасности при проведении работ, а также порядок транспортирования и хранения.

Одним из важнейших параметров, определяющих эффективность применения огнезащитных материалов, является прогнозируемый срок эксплуатации в зависимости от условий службы. Под сроком эксплуатации понимается способность огнезащитной системы сохранять свои свойства при воздействии внешних факторов и обеспечивать заявленные показатели огнестойкости.

На сегодняшний день единственным нормативным документом, дающим методические основы определения сохранения эффективности огнезащитных конструктивных покрытий металлических строительных конструкций при ускоренных климатических испытаниях, является ГОСТ Р 71618-2024 [2], разработанный специалистами НЭБ ПБС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.

В работах [3, 4] описаны проведенные ранее исследования эффективности вспучивающихся тонкослойных огнезащитных покрытий в процессе ускоренных климатических испытаний. Конструктивные покрытия ранее не были исследованы по данным методикам.

Настоящая работа посвящена исследованию сохранения эффективности конструктивной огнезащиты на основе минераловатных плит при климатическом старении в условиях эксплуатации УХЛ2 и УХЛ3 по ГОСТ 15150-69 [5] на примере современного покрытия.

Объектом исследования является конструктивная огнезащитная система «ЕТ-МЕТАЛЛ» в составе:

– минераловатные теплоизоляционные плиты «EURO-ЛИТ» (ТУ 5762-011-0862-1635-2009 [6]) толщиной 30 мм;

– состав термостойкий клеящий «ПЛАЗАС» (ТУ 23.99.19-013-08621635-2020 [7]) толщиной 2 мм.

В качестве образцов использовались стальные пластины из листовой стали марок 08кп и 08пс по ГОСТ 16523-97 [8] и ГОСТ 9045-93 [9] размером 600 × 600 × 5 мм. Допустимые отклонения по ширине и длине стальной пластины не превышают ±5 мм, а по толщине – ±0,5 мм. Обратная сторона и кромки пластин окрашены шпатлевкой ЭП-0010 по ГОСТ 28379-89 [10], обеспечивающей защиту металлической поверхности в течение всего срока климатических испытаний.

Для проведения испытаний использовались образцы из расчета два образца на каждые пять лет срока службы огнезащитного покрытия и один контрольный, который не подвергался воздействию ускоренных климатических факторов. Таким образом, для проведения 125 циклов ускоренных климатических испытаний, соответствующих 25 годам эксплуатации огнезащитного покрытия, испытывалось 10 образцов и 1 контрольный образец огнезащитной системы.

Материалы и методы

Согласно программе исследований проводилось циклическое искусственное старение образцов, включающее многократное воздействие чередующихся климатических факторов (увлажнение, замораживание, нагрев, охлаждение), что обеспечивает моделирование длительной эксплуатации покрытия.

После завершения циклов старения осуществлялась оценка стойкости огнезащитной системы к воздействию климатических факторов и сохранность ее свойств. Для этого применялись:

– контроль теплопроводности, проводимый в соответствии с разделом 7 ГОСТ 7076-99 [11].

– термический анализ по ГОСТ Р 53293-2009 [12];

– оценка огнезащитной эффективности по ГОСТ Р 53295-2009 [13].

Искусственное старение проводили в климатической камере ТН-225 С (заводской номер LP 202209TH008) в эквиваленте сроков эксплуатации 5, 10, 15, 20 и 25 лет. На рис. 1 представлен внешний вид образцов в климатической камере перед началом испытаний.

Согласно ГОСТ Р 71618-2024 [2] (Приложение А, Таблица А.2), режим испытаний, последовательность перемещения и время выдержки образцов в аппаратах в одном цикле для условий эксплуатации УХЛ2 и УХЛ3 представлены в табл. 1.

После каждого цикла испытаний проводили визуальную оценку повреждений огнезащитной системы и оценивали изменение цвета, появление трещин, сколов, отслоение материала.

С целью уточнения фактических теплотехнических характеристик материала, применяемого в составе конструктивной системы, проводили измерение коэффициента теплопроводности минераловатной плиты. Несмотря на наличие паспортных данных, представленных производителем, реальные значения теплопроводности могут существенно зависеть от условий хранения и эксплуатации, а также от влажности, плотности и технологических особенностей производства.

