

УДК 624.012

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.2.7-14>

*Андрій Березовський, кандидат технічних наук, доцент (ORCID: 0000-0002-4043-1206),  
Ігор Маладика, кандидат технічних наук, доцент (ORCID: 0000-0001-8784-2814),  
Олег Куліца, кандидат технічних наук, доцент (ORCID: 0000-0003-2589-6520),  
Руслан Заєць (ORCID: 0000-0002-0314-7601),  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

У роботі проведені обчислювальні експерименти за допомогою комп'ютерного моделювання. Був відтворений ідентичний зразок сталеві пластини із нанесенням вогнезахисного матеріалу, що спучується при впливі температури від пожежі. Розроблені та побудовані теплові математичні моделі вказаного зразка з умовами впливу стандартного температурного режиму пожежі тривалістю 30 хв., 45 хв., 60 хв.

Проаналізовані результати практичного експерименту та показники, що отримані у результаті розрахунків. За результатами проведених обчислювальних експериментів встановлено, що при дії стандартного температурного режиму пожежі тривалістю 30 хв., 45 хв., 60 хв. похибка із порівнянням із експериментальними випробуваннями складала у середньому 3,5 %. Аналізуючи отримані результати, спостерігається найбільша похибка в отриманих показниках при дії пожежі протягом 30 хв та становить 4,1 %.

Робота даних моделей ґрунтується на основі нестационарного диференціального рівняння теплопровідності з чисельною апроксимацією за допомогою методу кінцевих елементів. За результатами проведених чисельних експериментів було визначено Розподіл температури по поверхні сталеві пластини з боку, що не обігрівається при впливі стандартного температурного режиму пожежі у різні моменти часу.

За результатами проведених чисельних експериментів була розроблена методика щодо визначення ефективності вогнезахисного матеріалу, що спучується при впливі пожежі для сталевих конструкцій, що істотно спрощує проведення таких розрахунків, і не впливає на точність отриманих результатів.

**Ключові слова:** вогнезахисне покриття, вогнезахист металу, сталеві пластини, стандартний температурний режим пожежі, оцінка вогнестійкості.

**Постановка проблеми.** Використання сталевих конструкцій у сучасному будівництві зустрічається все частіше. Найбільш поширено використання даних конструкцій під час побудови торгівельних, складських, промислових будівель. При цьому вказаний матеріал є одним з найбільш небезпечних при пожежах, так як здатний плавитись під дією високих температур [1]. Виникнення пожеж на об'єктах, що зведені зі сталевих елементів каркасів, супроводжуються руйнуванням будівельних конструкцій, що призводить до соціально-економічних втрат суттєвого обсягу, отже забезпечення необхідного рівня міцності та стійкості будівель при пожежі є важливим показником пожежної безпеки на будь-якому об'єкті [2, 3].

З метою підвищення механічних властивостей сталевих конструкцій під час впливу високих температур від пожежі застосовуються у більшості два типу вогнезахисту [2].

Перший – тепловідведення, у даному засобі передбачається охолодження полих металевих конструкцій циркулюючою рідиною, або заповнення порожніх металевих колон бетоном. Однак цей метод достатньо обмежений, тому що, його використання можливе лише за наявності відповідного порожнистого перерізу конструкцій, а також можливості підведення охолоджуючої рідини до конструкції.

Другий найбільш поширений – теплоізоляція, що полягає у нанесенні спеціальних типів штукатурок, облицювання, фарб, лаків тощо. Даний засіб вогнезахисту частіше застосовується у будівництві у зв'язку із різноманітністю фізико-хімічних складів речовин, їх дії, варіантів захисту від впливу високих температур від пожежі, а також можливості застосування під час експлуатації будівлі.

Один із сучасних методів вогнезахисту сталевих конструкцій, що найчастіше зустрічається, це використання спеціальних фарб, що спучуються при впливі високих температур, та утворюють шар теплоізолюючого матеріалу з низькою теплопровідністю та високою теплоємністю [1, 5].

