

Р. Б. Веселівський, Д. В. Смоляк

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

СПОСОБИ ВОГНЕЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Постановка проблеми. Останніми роками набуває широкого застосування зведення будівель та споруд каркасного типу, де одними з основних будівельних матеріалів є саме металеві конструкції. Безперечно, що до переваг використання металевих конструкцій необхідно віднести їх високу міцність, невелику вагу, надійність, непроникність, легкість при компонуванні та зборі, можливість надання таким конструкціям різноманітних складних форм тощо. Але попри свої значні переваги, одним з основних недоліків металевих конструкцій є невелика межа вогнестійкості, що становить близько 15 хв, відповідно при виникненні пожежі, ці конструкції дуже швидко втраять свої несучі та фізичні властивості, що в свою чергу призведе до катастрофічних наслідків та великих матеріальних збитків. Враховуючи вищезазначене, залишається актуальним завдання щодо пошуку нових та ефективних способів підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій до нормативних показників.

Метою роботи є проведення аналізу існуючих способів підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій та визначення переваг і недоліків різних способів вогнезахисту враховуючи конструктивні особливості будівельних конструкцій.

Основні результати та методи досліджень. Проведено огляд досліджень та публікацій щодо застосування речовин, виробів та матеріалів для вогнезахисту металевих конструкцій. Проаналізовано існуючі способи підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій шляхом їх вогнезахисту, зокрема вогнезахисне оброблення (фарбування/лакування, штукатурення, облицювання, обмотування). Обґрунтовано, що категорія використання вогнезахисних матеріалів повинна обиратись залежно від умов навколишнього середовища (всередині приміщень, частково захищені простори і приміщення чи відкритий простір). Представлено фактори, що впливають на термін придатності та експлуатаційну надійність вогнезахисних покриттів для металевих будівельних конструкцій. Описано технологію нанесення/застосування вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій. Наведено експлуатаційні характеристики основних видів інтумесцентних фарб та вогнезахисних штукатурок. Представлено перелік та основні характеристики реактивних (інтумесцентних) покриттів, штукатурних вогнезахисних покриттів та конструктивних матеріалів (плит), сертифікованих в Україні.

Висновки. Визначено переваги і недоліки різних способів вогнезахисту враховуючи конструктивні особливості будівельних конструкцій. Ґрунтуючись на проведеному аналізі способів підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій шляхом їх вогнезахисту визначено перспективи подальших досліджень, зокрема: пошук нових вогнезахисних інтумесцентних покриттів, що забезпечують необхідну для використання металевих конструкцій межу вогнестійкості, зі складами, котрі при пожежі будуть виділяти менше токсичних речовин та газів, розроблення складів штукатурних вогнезахисних покриттів стійких до вологого середовища з покращеними адгезійними властивостями, а також спрощення методів нанесення цих покриттів, пошук нових вогнезахисних облицювальних матеріалів та технологічних рішень щодо зниження їх ваги.

Ключові слова: металева будівельна конструкція, вогнезахист, межа вогнестійкості, інтумесцентне покриття, вогнезахисна штукатурка, вогнезахисне облицювання.

R. B. Veselivskyy, D. V. Smolyak

Lviv State University of Life Safety

METHODS OF FIRE PROTECTION OF METAL BUILDING STRUCTURES

Formulation of the problem. In recent years, the construction of buildings and structures of the frame type has become widely used, where one of the main building materials are metal structures. Undoubtedly, the advantages of using metal structures include their high strength, lightweight, reliability, impermeability, ease of assembly, the ability to give such structures a variety of complex shapes and more. However, despite their significant advantages, one of the main disadvantages of metal structures is a small limit of fire resistance, which is about 15 minutes, respectively, in the event of a fire. These structures will quickly lose their load-bearing and physical properties, which in turn will lead to catastrophic consequences and large material losses. Given the above, the task of finding new and effective ways to increase the fire resistance of metal building structures to the norm remains relevant.

The work aims to analyse the existing ways to increase the limit of fire resistance of metal building structures and determine the advantages and disadvantages of different methods of fire protection, taking into account the design features of building structures.

Main results and research methods. A review of research and publications on the use of substances, products and materials for fire protection metal structures. The existing methods of increasing the limit of fire resistance of metal building structures by their fire protection, in particular, fire-retardant treatment (painting/varnishing, plastering, cladding, winding) are analysed. It is justified that the category of use of fire-retardant materials should be chosen depending on environmental conditions (indoors, partially protected spaces and premises or open space). The factors influencing the service life and operational reliability of fire-retardant coatings for metal building structures are presented. The technology of application of fire-retardant coatings for metal structures is described. The operational characteristics of the main types of intumescent paints and fireproof plasters are given. The list and main characteristics of reactive (intumescent) coatings, renderings coatings and structural materials (plates), certified in Ukraine are presented.

Conclusions. Defined advantages and disadvantages of different methods of fire protection taking into account the design features of building structures. Based on the analysis of ways to increase the limit of fire resistance of metal building structures by their fire protection, the prospects for further research are determined, in particular: search for new fire-retardant intumescent coatings that provide the necessary limit of fire resistance for the use of metal structures, with compositions that will emit less toxic substances and gases in case of fire, development of compositions of plaster fire-retardant coatings resistant to a humid environment with improved adhesion properties, as well as simplification of methods for applying these coatings, search for new fire-retardant facing materials and technological solutions to reduce their weight.

Keywords: metal building structure, fire protection, fire resistance, intumescent coating, fire-retardant plaster, fire-retardant cladding.

Постановка проблеми. В умовах сучасного науково-технічного прогресу та розвитку економіки стрімко зростає будівництво промислових, житлових, складських та інших будівель і споруд. Архітектори впроваджують нові конструктивно-планувальні рішення складного та нетипового планування. Дуже широко під час зведення будівель використовують металеві будівельні конструкції або їх поєднання з традиційними будівельними матеріалами, такими як бетон, цегла, різні теплоізоляційні матеріали тощо. Металеві конструкції є основними елементами, які сприймають навантаження, що діють на будівлі та споруди. Прикладами таких конструкцій є балки, ферми колони, прогони, мостові конструкції, споруди для ліній електропередач та інші. Останніми роками набуває широкого застосування зведення будівель та споруд каркасного типу, де одними з основних будівельних матеріалів є саме металеві конструкції. Безперечно, що до переваг використання металевих конструкцій необхідно віднести їх високу міцність, невелику вагу, надійність, непроникність, легкість при компонуванні та зборі, можливість надання таким конструкціям різноманітних складних форм тощо.

Але попри свої значні переваги, одним з основних недоліків металевих конструкцій є невелика межа вогнестійкості, що становить близько 15 хв, відповідно при виникненні пожежі, ці конструкції дуже швидко втраять свої несучі та фізичні властивості, що в свою чергу призведе до катастрофічних наслідків та великих матеріальних збитків.

