

УДК 614.841.415

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.2.174.182>

Сергій ПОЗДЄЄВ¹, доктор технічних наук, професор, (ORCID: 0000-0002-9085-0513),

Ольга НЕКОРА¹, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
(ORCID: 0000-0002-5202-3285),

Олена БОРСУК¹, кандидат технічних наук (ORCID: 0000-0001-5759-4506),

Наталія ЗАЙКА¹ (ORCID: 0000-0002-8757-5709),

Микола СУР'ЯНИНОВ², доктор технічних наук, професор
(ORCID: 0000-0003-2592-5221)

¹Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України,

²Одеська державна академія будівництва та архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕПЛООВОГО РОЗРАХУНКУ СТАЛЕВИХ БАЛОК ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ МІНЕРАЛОВАТНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

Надійність вогнезахисних покриттів для сталевих конструкцій є важливим питанням, що базується на вивченні показників вогнестійкості, встановлених експериментальним шляхом. Однак проведення таких досліджень потребує значних затрат на самі випробувальні установки, виготовлення зразків для дослідів, оплату праці кваліфікованих спеціалістів. Сучасні можливості комп'ютерного математичного моделювання багатьох процесів створили можливості на основі показників невеликих експериментальних дослідів змодельовати процеси поведінки сталевих конструкцій з вогнезахисним мінераловатним покриттям в умовах стандартного температурного режиму пожежі. Однак для встановлення достовірності отриманих даних при експериментальних дослідях та отриманих даних за допомогою математичного моделювання необхідно провести перевірку достовірності та прийнятності отриманих даних і їх адекватність до процесів, що характерні для дійсної поведінки таких конструкцій в умовах пожежі. Для досягнення поставленої мети здійснено визначення одного з основних параметрів – коефіцієнта теплопровідності та виконано перевірку показників щодо цього параметру за даними експерименту та математичного моделювання. Перевірку здійснено за ДСТУ Б.В.1.1.7 – 17:2007 та шляхом встановлення статистичних критеріїв Стьюдента, Кохрена та Фішера.

Ключові слова: вогнезахисне облицювання, критерії адекватності, коефіцієнт теплопровідності, статистичні критерії.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Математичний підхід для проведення досліджень теплопровідності, збереження цілісності та визначення поведінки конструкцій з вогнезахисним облицюванням застосовується у багатьох наукових роботах, адже дозволяє зменшити витрати, час для підготовки та проведення багатосерійного дослідного експерименту.

Постановка проблеми.

Забезпечення пожежної безпеки є актуальним питанням для вивчення та досліджень багатьох науковців. Забезпечення пожежної безпеки реалізується шляхом відповідності будівель і споруд вимогам нормативних актів починаючи з періоду проектування та в процесі експлуатації. Виконання вимог на відповідність ступеню вогнестійкості забезпечує мінімальний нормований час стійкості конструкцій, що дозволяє провести безпечну евакуацію людей з приміщень, охоплених пожежею та

виконання дій за призначенням пожежно-рятувальними підрозділами при ліквідації таких надзвичайних ситуацій [1].

Визначення ступеня вогнестійкості будівель здійснюється шляхом встановлення відповідних ступенів основних будівельних конструкцій для забезпечення ними трьох основних критеріїв: несучу здатність, цілісність та теплоізоляційну спроможність [2].

Через велику різноманітність будівельних конструкцій багато вчених працюють над розробкою нових способів підвищення показників вогнестійкості при дії високих температурних впливів та вдосконалення уже існуючих методів. Особливе значення для дослідження поведінки сталевих конструкцій з вогнезахисними покриттями мають наукові роботи: Белікова А. С., Фоміна С. Л., Круковського П. Г., Демчини Б. Г., Ватулі Г. Л., Поздєєва С. В., Нижника В. В., Шналя Т. М., Нуяззіна О. М., Пазена О. Ю., Bartelemi V., White R. У роботах цих науковців особливу увагу приділено різним видам вогнезахисту будівельних конструкцій та вивченню зміни показників теплопровідності при дії високих теплових впливів, аналізу підвищення показників вогнезахисту і доведення ефективності застосування таких методів вогнезахисту, їх особливостей поведінки при тепловій дії.