Визначити вогнезахисну здатність вказаного типу вогнезахисту можливо за допомогою випробувань за методом визначення об'ємного та (або) лінійного коефіцієнта спучення вогнезахисного матеріалу [4].

Для того, щоб дослідити поведінку будівельних конструкцій із застосованим вогнезахисним матеріалом, необхідно проводити випробування у спеціальних вогневих випробувальних лабораторіях [6, 7]. Всього існує три методи. Натурні випробування, що полягають у відтворенні цілої будівлі або споруди з подальшим вогневим впливом на досліджену, вогнезахиснену конструкцію, є дуже вартісним та трудомістким засобом. Експериментальні випробування є більш спрощеним методом, однак все одно варіативність застосування даного методу суттєво обмежена.

Альтернативою експериментальним та натурним засобам є застосування розрахункових методів. На даний час теоретична та методична база щодо таких підходів міститься у серії нормативних документів [8, 9], чинних в Україні. Дані методи [10, 11] є гнучкими, дозволяють врахувати все розмаїття граничних умов, матеріалів, геометричних розмірів та інших параметрів конструкцій, а також вони є менш трудомісткими та вартісними.

Отже, проведення досліджень щодо перевірки вогнезахисної здатності вогнезахисної речовини, а також вивчення поведінки будівельних конструкцій із застосованим вогнезахисним матеріалом є комплекс, що складається з двох етапів і є дуже складною задачею, яка потребує суттєвих затрат часу та ресурсів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведення оцінки ефективності вогнезахисту передбачається за двома методами [4]. Сутність першого методу – визначення об'ємного коефіцієнта спучення полягає у визначенні об'єму вогнезахисного засобу, що утворився з певної маси засобу після впливу температури 340 °С. Другий метод – визначення лінійного коефіцієнта спучення вогнезахисної речовини полягає у визначенні співвідношення товщини вогнезахисного матеріалу, що нанесений на сталеву пластину, до та після впливу температури 340 °С. У роботі [12] описана методика проведення подібних експериментів, однак для того щоб проаналізувати ефективність вогнезахисної речовини безпосередньо на конструкції при пожежі необхідно провести дослідження з врахуванням впливу стандартного температурного режиму пожежі. У роботах [13-15] описані методики проведення розрахунку з оцінки вогнестійкості сталевих конструкцій із вогнезахистом, але із застосуванням мінераловатного облицювання.

Незважаючи на те, що даному напрямку присвячено декілька робіт, але на сьогоднішній час недостатньо розвинута методологічна база щодо визначення ефективності подібних спеціальних вогнезахисних речовин при впливі пожежі.

Гарантування відповідності класу вогнестійкості будь-яких будівельних конструкцій вимогам норм є одним з основних аспектів пожежної безпеки об'єктів.

Відповідно, дослідження оцінки ефективності вогнезахисних матеріалів сталевих будівельних конструкцій, що спучуються під час впливу пожежі є актуальним.

**Постановка завдання.** Метою роботи є розробка методики щодо оцінки ефективності вогнезахисного облицювання у вигляді вогнезахисного матеріалу, що спучується під час впливу стандартного температурного режиму пожежі. Для реалізації зазначеної мети поставлено наступні завдання:

1. Відтворити випробувальні зразки сталевієї пластини ідентичні тим, що досліджені у роботі [12] із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується.

2. Змодельовати теплові математичні моделі для визначення розподілу температури у випробувальних зразках сталевих пластини із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується при пожежі тривалістю 30 хв, 45 хв, 60 хв.

3. Побудувати найбільш раціональну кінцево-елементну сітку у змодельованих теплових математичних моделях сталевих пластини із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується при пожежі.

4. Проаналізувати результати обчислювальних експериментів, щодо визначення розподілу температури у випробувальних зразках сталевих пластини із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується при пожежі тривалістю 30 хв, 45 хв, 60 хв з подальшим порівнянням із результатами досліджень, представлених у роботі [12].

**Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.** Сталевими зразками, дослідженими у роботі [12], слугували сталеві пластини розміром 230×230 мм і товщиною 5 мм з нанесеними на них вогнезахисними покриттями. Зі сторони, що не обігрівається, по центру сталевих пластин встановлювалися термопари типу ТХА, а сама сталеві пластина закривалася теплоізоляційною базальтовою плитою Rockwool завтовшки 100 мм і щільністю 120 кг/м<sup>3</sup> (рис. 1-а). Ідентичний відтворений зразок за допомогою комп'ютерного моделювання представлений на рис. 1-б.

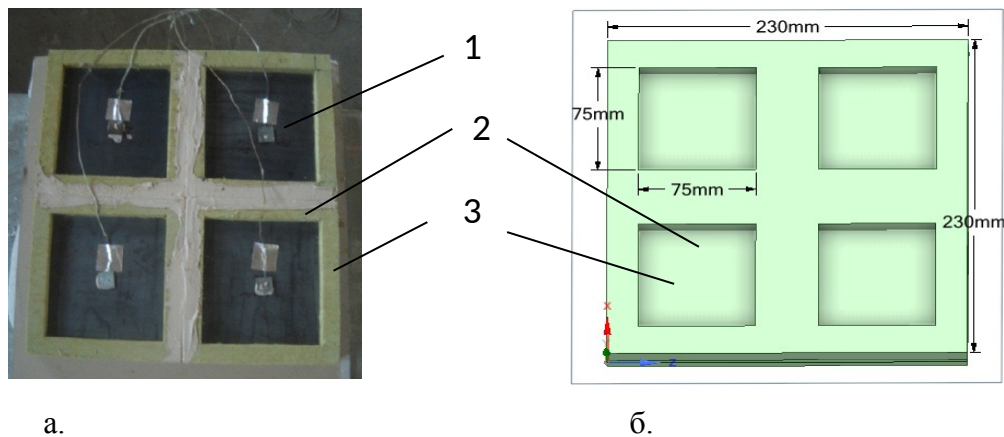


Рисунок 1 – Зразки досліджуваних сталевих пластин із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується при пожежі (а – під час проведення практичного експерименту, б – ідентичний відтворений зразок при проведенні обчислювального експерименту): 1 – термопара типу ТХА, 2 – сталеві пластина з нанесеним вогнезахисним покриттям, 3 – теплоізоляційна плита Rockwool.

Застосовуючи методичу [11, 14] побудовано теплову математичну модель, що надає можливість отримати відомості щодо розподілу температури з боку сталеві пластина, що не обігрівається із застосуванням вогнезахисного матеріалу. Тривалість впливу стандартного температурного режиму було прийнято 30 хв, 45 хв, 60 хв відповідно. Кінцево-елементна сіточна модель зображена на рис. 2.

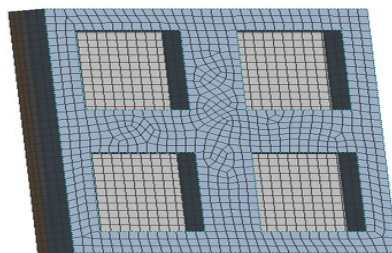


Рисунок 2 – Кінцево-елементна сіткова модель досліджуваної сталеві пластина із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується при пожежі.

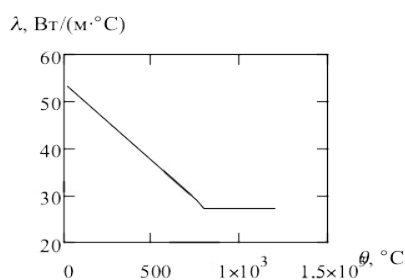
З метою отримання найбільш точних даних при виконанні розрахунків, геометричні параметри досліджуваної сталеві пластини із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується при пожежі побудовані відповідно до реальних розмірів (рис. 1-б). Матеріали, що змодельовані також прийняті відповідно до практичного експерименту, а саме: сталеві пластина, виготовлена із сталі С240 товщиною 5 мм; теплоізоляційна базальтова плита Rockwool завтовшки 100 мм із густиною 120 кг/м<sup>3</sup>; вогнезахисна речовина, що спучується при пожежі товщиною 2 мм із густиною 45 кг/м<sup>3</sup>.