Враховуючи вищезазначене, залишається актуальним завдання щодо пошуку нових та ефективних способів підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій

до нормативних показників. Для вирішення цього завдання першочергово необхідно проаналізувати існуючі способи та методи підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій шляхом їх вогнезахисту.

Мета роботи. Провести аналіз існуючих способів підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій та визначити переваги і недоліки різних способів вогнезахисту, враховуючи конструктивні особливості будівельних конструкцій.

Огляд досліджень та публікацій щодо застосування речовин, виробів та матеріалів для вогнезахисту для металевих конструкцій. Одним з ефективних та широко розповсюджених способів вогнезахисту металевих конструкцій є застосування інтумесцентних реактивних покриттів. Наукові праці та дослідження щодо застосування таких покриттів зосереджені на пошуку нових ефективних складів речовин, які під дією температур пожежі будуть захищати металеву конструкцію а відповідно і підвищувати її межу вогнестійкості до нормованого класу. У праці [1] дослідження спрямовані на вивчення впливу поліфосфату амонію і графіту, що розширюється на склад та поведінку спучуваного покриття. Стабільність розробленого покриття перевірялась при 950 °C протягом 1 години. Результати показали, що покриття стабільне і добре зчеплюється зі сталеву основою. У роботі [2] описується вплив доломітової глини на теплозахисні характеристики пасивного вогнезахисного покриття. Вогнезахисну ефективність покриття, посиленого доломітовою глиною, оцінювали за допомогою випробування на вогнестійкість з використанням пальника Бунзена, відповідно до ASTM E-119 [3]. Результати показали, що після 1 години впливу вогню доломітове

армування в рецептурі IFRC знижувало температуру сталеві основи до 180 °С. У статті [4] автори представили детальний огляд наповнювачів, які можна використовувати в інтумесцентних реактивних покриттях на основі органічних смол. У [5] висвітлені нові тенденції захисту сталевих конструкцій із застосуванням силіконових смол у фарбах, що спучуються. Представлено вплив структури силіконової смоли та типу наповнювача на властивості обвуглення, що утворюється під час термічного розкладання інтумесцентного покриття. Sami Ullah та ін. розробили та випробували вогнезахисні інтумесцентні покриття з такими складниками: поліфосфат амонію, тригідрат алюмінію, графіт, що розширюється, меламін, борна кислота, змішана з епоксидною смолою бісфенолу А та поліамідним затверджувачем. Особливістю проведених досліджень було те, що розробленим покриттям захищали металеві конструкції різних геометричних форм: Т-подібні з'єднання, двотаврові балки та труби [6].

У працях [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] представлені дослідження інтумесцентних реактивних покриттів, а саме: атмосферостійкість, експлуатаційні властивості, співвідношення наповнювачів, вплив добавок на ефективність покриттів, стійкість до агресивних середовищ, термічна деградація, водостійкість, димоутворення, вивітрювання тощо.

При вогнезахисному штукатуренні особливу увагу необхідно приділити складу нанесеного штукатурного покриття та умовам його експлуатації. У [15] як пасивні системи протипожежного захисту досліджувалися легкі розчини, активовані лугом, отримані активацією вугільної золи при кімнатній температурі. Фізичні, механічні та термічні властивості досліджували як функцію молярного співвідношення Si/Al та кількості легкого заповнювача і піноутворювача. Результати показали, що оптимізовані легкі розчини, активовані лугом, здатні перевершувати альтернативні комерційні розчини на основі цементу. Kielé A. та інші [16] досліджували вогнезахисну штукатурку, яка складалася з активованого лугом подрібненого гранульованого доменного шлаку з додаванням фосфогіпсу, наповнювача з піску та поліпропіленового волокна. Покриття піддавалось впливу температури 1000 °С. Після впливу температури волокна розплавилася, залишивши мережу каналів, які дають змогу водяній парі виходити, відповідно внутрішній тиск зменшувався та не відбувалось руйнування покриття. Вогнезахисні штукатурні покриття використовують для захисту металевих балок, колон різного перерізу, повітроводів тощо [17, 18, 19].

Також одним з розповсюджених способів вогнезахисту металевих будівельних конструкцій є використання облицювальних матеріалів.

Широкого застосування набули гіпсократонні листи, магнезитові, гіпсоволокнисті та вермикулітові плити, композитні панелі, плити з базальтовими волокнами тощо. Дослідження вогнезахисних властивостей цих облицювальних матеріалів викладено у [20, 21, 22, 23, 24].

Виклад основного матеріалу. Відповідно до Правил з вогнезахисту [25] вогнезахисні засоби, залежно від методу захисту, розділяють на пасивні та реактивні.

До пасивних належать засоби, які під час температурного впливу не змінюють своїх розмірів і вогнезахисна ефективність яких забезпечується їх теплофізичними властивостями. Ці засоби застосовують шляхом просочування, облицювання, штукатурення, обмазування тощо, будівельних конструкцій, що захищаються.

До реактивних належать засоби, які під час температурного впливу внаслідок хімічних реакцій збільшуються (спучуються) у розмірах та утворюють пористий теплоізолювальний шар, який захищає об'єкт вогнезахисту від високотемпературного впливу. Реактивні засоби застосовуються шляхом нанесення на будівельну конструкцію фарби, лаку, пасти, обмазки тощо.

До способів вогнезахисту будівельних матеріалів відноситься вогнезахисне просочування, вогнезахисне оброблення та вогнезахисне заповнення, що визначається залежно від властивостей вогнезахисного засобу, об'єкта вогнезахисту та умов його експлуатації.

Також слід відмітити, що, згідно з [26] вогнезахисні матеріали поділені на типи, залежно від конструкції, що захищається, зокрема це:

- горизонтальні захисні екрани;
- вертикальні захисні екрани;
- матеріали для захисту несучих бетонних конструкцій;
- матеріали для захисту несучих сталевих конструкцій;
- матеріали для захисту сталезалізобетонних конструкцій;
- матеріали для захисту несучих сталевих колон, заповнених бетоном;
- матеріали для захисту несучих дерев'яних конструкцій;
- матеріали, що підвищують межу вогнестійкості протипожежних перешкод для яких не регламентовано значення несучої здатності;
- матеріали, що підвищують межу вогнестійкості інженерних систем будівель і споруд.

Вибір вогнезахисного засобу необхідно здійснювати з врахуванням факторів, що будуть впливати на його термін придатності та експлуатаційної надійності. До таких факторів відносяться: температура експлуатації, поперемінне заморожування і відтавання, вологість (водяна

пара), рідкі атмосферні опади, вплив ультрафіолетових променів, забруднення середовища експлуатації (біологічне, комунальне, промислове тощо).