Вивчення показників вогнестійкості передбачено проводити відповідно [3-4], що передбачає виконання експериментальних дослідів. Однак виконання таких дослідів для сталевих конструкцій з вогнезахисним мінераловатним облицюванням є вартісним та потребує багаторазового повторення для різних товщин вогнезахисного облицювання. Для вирішення зменшення вартості експериментально-дослідної частини прийнято використовувати методи математичного моделювання теплопровідності облицювання та теплового впливу високих температур на сталеву конструкцію.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Математичний підхід для виконання досліджень теплопровідності, збереження цілісності та визначення поведінки конструкцій з вогнезахисним облицюванням застосовується у багатьох наукових роботах, адже дозволяє зменшити витрати, час для підготовки та проведення багатосерійного дослідного експерименту. Для його застосування використовують частину експериментальних даних, за якими виконують математичний опис – проектування процесу з врахуванням умов: від температурного режиму до умов і можливих варіантів поведінки як вогнезахисного облицювання, так самої конструкції, збереження їх цілісності, вплив теплових потоків на конструкцію аж до настання критичних станів.

Однак широкі можливості математичного методу обрахунку потребують перевірки допустимих похибок відповідно до результатів натуральних експериментів із математичними розрахунками. Для вирішення поставленої задачі використовують критерії адекватності. Згідно [5], що є одним з нормативних актів, що регламентує виконання оцінювання адекватності (прийнятності) даних, здійснюють перевірку коефіцієнта теплопровідності для вогнезахисних конструкцій для сталевих конструкцій.

Також у багатьох наукових роботах для перевірки застосовують і інші критерії адекватності результатів. Так у [6] для визначення похибки та перевірки результатів досліджень застосовано критерій Фішера, відповідно до якого розбіжність у 3 % вказувала на адекватність виконаного дослідження.

У [7] адекватність експериментальних даних було підтверджено порівнянням отриманих результатів за критеріями Фішера, Стюдента і Кохрена, за якими відносне відхилення склало менше 8 %, а розраховані показники критеріїв адекватності є нижчими за критичне значення.

У роботі [8] автора Шналя Т. М. дослідження адекватності відбувалися шляхом встановлення статистичних критеріїв Стюдента та Кохрена.

У роботі [9], при обробці результатів експерименту обчислення оцінок коефіцієнтів регресії, перевірку значущості, оцінку відтворюваності експериментів і

встановлення адекватності отриманих рівнянь регресії виконували за статистичними критеріями Кохрена, Стьюдента і Фішера (при довірчій ймовірності 95 %). Відповідність результатів адекватності дозволило вподальшому побудувати квадратичні моделі, що описують вплив співвідношення компонентів на кратність спучення вогнезахисних покриттів.

Враховуючи описаний у [6-9, 10-12] принцип застосування критеріїв адекватності можна визначити їх важливість для подальшого проведення науково-дослідних робіт. Оскільки невідповідність результатів після експериментального етапу критеріям адекватності вказує, що подальше математичне моделювання призведе до недостовірних показників. А найбільш поширеними критеріями перевірки є коефіцієнти кореляції та детермінації, t-критерія Стьюдента, F-критерія Фішера, критерії Кохрена та ін.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Аналіз нормативних документів [1-5, 13], роботи вчених [6-11] вказав на доцільність вивчення показників, що впливають на вогнестійкості сталеві балки з вогнезахисним покриттям із мінеральної вати. Зважаючи на вищевикладене поставлено завдання перевірити результати показників теплопровідності, отриманих методом натуральних випробувань та комп'ютерного моделювання.