Теплофізичні властивості вогнезахисного матеріалу, що спучується при впливі температури від пожежі наведені у табл. 1 із залежністю зміни температури від пожежі.

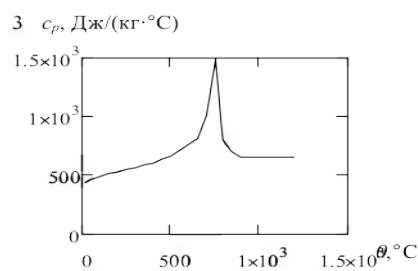
Таблиця 1 – Теплофізичні властивості вогнезахисного матеріалу, що спучується при впливі температури від пожежі.

Температура, °С	Густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Питома теплоємність, кДж/(кг·К)
20	50	0,135	42
100		0,10	4,1×10 <sup>4</sup>
200		0,05	1,7×10 <sup>6</sup>
300		0,03	1,7×10 <sup>6</sup>
400		0,006	1,75×10 <sup>6</sup>
500		0,004	3,8×10 <sup>4</sup>
600		0,03	22
700		0,03	22
800		0,04	22
900		0,05	22
1000		0,09	22

При проведенні обчислювальних експериментів використовувались теплофізичні характеристики сталі, залежні від температури [9]. Температурні залежності даних показників представлені на рис. 3.



а.



б.

Рисунок 3 – Теплофізичні характеристики сталі С240 (теплопровідність – а, теплоємність – б).

З метою отримання показників розподілу температури по поверхні сталеві пластини із застосуванням вогнезахисного матеріалу, що спучується при пожежі тривалістю 30 хв., 45 хв., 60 хв. задані необхідні граничні умови, які представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри граничних умов.

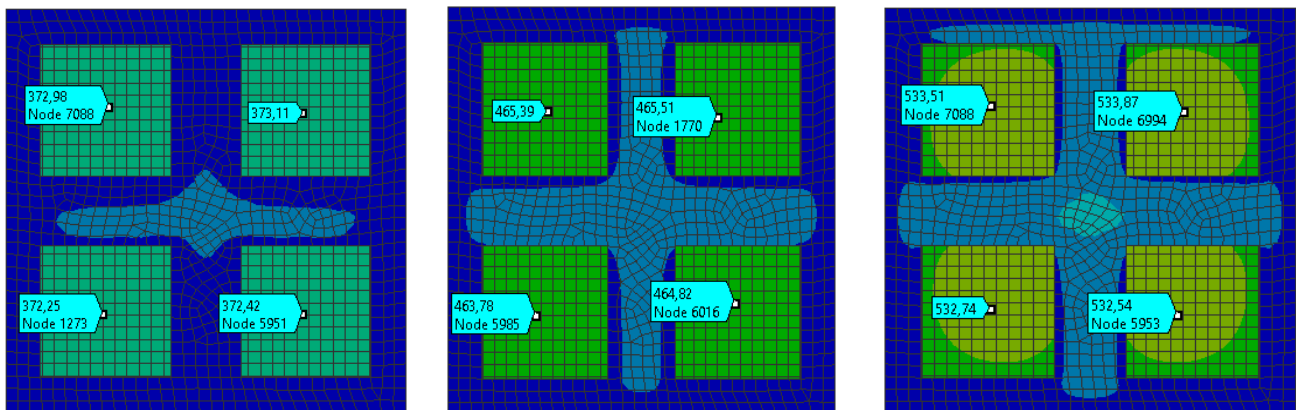
Характеристика	Одиниці виміру	Величина	Джерело
Параметри граничних умов теплотехнічної задачі			
Номінальний тепловий вплив		$T_s = 345 \lg(8t + 1) + 20$	
Коефіцієнт конвекційного теплообміну на поверхні, що обігривається	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	25	[6,7]
Ступінь чорноти	-	0.7	[6,7]
Стала Стефана-Больцмана	Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )	$5.67 \cdot 10^{-8}$	[6,7]
Коефіцієнт конвекційного теплообміну на поверхні, що не обігривається	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	9	[6,7]