Определение теплопроводности выполнялось в соответствии с требованиями ГОСТ 7076-99 [11] с использованием стационарного прибора ИТП-МГ4 «250», реализующего метод плоской одноосной теплопередачи в установившемся режиме. Принцип работы установки основан на передаче теплового потока от нагреваемой пластины через образец к охлаждаемой поверхности, при этом регистрируется величина теплового потока и разность температуры на границах контакта.

Рис. 1. Образцы в климатической камере ТН-225 С перед началом испытаний
Fig. 1. Samples in the TN-225 S climatic chamber before testing

Перед проведением измерений минераловатная плита выдерживалась в климатической камере в течение 72 часов для стабилизации влажности и температуры. Для испытаний подготавливали образцы размером 100 × 100 мм и толщиной 10 мм.

Поверхности образца были выровнены, а отклонения от параллельности не превышали 1 мм, что обеспечивало корректность соприкосновения с измерительными пластинами. Приборная схема предусматривала размещение образца между нагревательной и охлаждающей пластинами с обеспечением плотного контакта. Температура нагревательной пластины поддерживалась в пределах 35–40 °С, а охлаждающей – около 20 °С, создавая необходимый температурный градиент в направлении теплового потока. Внешний вид образца в приборе перед измерением теплопроводности представлен на рис. 2.

Измерение проводилось после выхода системы на установившийся тепловой режим, что подтверждалось стабилизацией температурных показателей и величины теплового потока в течение не менее 60 минут.

Оценку сохранности огнезащитных свойств методами термического анализа, подготовку образцов и проведение испытаний выполняли согласно ГОСТ Р 53293-2009 [12].

Для получения идентификационных характеристик образцов применяли автоматизированный прибор термического анализа, имеющий программное обеспечение для обработки результатов, термоанализатор синхронный модификации STA 449 F5 Jupiter STA, 60486-15, заводской номер STA449F5B-0328-M.

Условия проведения термического анализа представлены в табл. 2.

Таблица 1

Режим испытаний, последовательность перемещения и время выдержки образцов в аппаратах

Table 1

Test mode, movement sequence, and holding time of samples in the chambers

Испытание	Режимы испытания		Время выдержки, мин
	температура, °С	относительная влажность, %	
1. Выдержка	70 ± 2	20 ± 3	150
2. Понижение температуры	30 ± 2	97 ± 3	20
3. Орошение образца водой с расходом 1 л/м^2	30 ± 2	97 ± 3	50
4. Понижение температуры и влажности	5 ± 2	80 ± 3	20
5. Выдержка	5 ± 2	80 ± 3	50
6. Понижение температуры	Минус (20 ± 2)	Не нормируется	50
7. Выдержка	Минус (20 ± 2)	Не нормируется	250
8. Повышение температуры	10 ± 2	Не нормируется	20
9. Выдержка	10 ± 2	Не нормируется	50
10. Повышение температуры	70 ± 2	20 ± 3	30
11. Выдержка	70 ± 2	20 ± 3	90
12. Понижение температуры и повышение влажности	30 ± 2	70 ± 3	20
13. Выдержка	30 ± 2	70 ± 3	50
14. Понижение температуры	10 ± 2	70 ± 3	20
15. Выдержка	10 ± 2	70 ± 3	50
16. Понижение температуры	Минус (10 ± 2)	Не нормируется	50
17. Выдержка	5 ± 2	97 ± 3	50
18. Повышение температуры	Минус (20 ± 2)	Не нормируется	30
19. Выдержка	Минус (20 ± 2)	Не нормируется	250
20. Повышение температуры	10 ± 2	80 ± 3	20
21. Выдержка	10 ± 2	80 ± 3	50
22. Повышение температуры	70 ± 2	20 ± 3	50
Итого по одному циклу испытаний			1440

По результатам термического анализа определяются следующие значимые идентификационные характеристики:

– потеря массы при температуре 200, 300, 400 и 500 °С (по ТГ-кривым);
– зольный остаток при температуре 1000 °С (по ТГ-кривым);
– температура при потере массы 5, 10, 20, 30 и 50 % (по ТГ-кривым);
– температура максимума скорости потери массы (по ДТГ-кривым);
– максимальная скорость потери массы (по ДТГ-кривым).