Розглянемо основні способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. Беручи до уваги фізичні властивості металевих конструкцій та умови їх використання, регламентованими способами їх вогнезахисту буде вогнезахисне оброблення (фарбування / лакування, штукатурення, облицювання, обмотування). Також спосіб та засіб вогнезахисту металевих конструкцій буде залежати від таких чинників:

- необхідна межа вогнестійкості будівельної конструкції;
- розмір та форма будівельної конструкції;
- навантаження на конструкцію;
- особливості розташування об'єкта захисту;
- умови експлуатації вогнезахисного матеріалу тощо.

Слід зазначити, що вибір вогнезахисного матеріалу прямо залежить від умов його

експлуатації. Так [27, 28, 29] визначено чотири категорії використання вогнезахисних матеріалів залежно від умов навколишнього середовища: X, Y, Z₁, Z₂.

Категорією X визначено, що вогнезахисні матеріали можуть використовуватись за будь-яких умов (всередині приміщень, частково захищені простори і приміщення та відкритий простір). Категорія Y передбачає використання вогнезахисних матеріалів всередині приміщень та у частково захищених просторах і приміщеннях, де можлива температура нижче 0 °С, але без впливу дощу та з обмеженим впливом ультрафіолетового випромінювання, при цьому ефект впливу ультрафіолету не оцінюється. До категорії Z₁ та Z₂ відносять вогнезахисні матеріали, що призначені для використання всередині приміщень за відносної вологості повітря не нижче ніж 85 % та нижче 85 % відповідно, за винятком випадків, коли температура навколишнього середовища є від'ємною.

Документом також визначено відповідність та взаємозамінність категорій виробів та матеріалів (таблиця 1).

Таблиця 1

Відповідність та взаємозамінність категорій виробів та матеріалів залежно від умов навколишнього середовища

Категорія	X	Y	Z ₁	Z ₂
Відповідність/ взаємозамінність	тільки X	X, Y	X, Y, Z ₁	X, Y, Z ₁ , Z ₂

Вогнезахист металевих будівельних конструкцій шляхом фарбування / лакування. Для реалізації цього способу вогнезахисту будівельних металевих конструкцій найбільш розповсюдженим є застосування реактивних (інтумесцентних) вогнезахисних покриттів. Інтумесцентні вогнезахисні покриття являють собою матеріал, що нанесений тонким шаром на металеву конструкцію

для підвищення її межі вогнестійкості при пожежі. Ці покриття під дією високих температур утворюють пористий теплоізоляційний шар завдяки спучуванню та збільшенню у розмірах, що і сприяє зниженню теплопровідності на поверхні металеві конструкції.

Основні характеристики інтумесцентних фарб наведено у таблиці 2 [30]

Таблиця 2

Характеристики основних видів інтумесцентних фарб

Властивості	Водні	Органорозчинні	Епоксидні	З терморозширенням графітом
1	2	3	4	5
Умови нанесення	Вище 5 °С, вологість не впливає	Вище 0 °С, вологість до 80%	Вище 5 °С, вологість до 80%	Вище 0 °С, вологість до 80%
Експлуатація	Всередині приміщень	Всередині приміщень	Всередині і зовні приміщень	Всередині і зовні приміщень
Леткі органічні сполуки	Практично відсутні	До 35%	До 20%	До 65%
Час висихання	8 год	8 год	24 год	10 год
Токсикологічні фактори	Мінімальний вплив	Шкідливо для здоров'я і навколишнього середовища	Середній рівень впливу	Шкідливо для здоров'я і навколишнього середовища

1	2	3	4	5
Режим пожежі	Стандартний	Стандартний	Стандартний і вуглеводневий	Стандартний і короточасний вуглеводневий

У [27] визначено, що система реактивного покриття складається з ґрунтовки, самого реакційноздатного покриття та верхнього (фінішного) покриття. У деяких випадках використовується армувальна сітка. Ґрунтовка наноситься безпосередньо на сталеву поверхню для захисту від корозії та забезпечує адгезію реакційноздатного покриття. На ґрунтову

поверхню наноситься реакційноздатне покриття, що забезпечує хімічну реакцію (спучування) при нагріванні. Фінішне покриття наноситься на реакційноздатне покриття для захисту від впливу навколишнього середовища.

Вигляд будівельної металевої конструкції з нанесеним вогнезахисним інтумесцентним покриттям схематично представлено на рисунку 1.

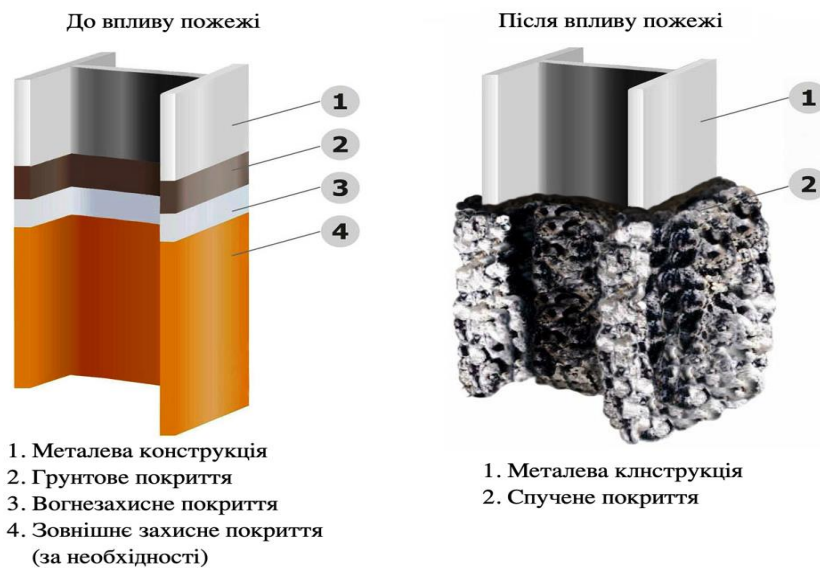


Рисунок 1 – Вигляд будівельної металевої конструкції з нанесеним вогнезахисним інтумесцентним покриттям до та після пожежі

На сучасному ринку як України, так і світу представлена велика кількість фарб та лаків, що призначені для підвищення межі вогнестійкості будівельних металевих

конструкцій. Перелік та основні характеристики сертифікованих в Україні реактивних (інтумесцентних) вогнезахисних покриттів представлено в таблиці 3 [31].