Постановка мети. Метою цієї роботи є перевірка отриманих результатів вогневих випробувань сталевих балок із вогнезахистом на основі мінераловатного облицювання та отриманим методом математичного моделювання показників на їх відповідність та допустимість відхилень, що досягається шляхом застосування критеріїв адекватності та вказує на подальшу достовірність згенерованих математичних умов для отримання показників методом комп'ютерного моделювання натомість застосування дороговартісних натуральних вогневих випробувань.

Для досягнення поставленої мети використовується показник коефіцієнта теплопровідності, показником якого враховується коефіцієнт перерізу для сталевих конструкцій, ізолюваних вогнезахисним матеріалом, товщина вогнезахисного матеріалу та зміна температури. Відповідно за показниками коефіцієнта теплопровідності необхідно здійснити перевірку та врахувати відсоток відхилення показників цього параметру, отриманого методом випробувань та математичного моделювання.

Основним параметром, що приймався для дослідження та встановлення ефективності вогнезахисного облицювання сталевих балок став коефіцієнт теплопровідності [14-15], що обрахований за (1)

$$\Delta\theta_{a,\tau} = \frac{\lambda_p A_p}{V d_p c_a \rho_a} \cdot \frac{(\theta_{g,\tau} - \theta_{a,\tau})}{(1 + \phi/3)} \cdot \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \cdot \Delta\theta_{g,\tau} \quad (1)$$

$(\theta_{a,\tau} \geq 0 \text{ при } \theta_{g,\tau} > 0),$

де $\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} \cdot d_p A_p / V,$

A_p / V – коефіцієнт перерізу для сталевих конструкцій, ізолюваних вогнезахисним матеріалом;

c_a – питома теплоємність сталі, що залежить від температури (Дж/(кг·°C));

c_p – питома теплоємність матеріалу, що не залежить від температури (Дж/(кг · К));

d_p – товщина вогнезахисного матеріалу (м);

$\Delta t \leq 30$ – інтервал (проміжок) часу (с), для обчислення за значення Δt більше як 30 с приймають значення рівне 30 с;

$\theta_{a,\tau}$ – температура сталі в момент часу τ (°C);

$\theta_{g,\tau}$ – температура навколишнього газу в момент часу τ (°C);
 $\Delta\theta_{g,\tau}$ – збільшення температури навколишнього газу за проміжок часу $\Delta\tau$ (°C);
 $\lambda_p = 0,2$ – коефіцієнт теплопровідності вогнезахисної системи (Вт/(м·°C));
 $\rho_a = 7850$ – густина сталі (кг/м³);
 $\rho_p = 1355$ – густина вогнезахисного матеріалу (кг/м³).

При розрахунках за (1) встановлено залежність коефіцієнта теплопровідності мінеральної вати від температури, що подано у вигляді числової послідовності у табл. 1. Для досліджень в якості вогнезахисного покриття застосовано мінеральну вату з об'ємною питомою теплоємністю 1000 Дж/кг °C та густиною 200 кг/м³.

Дані таблиці 1 щодо теплофізичних характеристик вогнезахисного мінераловатного облицювання, які отримані за результатами вогневих випробувань фрагментів сталевих двотаврів, взято за основу математичного розрахунку температурних режимів прогрівання фрагментів, що зазнають випробувань.

Таблиця 1. Теплофізичні характеристики коефіцієнта теплопровідності фрагменту сталевих двотаврів з мінераловатним вогнезахисним облицюванням

Коефіцієнт теплопровідності	
$\theta, ^\circ\text{C}$	$\lambda(\theta), \text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$
20	0,11
50	0,11
100	0,071
150	0,077
200	0,1
250	0,111
300	0,123
350	0,141
450	0,158
500	0,18
550	0,195
600	0,209
650	0,228
700	0,242
750	0,258
800	0,393
850	0,257
900	0,259
950	0,363
1000	0,45
1050	0,509

За результатами отриманих розрахунків побудовано графіки температурних режимів прогрівання фрагментів сталевих елементів з порівнянням результатів експериментального та розрахункового методів. Побудовані графіки температурних режимів, що представлено на рис. 1.