По результатам термического анализа проводится оценка сохранности огнезащитных свойств по ряду критериев. По характеристикам термоаналитических кривых и расчетным данным покрытие сохраняет свои огнезащитные свойства при соблюдении следующих условий: зависимости термогравиметрические (ТГ), термогравиметрические по производной (ДТГ) имеют подобный вид, соответственно совпадает количество интервалов деструкции и совпадает количество пиков ДТГ.

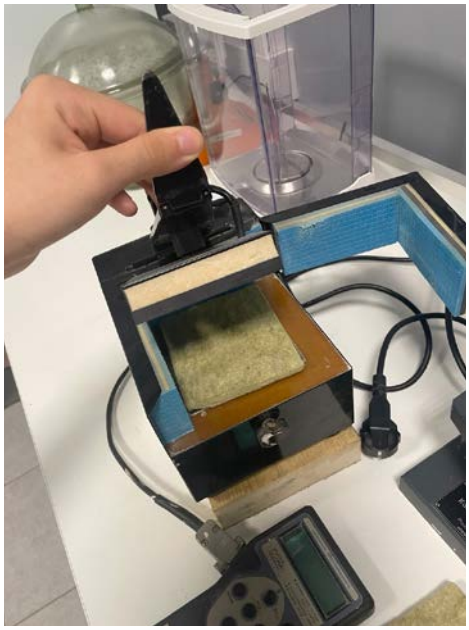

Рис. 2. Измеритель теплопроводности ИТП-МГ4 «250»
Fig. 2. ITP-MG4 250 thermal conductivity meter

Таблица 2
Условия проведения термического анализа

Table 2
Conditions of thermal analysis

Условия испытаний	Используемый метод (модуль)
	ТГ
Термопара (материал)	платина/платино-родий
Тигель (материал, объем)	корунд, 1 см^3
Масса образца, мг	10
Форма образца	порошок
Атмосфера	аргон-воздух
Расход газа, мл/мин	30
Скорость нагрева, °С/мин	10
Конечная температура нагрева, °С	1000

Оценка огнезащитной эффективности покрытий проводится по п. 6 ГОСТ Р 53295-2009 [13]. Сущность метода заключается в одностороннем тепловом воздействии на образец и определении времени от начала теплового воздействия на образец до наступления предельного состояния этого образца. Режим теплового воздействия задается в соответствии с ГОСТ 30247.0-94 [14].

В процессе проведения испытаний регистрируются следующие показатели:

– время достижения металлом опытного образца предельного состояния – температуры, равной 500 °С (среднее значение по показаниям трех термопар);

– изменение температуры в печи;

– поведение огнезащитного покрытия (вспучивание, обугливание, отслоение, выделение дыма, продуктов горения и т. д.);

– изменение температуры на необогреваемой поверхности опытного образца.

За положительный результат испытаний принимается время достижения предельного состояния металлом опытного образца после ускоренных климатических испытаний, отличающееся от результатов испытаний образца исходного без старения менее чем на 20 % в сторону уменьшения.

Результаты

Внешний вид системы после ускоренных климатических испытаний представлен на рис. 3–7. Оценку состояния проводят методом визуального осмотра с применением инструментального контроля и тактильной проверки.

Обобщенные результаты ускоренных климатических испытаний приведены в табл. 3.