Таблиця 3

Вогнезахисні фарби (лаки), що сертифіковані в Україні

Власник сертифіката/ Виробник	Вогнезахисне покриття	Тип вогнезахисного покриття	Клас вогнестійкості	Термін експлуатації покриття
1	2	3	4	5
ТОВ «КОВЛАР ГРУП» (Україна)	Вогнезахисна речовина Ammokote MS-90	Інтумесцентна фарба на органічному розчиннику	R120	25 років
«TREMCO ILLBRUCK COATINGS LIMITED» (Великобританія)	Вогнезахисна речовина NULLIFIRE - SC801 intumescent bastcoat	Інтумесцентна фарба на водній основі	R150	20 років
ВАТ «Інтер Балтік Груп» (Україна) / Фірма «International Paint Limited» (Великобританія)	Вогнезахисна речовина «Interchar 2060»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на органічному розчиннику	R30-R90	15 років

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
«J.F. Amonn SpA / AG» (Італія)	Вогнезахисна речовина «Amotherm Steel SB»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на органічному розчиннику	R90	20 років
	Вогнезахисна речовина «Amotherm Steel WB»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі	R30-R90	20 років в приміщ., 10 років при дії навкол.сер.
«svt Brandschutz Vertriebsgesellschaft mbH International» / (Німеччина)	Вогнезахисна речовина «Pyro-safe Flammoplast SP-A2» с лаком захисним «SP-2»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі	R45-R90	25 років
ВАТ «Бритиш Ритейл» (Україна) illbruck Limited» танія) / «Tremco Coatings (Великобританія)	Вогнезахисна речовина «Nullifire-S 707-60 W aterborne Base»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі	R30-R120	10 років
«Dunamenti Tuzvedelem Zrt.» / (Угорщина)	Вогнезахисна речовина «Polylack A»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на органічному розчиннику	R30-R90	12 років
	Вогнезахисна речовина «Polylack W»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі	R30-R90	15 років
ВАТ «Базис Україна» (Україна) / ВАТ «Спектр» (РФ)	Вогнезахисна речовина «ВД-АК-502 ОБ NEO»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі	R30-R60	20 років
ВАТ «Файер Протекшн» / (Україна)	Вогнезахисна речовина «Терапласт 146М»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі	R30-R60	не менше 10 років
ВАТ «Науково-виробниче підприємство «Спецматеріали» / (Україна)	Вогнезахисна речовина «Ендотерм 400202»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на органічному розчиннику	R30-R90	не менше 10 років
	Вогнезахисна речовина «Ендотерм ХТ- 150»	Інтумесцентна фарба з термографітом	R30-R60	не менше 12 років
	Система вогнезахисних покриттів «Ендотерм» 170205/Ендотерм 210104	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі /суха будівельна суміш	R30-R90	не менше 10 років
	Вогнезахисна речовина «Ендотерм 170205»	Інтумесцентна поліфосфатна фарба на водній основі		

До переваг інтумесцентних вогнезахисних покриттів слід віднести простоту нанесення на будівельну конструкцію і універсальність. Вони мають широку сферу умов застосування (температура, вологість, вплив навколишнього середовища), досить тривалий термін експлуатації та довговічність. Нанесене покриття не потребує додаткової обробки, має хороші адгезійні властивості та не впливає на загальний естетичний та архітектурний вигляд захищеної металевої конструкції.

Основним недоліком інтумесцентних покриттів є наявність у їх складі комплексу хімічних речовин, які при впливі на них пожежі можуть мати негативний вплив на організм людини та навколишнє природне середовище.

Вогнезахист металевих будівельних конструкцій шляхом штукатурення. Вогнезахисна штукатурка являє собою будівельну суміш, яка складається з цементного (гіпсового) складу із спеціальними добавками для підвищення теплоізоляційних та адгезійних властивостей. [25, 30]. При нанесенні вогнезахисної штукатурки на металеву

будівельну конструкцію вона утворює захисний теплоізоляційний шар. Цей вогнезахисний склад, як правило, використовують для забезпечення меж вогнестійкості металевих будівельних конструкцій від 60 хв і більше. Вогнезахисні штукатурки представляють собою, як правило, цементно-вермікулітовий склад з комплексом спеціальних

добавок, який утворює покриття з високою адгезійною здатністю до сталевих поверхонь. Склади поставляються у вигляді сухих будівельних сумішей, які наносяться на поверхню металоконструкцій товщиною 10-40 мм залежно від необхідного класу вогнестійкості, що досягає R240.

Основні характеристики вогнезахисних штукатурок наведено у таблиці 4 [30].

Таблиця 4

Характеристики основних видів вогнезахисних штукатурок

Властивості	Цементні	Гіпсові
Умови нанесення	Вище 5 °С, вологість не впливає	Вище 0 °С, вологість не впливає
Експлуатація	Всередині і зовні приміщень	Всередині приміщень (без захисного шару)
Леткі органічні сполуки	Ні	Ні
Час первинного висихання	24 год	3 год
Час набору основних характеристик міцності	28 діб з періодичним зволоженням поверхні	7 діб
Токсикологічні фактори	Мінімальний вплив	Мінімальний вплив
Режим пожежі	Стандартний	Стандартний

Одним з основних способів нанесення вогнезахисних штукатурок є напівсухе торкретування та механічний набрызк [32]. Перед нанесенням вогнезахисних штукатурних покриттів поверхні очищують від іржі, бруду, фарби, пилу, масел, жирових та бітумних плям, солей, залишків бетону та розчину.

Поверхні, що оштукатурюються методом набрызку, обов'язково змочуються водою для кращого зчеплення штукатурки із основою. Вогнезахист металевих будівельних конструкцій шляхом штукатурення також передбачає використання армувальної сітки, що як правило розташована на відстані 5...15 мм від поверхні, що обробляється. Віддаленість армувальної сітки від

конструкції, що захищається залежить від товщини вогнезахисного покриття. При використанні вогнезахисних штукатурок слід здійснювати контроль за такими основними технологічними параметрами: якість в'язучого, об'ємна маса, зерновий склад і вологість заповнювачів, точність дозування компонентів суміші і тривалість їх перемішування, об'ємна маса готової суміші, тиск повітря, витрати зволожувальної рідини, товщина нанесеного шару і якість опорядження його поверхні.

На рисунку 2 представлено вогнезахисне штукатурне покриття Protherm Light [33] до та після впливу пожежі.

До впливу пожежі



Після впливу пожежі



Рисунок 2 – Вигляд вогнезахисного штукатурного покриття до та після впливу пожежі

Перелік та основні характеристики сертифікованих в Україні штукатурних вогнезахисних

покриттів представлено в таблиці 5 [31].