На графіках рис. 1 представлено невелику розбіжність залежностей експериментальних і розрахункових даних, що отримані для коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного мінераловатного облицювання за узагальненою температурною залежністю.

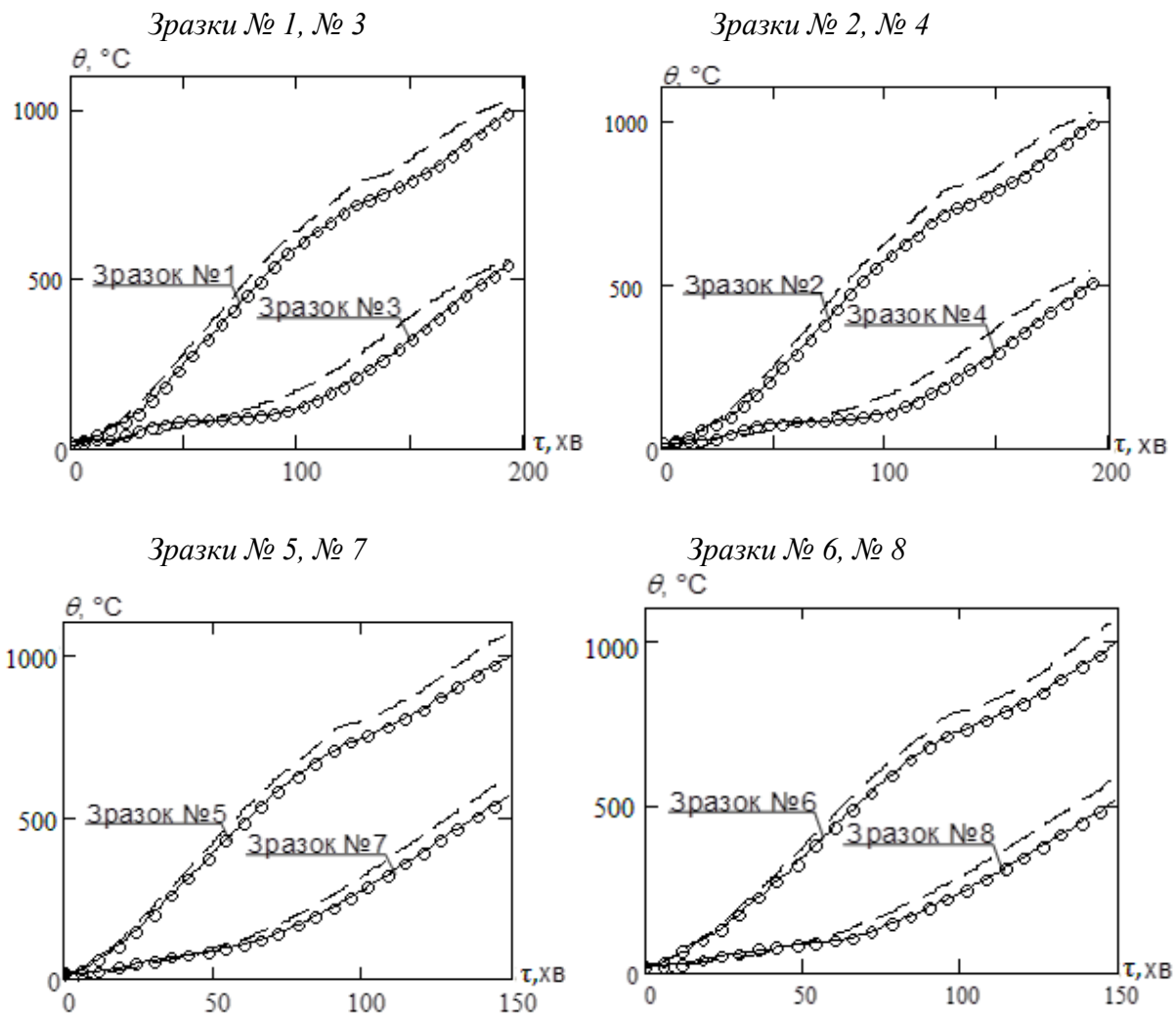


Рисунок 1. Залежності температурних режимів прогрівання фрагментів сталевих двотаврів із вогнезахисним мінераловатним облицюванням залежностей: $\bigcirc\text{---}\bigcirc\text{---}\bigcirc$ – за експериментальними даними; --- – за розрахунковими даними

Для можливості застосування методу математичного моделювання необхідно встановити відсоток відхилення показників між експериментальними і розрахунковими даними. Оцінку адекватності (прийнятності) отриманих даних за коефіцієнтом теплопровідності виконують згідно з п. 12.6.1 ДСТУ Б. В.1.1.7 – 17: 2007 [5] і передбачають розрахунок критеріїв адекватності. Розбіжності температурних показників нагрівання фрагменту сталевого двотавра з вогнезахистом із мінеральної вати між дослідними і розрахунковими даними за умов стандартного температурного режиму пожежі подано у табл. 2. У випадках невідповідності критеріям адекватності (прийнятності) в умови розрахунку введено коефіцієнт безпеки. Введення безпекового коефіцієнта передбачає збільшення на величину коефіцієнта отриманих температур та забезпечення необхідних критеріїв. Отримані коефіцієнти безпеки застосовані для визначення товщини вогнезахисного покриття та гарантування необхідного класу вогнестійкості цього вогнезахисного покриття.