Рис. 3. Состояние системы покрытия после 25 циклов старения
Fig. 3. Coating system after 25 aging cycles

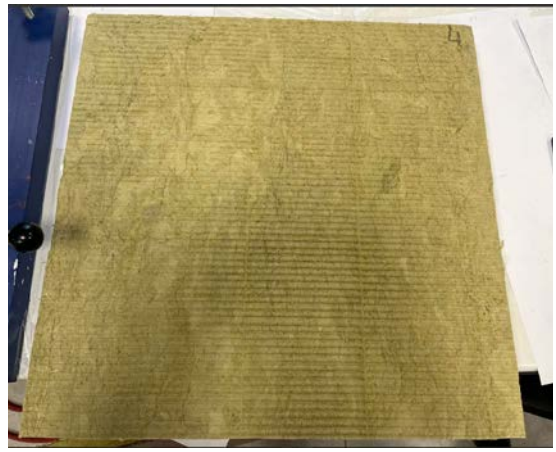

Рис. 4. Состояние системы покрытия после 50 циклов старения
Fig. 4. Coating system after 50 aging cycles

Рис. 5. Состояние системы покрытия после 75 циклов старения
Fig. 5. Coating system after 75 aging cycles

Рис. 6. Состояние системы покрытия после 100 циклов старения
Fig. 6. Coating system after 100 aging cycles

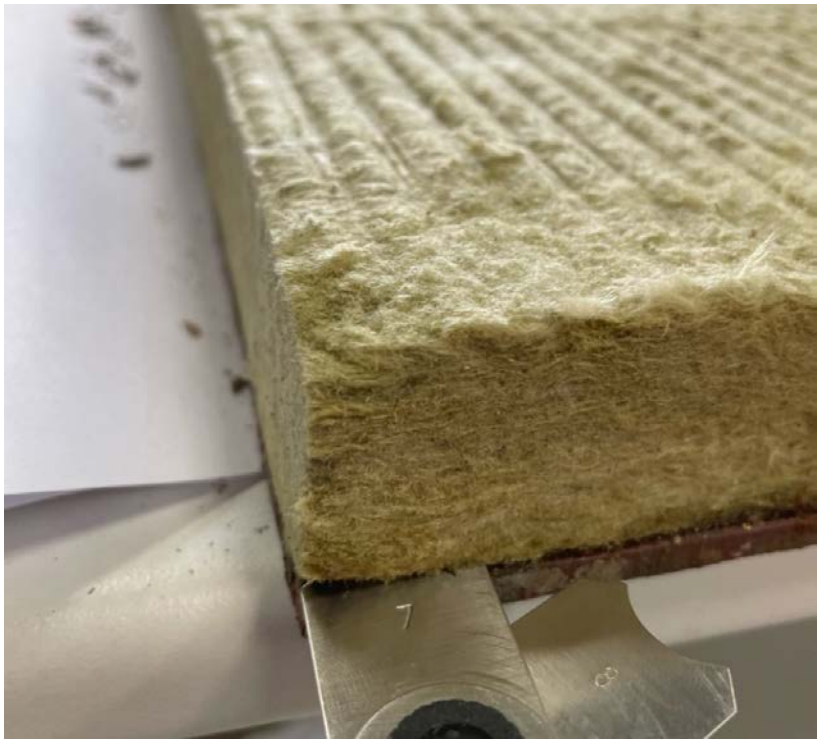

Рис. 7. Состояние системы покрытия после 125 циклов старения
Fig. 7. Coating system after 125 aging cycles

Таблица 3

Результаты ускоренных климатических испытаний

Table 3

Results of accelerated climatic tests

Срок эксплуатации, лет	Количество циклов	Состояние покрытия
5	25	без изменений (рис. 3)
10	50	без изменений (рис. 4)
15	75	отслоения термостойкого состава «ПЛАЗАС» на 0,5 мм от края пластины (рис. 5)
20	100	отслоения термостойкого состава «ПЛАЗАС» на 1,1 мм от края пластины (рис. 6)
25	125	отслоения термостойкого состава «ПЛАЗАС» на 1,5 мм от края пластины (рис. 7)

В результате проведенных ускоренных климатических испытаний установлено, что с увеличением времени выдержки и свыше 50 циклов минераловатная плита начинает отслаиваться от металлической пластины. При этом ее внешний вид сохраняется, растрескивания не наблюдаются.

Результаты измерения теплопроводности по ГОСТ 7076-99 [11] представлены в табл. 4.

Исследования показали, что теплопроводность минераловатной плиты при различных сроках эксплуатации меняется в рамках погрешности измерения прибора.