Вогнезахисні штукатурки, що сертифіковані в Україні

Власник сертифіката/ Виробник	Вогнезахисний матеріал	Тип вогнезахис- ного матеріалу	Клас вогнестійкості	Термін експлуа- тації покриття
ТОВ «КОВЛАР ГРУП» «Аmmokote GP-240» (Україна)	Вогнезахисне пок- риття Ammokote GP-240	Суха будівельна суміш	R150	≥ 10 років
«PRIISO» Вогнезахисна штукатурна суміш FIBROGAINE (Франція)	Речовина вогнеза- хисна (суміш)	Суха будівельна суміш	EI30-180	≥ 10 років
ВАТ «Меркор Україна» / «Tecresa Protec- tion Pasiva S.L.» (Іспанія)	Вогнезахисна реч- овина «Тесволл F»	Суха будівельна суміш	R60 – R210	≥ 10 років
ПП «ДСС ГРУП»(Укра- їна) / «Protection pasiva 2000, S.L.» (Іспанія)	Вогнезахисне пок- риття «Vermiplaster»	Суха будівельна суміш	R120 – R210	≥ 10 років
ВАТ «Науково- Вогнеза- хисне виробниче під- приємство / «Ендотерм «Спецматеріали» 210104» (Україна)	Вогнезахисне пок- риття «Ендотерм 210104»	Суха будівельна суміш	R75 – R240	≥ 10 років

До переваг штукатурних вогнезахисних покриттів відноситься універсальність їх застосування для різних конструкцій та виробів. Цей вид вогнезахисту, завдяки екологічно-безпечним складникам, не має шкідливих впливів на людину та довкілля, не піддається гниттю та зараженню грибками. Вони також мають широку сферу застосування, тривалий термін експлуатації та довговічність. Навантаження на конструкцію внаслідок застосування штукатурного покриття не є значним, враховуючи щільність сухого покриття, що становить 400-600 кг/м³.

При суттєвих перевагах, існує і ряд недоліків при застосуванні вогнезахисних штукатурних покриттів, зокрема це: трудомісткість робіт, складність використання для захисту конструкцій складних форм (зв'язків будівельних конструкцій та елементів), обмеження застосування при підвищеній вологості. Цей спосіб вогнезахисту також буде впливати на загальний естетичний вигляд захищеної конструкції. На рисунку 3 зображено металеві конструкції, що оброблені штукатурним вогнезахисним покриттям.



Рисунок 3 – Металеві будівельні конструкції оброблені штукатурним вогнезахисним покриттям

Вогнезахист металевих будівельних конструкцій шляхом облицьовування. Вогнезахисне облицьовування здійснюється із застосуванням

одиночних виробів або листових (рулонних) матеріалів, які закріплюються (монтуються) на поверхні об'єкта вогнезахисту за допомогою

кріпильних елементів, клейових розчинів тощо. [25]. Вогнезахисне облицювання є способом конструктивного вогнезахисту, що забезпечує нормований клас вогнестійкості до R 300.

Облицювання цегляною кладкою чи іншими кам'яними матеріалами застосовується, як правило, для металевих колон чи подібних за функціональними призначенням будівельних конструкцій. При цьому для облицювання

необхідно застосовувати цеглу марки не нижче М75, а для цегляної кладки рекомендується застосовувати цементно-піщаний розчин марки не нижче М50. Недоліком цього виду вогнезахисту є велика трудомісткість і вартість, значне збільшення навантаження на фундаменти та основи, неможливість застосування для горизонтальних конструкцій.

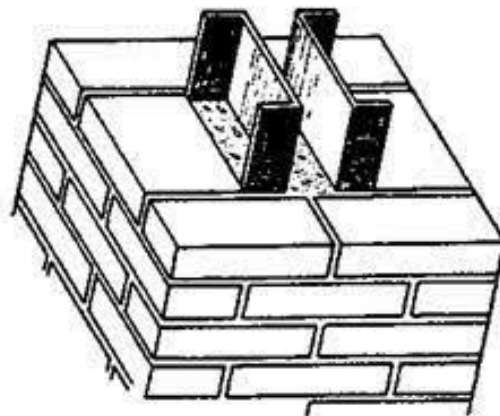


Рисунок 4 – Металеві будівельні конструкції, захищені цегляною кладкою

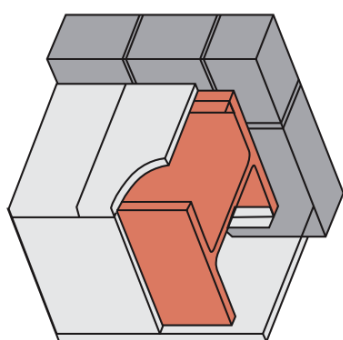
Вогнезахисні плити (рулони) являють собою цілісні, придатні для застосування вироби із відповідними технічними характеристиками. Основними складовими вогнезахисних облицювальних виробів є силікатні, магнезитові, керамзитові, перлітові, азбоцементні, вермікулітові, мінераловатні, гіпсоволокнисті матеріали.

Існує два основні способи монтажу вогнезахисних плит:

1. Складання самонесучого короба з плит;
2. Облицювання з використанням додаткового каркаса.

На рисунку 5 представлено способи монтажу вогнезахисних плит.

1 спосіб



2 спосіб

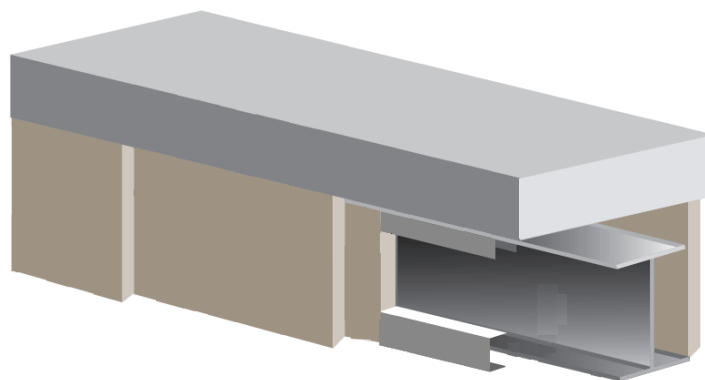


Рисунок 5 – Способи монтажу вогнезахисних плит

Також для вогнезахисту шляхом облицювання використовують плити з пористих (легких) бетонів [34, 35]. Це обґрунтовано низькою теплопровідністю пористих бетонів, простим механічним обробленням, невеликою вагою (порівняно з цегляною кладкою або бетоном, у 1,5 – 2 рази легше, оскільки об'ємна

частка повітря може досягати 85 %), негорючістю, довговічністю та надійністю в експлуатації.

Перелік та основні характеристики сертифікованих в Україні вогнезахисних конструктивних матеріалів представлено в таблиці 6 [31].