Дані у табл. 2 представлені з врахуванням коефіцієнта безпеки K , що складає 1,05. Дані отримані шляхом збільшення на 1,05 показників температури, що розраховані за (1). Відповідно до п. 12.6.1 [5] це є допустимим, а показники критеріїв адекватності (прийнятності) відповідають вимогам і мають показники у межах норми.

Таблиця 2. Критерії адекватності отриманих значень коефіцієнта теплопровідності

№ зраз.	Розбіжність досягнення значення нормативного ряду температур, %								Середня розбіжність, %	Частка додаткових значень розкиду, %
	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C	650 °C	700 °C	750 °C		
1	-8,621	-5,882	-3,846	-2,273	-1,02	-0,926	0,862	0	-2,713	12,5
2	-10	-7,317	-7,447	-5,769	-6,897	-7,813	-5,224	-5,479	-6,993	0
3	-25	-25	-22,222	-21,667	-23,529	-21,622	-22,619	-15,957	-22,202	0
4	-8,974	-7,609	-6,731	-6,034	-5,469	-4,348	-3,378	-0,633	-5,397	0
5	-17,391	-11,538	-11,667	-10,606	-9,722	-10	-6,977	0	-9,738	0
6	-12,791	-8,824	-6,897	-3,906	-3,521	-1,948	0	0,568	-4,665	0
7	-6,25	-3,571	0	-1,429	-2,564	0	-1,064	6	-1,11	12,5
8	0	-13,043	-8,974	-5,294	-3,226	-0,5	0,463	0	-3,822	12,5

Для перевірки достовірності розрахунку температури та адекватності (прийнятності) результатів визначених параметрів теплового впливу стандартного режиму пожежі на фрагменти сталевих двотаврів із вогнезахисним мінераловатним облицюванням використовують статистичні характеристики (середнє абсолютне відхилення, середнє відносне відхилення, середньоквадратичне відхилення) отриманих розрахункових показників порівняно з експериментальними значеннями. Відповідні показники відхилень для порівнюваних термопар встановлених на зразках розраховані та подані в табл. 3 [15].