Результати проведених обчислювальних експериментів представлені у табл. 3.

Таблиця 3 – Температурні показники по поверхні сталевій пластині з боку, що не обігривається, при впливі стандартного температурного режиму пожежі тривалістю 30 хв, 45 хв, 60 хв.

Тривалість впливу пожежі (хв)	$\theta_1$ (°C)	$\theta_2$ (°C)	$\theta_3$ (°C)	$\theta_4$ (°C)	$\theta_m$ (°C)	Похибка із проведеними експериментами у роботі [12] (%)
30	372,25	372,42	372,98	373,11	372,69	4,1
45	463,78	464,82	465,39	465,51	464,875	3,8
60	532,74	532,54	533,51	533,87	533,165	2,6

Розподіл температури по поверхні сталевій пластині з боку, що не обігривається при впливі стандартного температурного режиму пожежі тривалістю 30 хв, 45 хв, 60 хв. зображені на рис. 4



а. б. в.

Рисунок 4 – Розподіл температури по поверхні сталевій пластині з боку, що не обігривається, при впливі стандартного температурного режиму пожежі (а – 30 хв, б – 45 хв, в – 60 хв).

За результатами проведених обчислювальних експериментів встановлено, що при дії стандартного температурного режиму пожежі тривалістю 30 хв, 45 хв, 60 хв похибка порівняно із експериментальними випробуваннями склала у середньому 3,5 %. Аналізуючи отримані результати, спостерігається найбільша похибка в отриманих показниках при дії пожежі протягом 30 хв та становить 4,1 %. Таким чином, використання запропонованої методики перевірки ефективності вогнезахисної здатності у сталевих конструкціях із застосуванням вогнезахисних матеріалів, що спучуються при впливі температур від пожежі допускається, що істотно спрощує проведення таких розрахунків, і не впливає на точність отриманих результатів.

**Висновки.** Для вирішення поставленого завдання за допомогою комп'ютерного моделювання був відтворений ідентичний зразок сталеві пластина із нанесенням вогнезахисним матеріалом, що спучується при впливі температури від пожежі. Розроблені та побудовані теплові математичні моделі вказаного зразка з умовами впливу стандартного температурного режиму пожежі тривалістю 30 хв., 45 хв., 60 хв. Дані моделі функціонують на основі нестационарного диференціального рівняння теплопровідності з чисельною апроксимацією за допомогою методу кінцевих елементів. За результатами проведених чисельних експериментів була розроблена методика щодо визначення ефективності вогнезахисного матеріалу, що спучується при впливі пожежі для сталевих конструкцій.