Вогнезахисні конструктивні матеріали, сертифіковані в Україні

Власник сертифіката/ Виробник	Вогнезахисний матеріал	Тип вогнезахисного матеріалу	Клас вогнестійкості	Термін експлуатації
ВАТ «ПТК А+В Україна» Фірма «Promat GmbH» (Німеччина)	Система для вогнезахисту «Promatect- L500»	Силікатні теплоізоляційні плити	R60 - R240	≥ 50 років
ВАТ «Завод теп- лоізоляційних матеріалів ТЕХНО» (Україна)	Плити мінера- ловатні «Техноніколь»	Вогнезахисна плита	R60 – R120	≥ 15 років
ВАТ «Кнауф Гіпс Київ» (Україна)	Плити гіпсо- картонні «Кнауф»	Гіпсокартонна плита	R60 - R180	≥ 15 років
ВАТ «ОБИО» (Україна)	Вогнезахист сталевих кон- струкцій «Izovat»	Плити тепло-ізоляційні з мінеральної вати	R60 - R120	≥ 15 років
ВАТ «Роквул Україна» (Україна) / «Rockwool Polska Sp.z o.o.» (Польща)	Система вогнезахисна «Conlit 150»	Листові вироби з кам'яної вати	R60 - R150	30 років
ВАТ «Науково- виробниче підприємство «Спецматеріали» (Україна)	Плити «Ендотерм 210104»	Вогнезахисна плита	R45 – R240	≥ 25 років

Однією з найбільших переваг плитних облицювальних вогнезахисних матеріалів є їх екологічні властивості. Слід відмітити, що згідно з даними виробника, цей спосіб вогнезахисту має набагато більший термін експлуатації порівняно з вогнезахисним штукатуренням та реактивними покриттями. Використання плитних матеріалів є технологічно простим, без застосування

додаткових заходів з їх оброблення, сушіння тощо.

Недоліком цього способу вогнезахисту є його вразливість та обмеження використання при підвищеній вологості. Необхідність улаштування спеціальних кріпильних систем і елементів також обмежує застосування плитних матеріалів.

На рисунку 6 зображено металеві конструкції, захищені вогнезахисними плитами.



Рисунок 6 – Металеві будівельні конструкції, захищені вогнезахисними плитами

Висновок та перспективи подальших досліджень. Ґрунтуючись на проведеному аналізі способів підвищення межі вогнестійкості металевих будівельних конструкцій шляхом їх вогнезахисту, вважаємо перспективним:

- пошук нових вогнезахисних інтумесцентних покриттів, що забезпечують необхідну для використання металевих конструкцій межу вогнестійкості, зі складами, котрі при пожежі будуть виділяти менше токсичних речовин та газів;

- розроблення складів штукатурних вогнезахисних покриттів, стійких до вологого середовища, з покращеними адгезійними властивостями, а також спрощення методів нанесення цих покриттів;

- пошук нових вогнезахисних облицювальних матеріалів та технологічних рішень для зниження їх ваги.

Список літератури:

1. Sami Ullah, Faiz Ahmad, Abdullah G. Al-Sehemi, Mohammed Ali Assiri, Muhammad Rafi Raza, Ahmad Irfan. (2020). Effect of expandable graphite and ammonium polyphosphate on the thermal degradation and weathering of intumescent fire-retardant coating. *Journal of Applied Polymer Science (IF3.125)*. DOI: 10.1002/app.50310.
2. Qandeel Fatima Gillani, Faiz Ahmad, Mohamed Ibrahim Abdul Mutalib, Puteri Sri Melor, Sami Ullah, Adiat Arogundade. (2016). Effect of Dolomite Clay on Thermal Performance and Char Morphology of Expandable Graphite Based Intumescent Fire Retardant Coatings. *Procedia Engineering*. 148. 146-150. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.505.
3. ASTM E119. Fire Tests of Building Construction and Materials [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nationalfiber.com/docs/Omega%20Point%20Lab%20Fire%20Blocking%20Test.pdf> (дата звернення 12.11.2021).
4. Muhammad Yasir, Faiz Ahmad, Puteri S.M. Megat-Yusoff, Sami Ullah, Maude Jimenez. (2019). Latest trends for structural steel protection by using intumescent fire protective coatings: a review. *Surface Engineering*. 36. 1-30. DOI: 10.1080/02670844.2019.1636536.
5. Maria Zielecka, Anna Rabajczyk, Krzysztof Cygańczuk, Łukasz Pastuszka, Leszek Jurecki. (2020). Silicone Resin-Based Intumescent Paints. *Materials* 13(21):4785. DOI: 10.3390/ma13214785.
6. Sami Ullah, Faiz Ahmad, Anildav Singh. (2014). Development and Testing of Intumescent Fire Retardant Coating on Various Structural Geometries. *Applied Mechanics and Materials*. 699:360-365. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.699.360.
7. Puri R. G., Khanna A. S. Intumescent coatings: A review on recent progress. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2017. № 14. P. 1-20.
8. Vakhitova, L., Kalafat, K., Plavan, V., Bessarabov, V., Taran N., & Zagoriy, G. (2021). Comparing the effect of nanoclays on the water-resistance of intumescent fire-retardant coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(6 (111), 59–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232822>
9. Chuang, C.-S., Sheen, H.-J. (2019). Effects of added nanoclay for styrene-acrylic resin on intumescent fire retardancy and CO/CO₂ emission. *Journal of Coatings Technology and Research*, 17 (1), 115–125. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00246-x>.
10. Pimenta, J. T., Gonçalves, C., Hiliou, L., Coelho, J. F. J., Magalhães, F. D. (2015). Effect of binder on performance of intumescent coatings. *Journal of Coatings Technology and Research*, 13 (2), 227–238. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-015-9737-5>.
11. Geoffroy L, Samyn F, Jimenez M, Bourbigot S. Intumescent Polymer Metal Laminates for Fire Protection. *Polymers*. 2018; 10(9):995. <https://doi.org/10.3390/polym10090995>.
12. Zhan, W., Chen, L., Cui, F., Gu, Z., & Jiang, J. (2020). Effects of carbon materials on fire protection and smoke suppression of waterborne intumescent coating. *Progress in Organic Coatings*. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2019.105491.
13. Ning Lu, Pengchao Zhang, Ya'nan Wu, Danqing Zhu, and Zhu Pan (2019). Effects of Size of Zinc Borate on the Flame Retardant Properties of Intumescent Coatings. *International Journal of Polymer Science*. 2019(016): 1-15. DOI: 10.1155/2019/2424531.
14. Гивлюд М. М., Артеменко В. В., Яковчук Р. С., Веселівський Р. Б. Вогнезахисні речовини на основі наповнених силіційелементоорганічних зв'язок для металевих конструкцій. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. № 26.1. С. 217–222.
15. Lorenza Carabba, Raffaella Moricone, Giordano Emrys Scarponi, Alessandro Tugnoli, Maria Chiara Bignozzi, Alkali activated lightweight mortars for passive fire protection: A preliminary study, *Construction and Building Materials*, Volume 195, 2019, Pages 75-84, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.005>.
16. Andrius Kielė, Danutė Vaičiukynienė, Gintautas tamošaiti, Rėda Bistrickaitė. (2020). Thermal Properties of Alkali Activated Slag Plaster for Wooden Structures. *Scientific Reports*. 10(1):726. DOI: 10.1038/s41598-020-57515-8.
17. Gravit M. V., Golub E. V., Antonov S. P. (2018) Fire protective dry plaster composition for structures in hydrocarbon fire. *Magazine of Civil Engineering* 79 (3) pp. 86-94. DOI: 10.18720/MCE.79.9.
18. Новак С. В., Дріжд В. Л., Добростан О. В. Оцінювання відповідності штукатурок для вогнезахисту будівельних конструкцій на сталевій основі. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2020. № 2(10). С. 39–53.
19. EAD 350140-00-1106 Renderings and rendering kits intended for fire resistant applications

(Штукатурки і комплекти, до складу яких вони входять, для забезпечення вогнестійкості).