Таблиця 3 – Показники відхилень для порівнюваних термопар встановлених на зразках

№ зразка	Абсолютні відхилення, °C	Відносні відхилення, %	Середньоквадратичні відхилення, °C
1	44,6	13,2	16,7
2	32,8	11,4	9,8
3	26,3	9,9	6,3
4	42,8	14,2	15,4
5	16,4	5,9	4,9
6	22,1	8,9	8,6
7	41,6	12,6	15,1
8	24,4	9,4	8,3
Середні значення	31,4	10,7	10,6

Представлені в табл. 3. дані показників відхилень експериментальних даних свідчать про те, що отримані похибки при порівнянні розрахункових та експериментальних показників температур у зразках-фрагментах сталевих двотаврів із вогнезахисним мінераловатним облицюванням, істотного впливу на точність обчислення температури не має, оскільки показник відносної похибки не перевищує 10,7 %, а значення середньоквадратичного відхилення температури не перевищує 10,6 °C. З огляду на те, що для стандартного температурного режиму пожежі при початкових етапах розвитку пожежі характерне різке зростання температури, тому відхилення близько 10 °C є дуже незначним. Це означає, що залежність коефіцієнта теплопровідності, за аналізом статистичних показників розрахункових температурних значень, може бути використана для прогнозування нагрівання сталевих конструкцій із вогнезахисним облицюванням із мінеральної вати.

Для остаточної перевірки достовірності отриманих результатів середньоквадратичного показника відхилення виконано розрахунок показників щодо статистичних критеріїв температурних даних досліджуваних зразків представлено в таблиці 4.

Таблиця 4. Статистичні критерії показників температури зразків, що були піддані випробуванню

№ зразка	Критерій Кохрена	Критерій Стьюдента	Критерій Фішера
1	0,465	0,633	0,846
2	0,446	0,660	0,861
3	0,615	0,748	0,945
4	0,623	0,765	0,984
5	0,794	0,816	1,008
6	0,746	0,881	1,004
7	0,581	0,645	0,901
8	0,622	0,687	0,904

Згідно з табл. 4, показники статистичних критеріїв Кохрена, Стьюдента й Фішера, що характеризують розкид меж відхилень температур у досліджуваних зразках, табличних значень не перевищують [14].

Отже, отримана залежність для коефіцієнта теплопровідності для сталевих двотаврів з вогнезахисним мінераловатним облицюванням може бути використана як загальна обрахункова для прогнозування нагрівання таких конструкцій, оскільки показник відносної похибки не перевищує 10,7 %, а значення середньоквадратичного відхилення – 10,6 °С.

Статистичні критерії Кохрена, Стьюдента та Фішера для результатів розрахунку температури у сталевих конструкціях із вогнезахисним облицюванням із мінеральної вати між експериментальними та розрахунковими даними мають величини 0,8, 0,9 та 1,008, що не перевищує табличні значення. Звірка результатів коефіцієнта теплопровідності отриманих експериментальним та розрахунковим методом показала, що відхилення є в межах допустимого значення, а результати отримані при математичному моделюванні процесу є адекватними (прийнятними).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764.
2. ДБН В. 1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва».
3. ДСТУ Б. В. 1.1-4-98* Будівельні конструкції. Розрахунок конструкції на вогнестійкість.
4. ДСТУ Б.В. 1.1.-13:2007 Балки. Метод випробування на вогнестійкість.
5. ДСТУ Б. В. 1.1.7 – 17: 2007 Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ).
6. Перегін, А., Нуянзін, О., Кришталь, Д., Кришталь, М. (2022). Аналіз результатів прогрівання малогабаритного фрагмента залізобетонної стіни під час експериментальних досліджень. *Цивільна безпека: Державне управління та кризовий менеджмент*, (1), 19-36. <https://doi.org/10.33269/sbcs.2022.1.19-36>.
7. Нуянзін О. М. Дослідження теплового впливу пожежі на залізобетонну балку за результатами експериментальних випробувань Том 6 № 1 (2022): Збірник наукових праць ЧПБ імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація».

8. Шналь Т.М. Розвиток наукових основ розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу параметричних температурних режимів пожеж. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека. Національний університет «Львівська політехніка», 2019.