Термический анализ минераловатной плиты показал, что при ее нагреве до 1000 °С не происходит деструктивных изменений как в контрольном образце, так и в образцах, прошедших ускоренное старение.

Результаты оценки сохранности огнезащитной эффективности, а именно зависимости изменения температуры в печи и на образцах при испытаниях по ГОСТ Р 53295-2009 [13], представлены на рис. 8.

Внешний вид образцов после огневых испытаний представлен на рис. 9.

Результаты времени достижения критической температуры 500 °С на образцах представлены в табл. 5.

При анализе полученных данных установлено, что огнезащитная эффективность с увеличением количества циклов искусственного старения несколько снизилась и составила 16,7 % в сторону уменьшения от контрольного образца при 125 циклах.

В соответствии с ГОСТ Р 71618-2024 [2] за положительный результат испытаний принимается время достижения предельного состояния металлом опытного образца после ускоренных климатических испытаний менее чем на 20 % в сторону уменьшения. То есть можно подтвердить сохранение огнезащитной эффективности в течение 25 лет эксплуатации покрытия.

Таблица 4

Результаты измерения теплопроводности

Table 4

Results of thermal conductivity measurements

Наименования показателя	Количество циклов	Срок эксплуатации, лет	Результат, Вт/(м×К)
Коэффициент теплопроводности	0	0	0,034
	25	5	0,034
	50	10	0,035
	75	15	0,033
	100	20	0,032
	125	25	0,034