20. Jochen Zehfuß, Lisa Sander. (2021). Gypsum plasterboards under natural fire – Experimental investigations of thermal properties. *Civil Engineering Design* Volume 3, Issue 3 p. 62-72. <https://doi.org/10.1002/cend.202100002>.

21. Seul-Hyun Park, Samuel L. Manzello, Dale P. Bentz, Tensei Mizukami. (2009). Determining thermal properties of gypsum board at elevated temperatures. *Fire and Materials* Volume 34, Issue 5 p. 237-250. <https://doi.org/10.1002/fam.1017>.

22. Rusthi Ibralebbe, Poologanathan Keerthan, Anthony Ariyanayagam, Mahen Mahendran. (2015). Numerical Studies of Gypsum Plasterboard and MgO Board Lined LSF Walls Exposed to Fire. Conference: Second International Conference on Performance-based Life-cycle Structural Engineering (PLSE 2015) At: Brisbane Convection & Exhibition Centre, Brisbane, Australia. DOI: 10.14264/uql.2016.544

23. Prakash Kolarkar, Mahen Mahendran. (2014). Experimental studies of gypsum plasterboards and composite panels under fire conditions. *Fire and Materials*. 38(1) p. 13-35. DOI: 10.1002/fam.2155.

24. Веселівський Р. Б., Яковчук Р. С., Василенко О.О., Семенюк П. В. Експериментальне дослідження вогнестійкості огорожувальних конструкцій з гіпсокартонними плитами. *Пожежна безпека*. 2015. № 27. С. 26–32.

25. Правила з вогнезахисту : НАПБ Б.01.012-2019 [Чинний від 05.04.2019] Київ: Міністерство внутрішніх справ України, 2018.

26. ETAG № 018-1:2004. Guideline for european technical approval of fire protective products. Part 1: General.

27. ETAG № 018-2:2013. Guide for the European technical approval of fire protective products. Part 2: Reactive coatings for fire protection of steel elements.

28. ETAG № 018-3:2013. Guide for the European technical approval of fire protective products – Part 3: Renderings and rendering kits intended for fire resisting applications.

29. ETAG № 018-4:2011. Guideline for european technical approval of fire protective products. Part 4: Fire protective board, slab and mat products and kits.

30. Український центр сталевих будівництва. Рекомендації щодо вибору вогнезахисту : офіц. сайт. URL: <https://uscc.ua/vognazahyst-stalevyh-konstruktsiy> (дата звернення 12.11.2021).

31. Калафат К., Вахитова Л. Каталог средств огнезащиты стальных конструкций 2017. Публикация. Метінвест. 2017. 91 с.

32. Настанова з виконання робіт із застосуванням сухих будівельних сумішей : ДСТУ-

Н Б В.2.6-212:2016 [Чинний від 01.04.2017]. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 81 с.

33. Tekto hellas : офіц. сайт. URL: <https://www.tekto.gr/en/product/35-protherm-light> (дата звернення 10.11.2021).

34. Борис А. П., Половко А. П., Веселивский Р. Б. Экспериментальное исследование огнезащитных покрытий для металлических конструкций. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*. 2014. № 35. С. 123–128.

35. Борсук О. В. Удосконалення методу розрахункової оцінки вогнестійкості сталевих балок із вогнезахисним мінераловатним облицюванням. : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.02 / Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. Львів, 2021. 170 с.

References:

1. Sami Ullah, Faiz Ahmad, Abdullah G. Al-Sehemi, Mohammed Ali Assiri, Muhammad Rafi Raza, Ahmad Irfan. (2020). Effect of expandable graphite and ammonium polyphosphate on the thermal degradation and weathering of intumescent fire-retardant coating. *Journal of Applied Polymer Science* (IF3.125). DOI: 10.1002/app.50310.

2. Qandeel Fatima Gillani, Faiz Ahmad, Mohamed Ibrahim Abdul Mutalib, Puteri Sri Melor, Sami Ullah, Adiat Arogundade. (2016). Effect of Dolomite Clay on Thermal Performance and Char Morphology of Expandable Graphite Based Intumescent Fire Retardant Coatings. *Procedia Engineering*. 148. 146-150. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.06.505.

3. ASTM E119. Fire Tests of Building Construction and Materials [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nationalfiber.com/docs/Omega%20Point%20Lab%20Fire%20Blocking%20Test.pdf> (дата звернення 12.11.2021).

4. Muhammad Yasir, Faiz Ahmad, Puteri S.M. Megat-Yusoff, Sami Ullah, Maude Jimenez. (2019). Latest trends for structural steel protection by using intumescent fire protective coatings: a review. *Surface Engineering*. 36. 1-30. DOI: 10.1080/02670844.2019.1636536.

5. Maria Zielecka, Anna Rabajczyk, Krzysztof Cygańczuk, Łukasz Pastuszka, Leszek Jurecki. (2020). Silicone Resin-Based Intumescent Paints. *Materials* 13(21):4785. DOI: 10.3390/ma13214785.

6. Sami Ullah, Faiz Ahmad, Anildav Singh. (2014). Development and Testing of Intumescent Fire Retardant Coating on Various Structural Geometries. *Applied Mechanics and Materials*. 699:360-365. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.699.360.