За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільша похибка в отриманих показниках складає 4,1 %, що демонструє високу ефективність у використанні методу, що пропонується, та можливість його застосування для проведення розрахунків щодо визначення ефективності вогнезахисного матеріалу, що спучується при впливі пожежі для сталевих конструкцій.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шналь Т. М. Вогнестійкість та вогнезахист металевих конструкцій // Навчальний посібник «Львівська політехніка». – Львів: НТУ «Львівська політехніка». – 2010. – С. 176.
2. Method of the calculated estimation of the possibility of progressive destruction of buildings in result of fire // MATEC Web of Conferences, 2018, 230, 02026 / Pozdieiev S., Nekora O., Kryshchal T., Zazhoma V., Sidnei S.
3. T.Shnal, S.Pozdieiev, R. Yakovchuk, O. Nekora, Development of a Mathematical Model of Fire Spreading in a Three-Storey Building Under Full-Scale Fire-Response Tests (Lecture Notes in Civil Engineering, 2021), 100 LNCE, pp. 419–428.
4. ДСТУ Н-П Б В.1.1-29:2010 Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій Чинний від 2011-01-11.] – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 12 с – (Національний стандарт України).
5. Heinisuo M., Laasonen M. Product modeling, part of the fire safety concept in the future for metal structures //Advanced Research Workshop, Fire Computer Modeling, Santander. (2007). – pp. 18-20.
6. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. (ISO 834: 1975) ДСТУ Б В.1.1-4-98\*. [Чинний від 1998-10-28.] – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 20 с – (Національний стандарт України).
7. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Міністерство регіонального розвитку та будівництва – 2017. – 35 с.
8. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005/A1:2014, IDT). [Чинний від 2013-07-01.]– Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2013. – 150 с. – (Національний стандарт України).
9. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-

2:2005, IDT). [Чинний від 2014-01-01.]– Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2013. – 98 с – (Національний стандарт України).

10. V.M. Roitman, Engineering solutions for assessing the fire resistance of projected and reconstructed buildings (M.: Fire safety and science, 2001).

11. T. Shnal, S. Pozdieiev, O. Nuianzin, S. Sidnei, Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions (Materials Science Forum, 2020), 1006, pp. 107 – 116.

12. А. І. Березовський «ВОГНЕЗАХИСНЕ ВІБРОСТІЙКЕ ЕПОКСИПОЛІМЕРНЕ ПОКРИТТЯ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ» Дисертація, Черкаси, с. 178.

13. Research of integrity of fire insulation cladding with mineral wool of steel beam under fire impact // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1021(1), 012024 / Pozdieiev S., Nuianzin O., Borsuk O., Nedilko I.

14. Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions // Materials Science Forum / Taras Shnal, Serhii Pozdieiev, Oleksandr Nuianzin, Stanislav Sidnei / 2020 Volume 1006 – pp. 107 – 116.

15. Heinisuo M., Laasonen M. Product modeling, part of the fire safety concept in the future for metal structures //Advanced Research Workshop, Fire Computer Modeling, Santander. (2007). – pp. 18-20.

#### REFERENCES

1. Shnal' T. M. Vohnestiykist' ta vohnnezakhyst metalevykh konstruktsiy // Navchal'nyy posibnyk «L'vivs'ka politekhnika». – L'viv: NTU «L'vivs'ka politekhnika». – 2010. – S. 176.

2. Method of the calculated estimation of the possibility of progressive destruction of buildings in result of fire // MATEC Web of Conferences, 2018, 230, 02026 / Pozdieiev S., Nekora O., Kryshthal T., Zazhoma V., Sidnei S.

3. T. Shnal, S. Pozdieiev, R. Yakovchuk, O. Nekora, Development of a Mathematical Model of Fire Spreading in a Three-Storey Building Under Full-Scale Fire-Response Tests (Lecture Notes in Civil Engineering, 2021), 100 LNCE, pp. 419–428.

4. DSTU N-P B V.1.1-29:2010 Vohnnezakhysne obroblyannya budivel'nykh konstruktsiy Chynnyy vid 2011-01-11.] – K.: Ukrarkhbudinform, 2011. – 12 s – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).

5. Heinisuo M., Laasonen M. Product modeling, part of the fire safety concept in the future for metal structures //Advanced Research Workshop, Fire Computer Modeling, Santander. (2007). – pp. 18-20.

6. Budivel'ni konstruktsiyi. Metody vyprobuvan' na vohnestiykist'. Zahal'ni vymohy. Pozhezhna bezpeka. (ISO 834: 1975) DSTU B V.1.1-4-98\*. [Chynnyy vid 1998-10-28.] – K.: Ukrarkhbudinform, 2005. – 20 s – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).