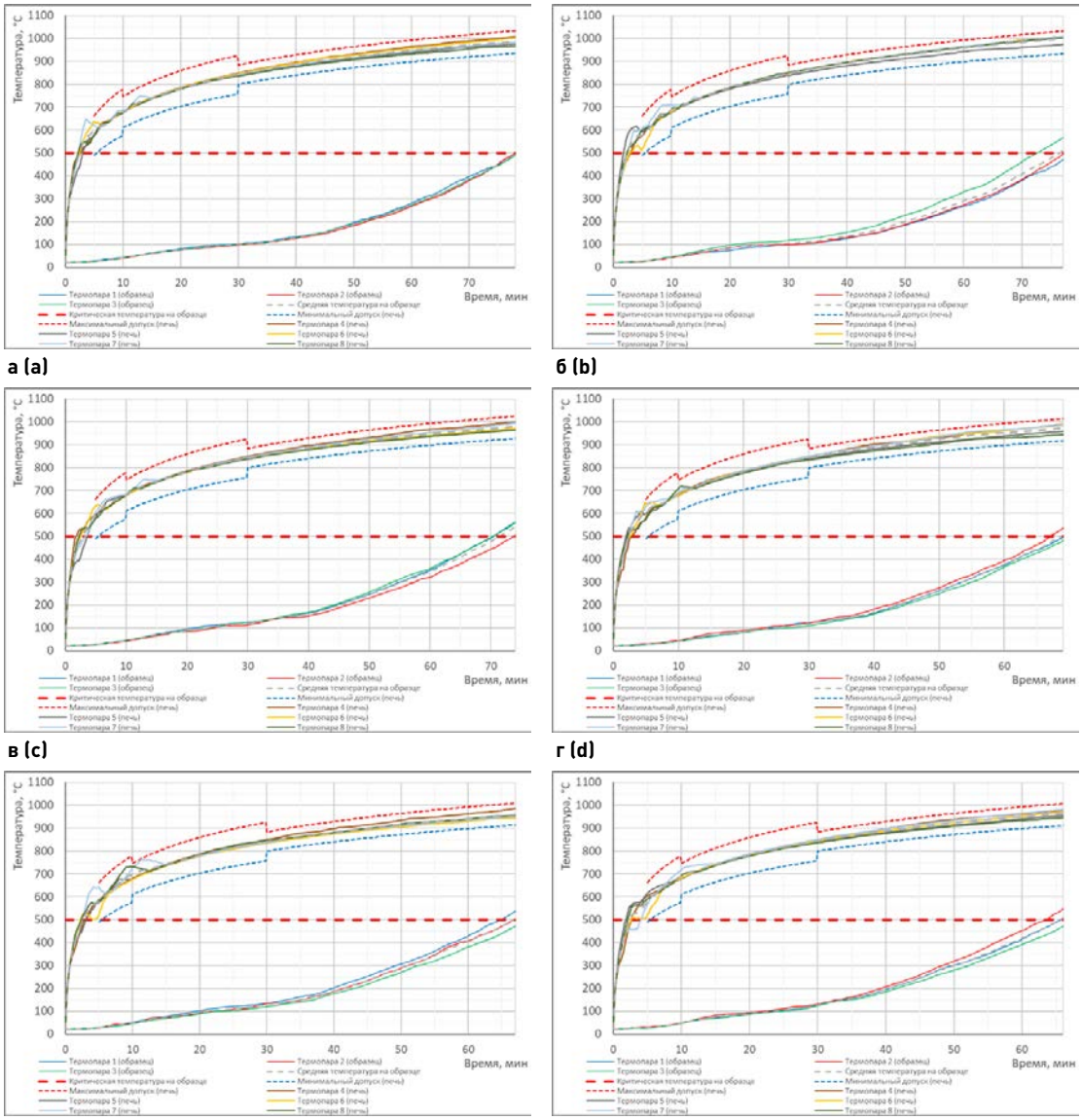

Рис. 8. Изменение температуры в печи и на образце в процессе испытания: *а* – контрольный образец без старения; *б* – после 25 циклов старения; *в* – после 50 циклов старения; *г* – после 75 циклов старения; *д* – после 100 циклов старения; *е* – после 125 циклов старения

Fig. 8. Temperature change in the furnace and on the sample during testing: *a* – control sample without aging; *b* – after 25 aging cycles; *c* – after 50 aging cycles; *d* – after 75 aging cycles; *e* – after 100 aging cycles; *f* – after 125 aging cycles