7. Puri R. G., Khanna A. S. Intumescent coatings: A review on recent progress. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2017. № 14. P. 1-20.
8. Vakhitova, L., Kalafat, K., Plavan, V., Bessarabov, V., Taran N., & Zagoriy, G. (2021). Comparing the effect of nanoclays on the water-resistance of intumescent fire-retardant coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(6 (111)), 59–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232822>
9. Chuang, C.-S., Sheen, H.-J. (2019). Effects of added nanoclay for styrene-acrylic resin on intumescent fire retardancy and CO/CO₂ emission. *Journal of Coatings Technology and Research*, 17 (1), 115–125. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00246-x>.
10. Pimenta, J. T., Gonçalves, C., Hiliou, L., Coelho, J. F. J., Magalhães, F. D. (2015). Effect of binder on performance of intumescent coatings. *Journal of Coatings Technology and Research*, 13 (2), 227–238. doi: <https://doi.org/10.1007/s11998-015-9737-5>.
11. Geoffroy L, Samyn F, Jimenez M, Bourbigot S. Intumescent Polymer Metal Laminates for Fire Protection. *Polymers*. 2018; 10(9):995. <https://doi.org/10.3390/polym10090995>.
12. Zhan, W., Chen, L., Cui, F., Gu, Z., & Jiang, J. (2020). Effects of carbon materials on fire protection and smoke suppression of waterborne intumescent coating. *Progress in Organic Coatings*. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2019.105491.
13. Ning Lu, Pengchao Zhang, Ya'nan Wu, Danqing Zhu, and Zhu Pan (2019). Effects of Size of Zinc Borate on the Flame Retardant Properties of Intumescent Coatings. *International Journal of Polymer Science*. 2019(016): 1-15. DOI: 10.1155/2019/2424531.
14. Hyvlyud M. M., Artemenko V. V., Yakovchuk R. S., Veselivskyy R. B. (2016) Vohnezakhysni rechovyny na osnovi napovnenykh sylitsiielementoorhanichnykh zviazok dlia metalevykh konstruktsii [Fireproof Substances Based on the Silicon-Filled and Organic Element Ligaments for Metallic Constructions]. *Naukovyi visnyk NLTU*. 26.1. P. 217–223 [in Ukrainian].
15. Lorenza Carabba, Raffaella Moricone, Giordano Emrys Scarponi, Alessandro Tugnoli, Maria Chiara Bignozzi, Alkali activated lightweight mortars for passive fire protection: A preliminary study, *Construction and Building Materials*, Volume 195, 2019, Pages 75-84, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.005>.
16. Andrius Kielė, Danutė Vaičiukynienė, Gintautas tamošaitis, Rėda Bistrickaitė. (2020). Thermal Properties of Alkali Activated Slag Plaster for Wooden Structures. *Scientific Reports*. 10(1):726. DOI: 10.1038/s41598-020-57515-8.
17. Gravit M. V., Golub E. V., Antonov S. P. (2018) Fire protective dry plaster composition for structures in hydrocarbon fire. *Magazine of Civil Engineering* 79 (3) pp. 86-94. DOI: 10.18720/MCE.79.9.
18. Novak S. V., Drizhd V. L., Dobrostan O.V. (2020) Otsiniuvannia vidpovidnosti shtukaturok dlia vohnezakhystu budivelnykh konstruktsii na stalevii osnovi [Assessment of conformity of renderings for fire protection of steel-based building structures]. *Scientific bulletin: Civil protection and fire safety*, 2(10), 39–53 [in Ukrainian].
19. EAD 350140-00-1106 Renderings and rendering kits intended for fire resistant applications (Shtukaturky i komplekty, do skladu yakykh vony vkhodiat, dlia zabezpechennia vohnestiikosti) [in English].
20. Jochen Zehfuß, Lisa Sander. (2021). Gypsum plasterboards under natural fire – Experimental investigations of thermal properties. *Civil Engineering Design* Volume 3, Issue 3 p. 62-72. <https://doi.org/10.1002/cend.202100002>.
21. Seul-Hyun Park, Samuel L. Manzello, Dale P. Bentz, Tensei Mizukami. (2009). Determining thermal properties of gypsum board at elevated temperatures. *Fire and Materials* Volume 34, Issue 5 p. 237-250. <https://doi.org/10.1002/fam.1017>.
22. Rusthi Ibralebbe, Poologanathan Keerthan, Anthony Ariyanayagam, Mahen Mahendran. (2015). Numerical Studies of Gypsum Plasterboard and MgO Board Lined LSF Walls Exposed to Fire. Conference: Second International Conference on Performance-based Life-cycle Structural Engineering (PLSE 2015) At: Brisbane Convection & Exhibition Centre, Brisbane, Australia. DOI: 10.14264/uql.2016.544
23. Prakash Kolarkar, Mahen Mahendran. (2014). Experimental studies of gypsum plasterboards and composite panels under fire conditions. *Fire and Materials*. 38(1) p. 13-35. DOI: 10.1002/fam.2155.
24. Veselivskyy R. B., Yakovchuk R. S., Vasylenko O. O., Semeniuk P. V. (2015) Eksperymentalne doslidzhennia vohnestiikosti ohorodzhuvalnykh konstruktsii z hipsokartonnymy plytamy [Experimental research of enclosing constructions fireresistance with plasterboard panels]. *Pozhezhna bezpeka*, 27, 26–32 [in Ukrainian].
25. Pravyla z vohnezakhystu [Fire protection rules]. (2018). NAPB B. 01.012-2019 from 5 st April 2019. Kyiv: Ministry of Internal Affairs of Ukraine [in Ukrainian].
26. ETAG № 018-1:2004. Guideline for european technical approval of fire protective products. Part 1: General [in English].
27. ETAG № 018-2:2013. Guide for the European technical approval of fire protective products. Part 2: Reactive coatings for fire protection of steel elements [in English].

28. ETAG № 018-3:2013. Guide for the European technical approval of fire protective products – Part 3: Renderings and rendering kits intended for fire resisting applications [in English].
29. ETAG № 018-4:2011. Guideline for European technical approval of fire protective products. Part 4: Fire protective board, slab and mat products and kits [in English].
30. Ukrainskyi tsentr stalevoho budivnytstva. Rekomendatsii shchodo vyboru vohnezakhystu. (2021). [Official site Ukrainian Steel Construction Center]. Retrieved from <https://uscc.ua/vognezahyst-stalevyh-konstruktsiy/> [in Ukrainian].
31. Kalafat K., Vakhytova L. (2017) Katalog sredstv ohnezashchyty stalnykh konstruktsiy. Pablykatsyia. Metinvest. 91 s. [in Russian].
32. Nastanova z vykonannia robit iz zastosuvanniam sukhykh budivelnykh sumishei [Instructions for performance of works with the use of dry building mixtures]. (2016). DSTU – N B V.2.6-212:2016 from 13 June 2016. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. [in Ukrainian].
33. Tekto hellas. (2021). [Official site Architektonidis Monotika S.A.]. Retrieved from <https://www.tekto.gr/en/product/35-protherm-light> [in English]
34. Boris A. P., Polovko A. P., Veselivskyy R. B. (2014) Eksperimentalnoe issledovaniye ognezashchitnykh pokrytyy dlya metallicheskih konstruktsiy [An Experimental Study of Fire Retardant Coverings for Metal Structures]. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 35, 123–128. doi: 10.12845/bitp.35.3.2014.11 [in Russian].
35. Borsuk O. V (2021) Udoskonalennia metodu rozrakhunkovoi otsinky vohnestiikosti stalevykh balok iz vohnezakhysnym mineralovatnym oblytsiuvanniam [Improvement of the Method of Calculation Estimation of Fire Resistance of Steel Beams with Fire-protective Mineral Wool Facing]. (Candidate's thesis). Lviv State University of Life Safety. Lviv [in Ukrainian].

*** Оглядова стаття.**

Надійшла до редакції 18.11.2021 р.