7. DBN V.1.1-7-2016 «Pozhezhna bezpeka ob'yektiv budivnytstva. Zahal'ni vymohy». Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva – 2017. – 35 s.

8. DSTU-N B EN 1993-1-1:2010 Yevrokod 3. Proektuvannya stalevykh konstruktsiy. Chastyna 1-1. Zahal'ni pravyla i pravyla dlya sporud (EN 1993-1-1:2005/A1:2014, IDT). [Chynnyy vid 2013-07-01.]– Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva, 2013. – 150 s – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).

9. DSTU-N B EN 1993-1-2:2010 Yevrokod 3. Proektuvannya stalevykh konstruktsiy. Chastyna 1-2. Zahal'ni polozhennya. Rozrakhunok konstruktsiy na vohnestiykist' (EN 1993-1-2:2005, IDT). [Chynnyy vid 2014-01-01.]– Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva, 2013. – 98 s – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).

10. V.M. Roitman, Engineering solutions for assessing the fire resistance of projected and reconstructed buildings (M.: Fire safety and science, 2001).



11. T. Shnal, S. Pozdieiev, O. Nuianzin, S. Sidnei, Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions (Materials Science Forum, 2020), 1006, pp. 107 – 116.

12. A. I. Berezovs'kyi «VOHNEZAKHYSNE VIBROSTIYKE EPOKSYPOLIMERNE POKRYTTYA METALEVYKH BUDIVEL'NYKH KONSTRUKTSIY» Dysertatsiya, Cherkasy, s. 178.

13. Research of integrity of fire insulation cladding with mineral wool of steel beam under fire impact // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1021(1), 012024 / Pozdieiev S., Nuianzin O., Borsuk O., Nedilko I.

14. Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions // Materials Science Forum / Taras Shnal, Serhii Pozdieiev, Oleksandr Nuianzin, Stanislav Sidnei / 2020 Volume 1006 – pr. 107 – 116.

15. Heinisuo M., Laasonen M. Product modeling, part of the fire safety concept in the future for metal structures // Advanced Research Workshop, Fire Computer Modeling, Santander. (2007). – pp. 18-20.

*Andrii Berezovskyi, Candidate of technical science, docent,*

*Ihor Maladyka, Candidate of technical science, docent,*

*Oleh Kulitsa, Candidate of technical science, docent,*

*Zaiets Ruslan,*

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes  
of National University of Civil Protection of Ukraine*

#### **METHOD OF DETERMINING THE FIRE PROTECTION CAPACITY OF A FIRE PROTECTION COATING FOR METAL STRUCTURES**

*Computational experiments using computer simulation were carried out in the work. An identical sample of a steel plate coated with a fire retardant material that swells when exposed to the heat from a fire was reproduced. Developed and built thermal mathematical models of the specified sample with the conditions of influence of the standard fire temperature regime lasting 30 min., 45 min., 60 min.*

*The results of the practical experiment and the indicators obtained as a result of the calculations are analyzed. According to the results of computer experiments, it was established that under the action of the standard temperature mode of fire lasting 30 min., 45 min., 60 min. the error compared with experimental tests was 3.5% on average. Analyzing the obtained results, the largest error in the obtained indicators is observed during the fire during 30 minutes. and is 4.1%.*

*The operation of these models is based on the non-stationary differential equation of thermal conductivity with numerical approximation using the finite element method. According to the results of the numerical experiments, the temperature distribution on the surface of the steel plate from the side that is not heated under the influence of the standard temperature regime of the fire at different moments of time was determined.*

*Based on the results of numerical experiments, a method was developed to determine the effectiveness of the fire-resistant material that swells under the influence of fire for steel structures, which significantly simplifies such calculations and does not affect the accuracy of the obtained results.*

**Key words:** *fire protection coating, metal fire protection, steel plate, standard fire temperature regime, fire resistance assessment.*