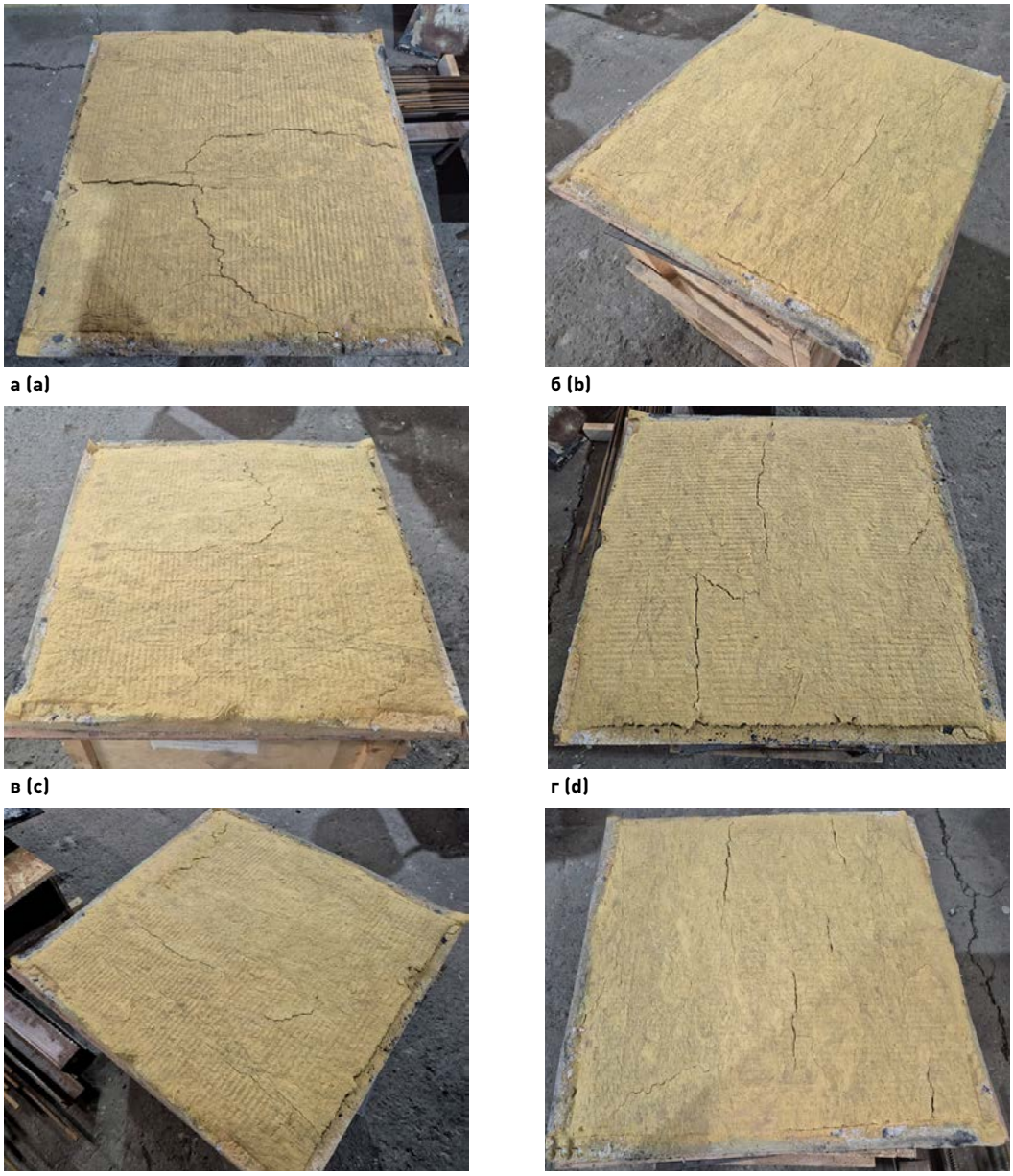

Рис. 9. Образцы после проведения огневых испытаний: *а* – контрольный образец без старения; *б* – после 25 циклов старения; *в* – после 50 циклов старения; *г* – после 75 циклов старения; *д* – после 100 циклов старения; *е* – после 125 циклов старения

Fig. 9. Samples after fire tests: *a*– control sample without aging; *b* – after 25 aging cycles; *c* – after 50 aging cycles; *d* – after 75 aging cycles; *e* – after 100 aging cycles; *f* – after 125 aging cycles

Таблица 5

Огнезащитная эффективность

Table 5

Fire protection efficiency

Наименования показателя	Количество циклов	Срок эксплуатации, лет	Результат, Вт/(м×К)
Время достижения 500 °С	0	0	78
	25	5	76
	50	10	71
	75	15	68
	100	20	66
	125	25	65

Заключение

На основании проведенных исследований предполагаемый срок эффективной эксплуатации огнезащитной системы «ЕТ-МЕТАЛЛ» в условиях открытых объектов, находящихся под навесом либо в зонах, защищенных от прямого атмосферного воздействия (категория размещения УХЛ2 по ГОСТ 15150-69 [5]), а также внутри зданий и сооружений с естественной вентиляцией и без специального температурного контроля (категория УХЛ3) с сохранением огнезащитной эффективности при условии соблюдения всех требований технологического процесса получения покрытия составляет не менее 25 лет.

Список литературы

1. Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) [интернет]. Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744691.pdf. (дата обращения: 07.09.2025).

2. ГОСТ Р 71618-2024. Конструкции стальные строительные с огнезащитными покрытиями. Методы испытаний антикоррозионных свойств и стойкости к воздействию климатических факторов в процессе эксплуатации. Москва: Российский институт стандартизации; 2024.

3. *Комарова М.А., Гришин И.А., Мельников Н.О., Шалабин М.В., Ведяков М.И.* Оценка эффективности огнезащитных покрытий в процессе ускоренного климатического старения. Вестник НИЦ Строительство. 2024;42(3):28–46. https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-3(42)-28-46.

4. *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. 2024;(4):3–22.

5. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. Москва: Стандартинформ; 2010.

6. ТУ 5762-011-0862-1635-2009. Плиты минераловатные огнезащитные теплоизоляционные EURO-ЛИТ [интернет]. Режим доступа: https://skraska.ru/upload/iblock/71a/euro_lit.pdf.

7. ТУ 23.99.19-013-08621635-2020. Состав термостойкий клеящий «ПЛАЗАС». Технические условия.

8. ГОСТ 16523-97. Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2008.

9. ГОСТ 9045-93. Прокат тонколистовой холоднокатаный из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки. Технические условия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; 1996.
10. ГОСТ 28379-89. Шпатлевки ЭП-0010 и ЭП-0020. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2006.
11. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. Москва: Госстрой России; 2000.
12. ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа. Москва: Стандартинформ; 2011.
13. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. Москва: Стандартинформ; 2009.
14. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. Москва: Издательство стандартов, 2003.

References

1. Technical Regulations of the Eurasian Economic Union "On requirements for fire safety and fire extinguishing equipment" (TR EAEU 043/2017) [internet]. Available at: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293744/4293744691.pdf. (In Russian).
2. State Standard R 71618-2024. Fire retardant compositions for steel constructions. General requirement. Method for determining fire retardant efficiency. Moscow: Russian Institute of Standardization; 2024. (In Russian).
3. *Komarova M.A., Grishin I.A., Melnikov N.O., Shalabin M.V., Vedyakov M.I.* Efficiency assessment of flame retardant coatings in the process of accelerated climatic aging. Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2024;42(3):28-46. (In Russian). https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-3(42)-28-46.
4. *Komarova M.A., Melnikov N.O., Shalabin M.V., Skorobogatov V.A., Golovina E.V.* Fire-Protective Efficiency of Coatings of Metal Building Structures under Accelerated Climatic Aging. Technosphere Safety. 2024;(4):3–22. (In Russian).
5. State Standard 15150-69. Machines, instruments and other industrial products. Modifications for different climatic regions. Categories, operating, storage and transportation conditions as to environment climatic aspects influence. Moscow: Standartinform Publ.; 2010. (In Russian).
6. TU 5762-011-0862-1635-2009 EURO-LIT fire-protective thermal insulation mineral wool slabs [internet]. Available at: https://skraska.ru/upload/iblock/71a/euro_lit.pdf.
7. TU 23.99.19-013-08621635-2020. Heat-resistant adhesive composition "PLAZAS". Technical conditions.
8. State Standard 16523-97. Rolled sheets from quality and ordinary carbon steel for general purposes. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2008. (In Russian).
9. State Standard 9045-93. Cold-rolled thin sheets of low-carbon steel for cold stamping. Specifications. Minsk: Euro-Asian Council for standardization, metrology and certification; 1996. (In Russian).
10. State Standard 28379-89. Putties ЭП-0010 and ЭП-0020. Specifications. Moscow: Standartinform Publ.; 2006. (In Russian).
11. State Standard 7076-99. Building materials and products. Method of determination of steady-stale thermal conductivity and thermal resistance. Moscow: Gosstroy of Russia; 2011. (In Russian).
12. State Standard R 53293-2009. Fire hazard of substances and materials. Materials, substance and fire protective means. Identification by thermal analysis methods. Moscow: Standartinform Publ.; 2011. (In Russian).
13. State Standard R 53295-2009. Fire retardant compositions for steel constructions. General requirement. Method for determining fire retardant efficiency. Moscow: Standartinform Publ.; 2009. (In Russian).
14. State Standard 30247.0-94. Elements of building constructions. Fire-resistance test methods. General requirements. Moscow: Publishing House of Standards; 2003. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Мария Александровна Комарова, канд. хим. наук, руководитель научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
Maria A. Komarova, Cand. Sci. (Chem.), Bureau Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

Никита Олегович Мельников✉**,** канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; доцент, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва
e-mail: no.melnikov@yandex.ru
Nikita O. Melnikov✉**,** Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Laboratory Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow; Associate Professor, Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow
e-mail: no.melnikov@yandex.ru

Игорь Андреевич Власкин, техник научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»; студент 1-го курса магистратуры кафедры техносферной безопасности, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва
Igor A. Vlaskin, Technician, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction; Master Student, Department of Technosphere Safety, Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow

Михаил Валерьевич Шалабин, аспирант, заведующий лабораторией научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
Mikhail V. Shalabin, Postgraduate Student, Laboratory Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author