9. Метод конечных элементов в механике твердых тел. [Сахаров А. С., Кислоокый В. М., Киричевский В. В. и др.]; под. ред. А. С. Сахарова, И. А. Альтенбаха. Київ: Вища школа, 1982. 480 с.

10. S.Pozdieiev, O.Nuianzin, O.Borsuk, O. Binetska, A.Shvydenko, B.Alimov Temperature Effect on the Thermal-Physical Properties of Fire-Protective Mineral Wool Cladding of Steel Structures Under the Conditions of Fire Resistance Tests. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. 4/12 (106) P. 39 – 45.

11. Поздеев С. В., Нуянзин О. М., Сідней С. О., Новгородченко А. Ю., Борсук О. В. Дослідження нагрівання сталевих двотаврових стержнів із мінераловатним вогнезахисним облицюванням в умовах стандартного температурного режиму пожежі. Геотехнічна механіка. 2020. № 152. С. 116 – 126.

12. Шналь Т. М. Вогнестійкість та вогнезахист металевих конструкцій: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 176 с.

13. EAD 350142-00-1106 Fire protective board, slab and mat products and kits.

14. Model Code on Fire Engineering. ed. ECCS, 2011.

15. Розрахункова оцінка вогнестійкості вогнезахисених сталевих балок: монографія / О. В. Борсук, С. В. Поздеев, О. М. Нуянзин, О. В. Некора, В. М. Гвоздь, О. М. Тищенко, Н. П. Заїка – Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобілля НУЦЗ України, 2022. – 119 с.

REFERENCES

1. Tekhnichniy rehlament budivelnykh vyrobiv, budivel i sporud, zatverdzhenyi Postanovoiu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20 hrudnia 2006 r. № 1764.

2. DBN V. 1.1-7-2016 Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva».

3. DSTU B. V. 1.1-4-98* Budivelni konstruktsii. Rozrakhunok konstruktsii na vohnestiikist.

4. DSTU B.V. 1.1.-13:2007 Balky. Metod vyprobuvannia na vohnestiikist.

5. DSTU B. V. 1.1.7 – 17: 2007 Zakhyst vid pozhezhi. Vohnezakhysni pokryttia dlia budivelnykh nesuchykh metalevykh konstruktsii. Metod vyznachennia vohnezakhysnoi zdatnosti (ENV 13381-4:2002, NEQ).

6. Perehin, A., Nuianzin, O., Kryshstal, D., Kryshstal, M. (2022). Analiz rezultativ prohrivannia malohabarytnoho frahmenta zalizobetonnoi stiny pid chas eksperymentalnykh doslidzhen. Tsyvilna bezpeka: Derzhavne upravlinnia ta kryzovi menedzhment, (1), 19-36. <https://doi.org/10.33269/sbcs.2022.1.19-36>.

7. Nuianzin O. M. Doslidzhennia teplovoho vplyvu pozhezhi na zalizobetonnu balku za rezultatamy eksperymentalnykh vyprobuvan Tom 6 № 1 (2022): Zbirnyk naukovykh prats Cherkaskoho instytutu pozhezhoi bezpeky imeni Heroiv Chornobylia Natsionalnoho universytetu tsyvilnoho zakhystu Ukrainy «Nadzvychni situatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia».

8. Shnal T.M. Rozvytok naukovykh osnov rozrakhunkovoi otsinky vohnestiikosti budivelnykh konstruktsii za umov vplyvu parametrychnykh temperaturnykh rezhymiv pozhezhi. - Kvalifikatsiina naukova pratsia na pravakh rukopysu. Dysertatsiia na zdobuttia naukovo stupenia doktora tekhnichnykh nauk za spetsialnistiu 21.06.02 – pozhezhna bezpeka. Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnik», 2019.

9. Metod konechnykh elementov v mekhanike tverdyykh tel. [Sakharov A. S., Kyslookyi V. M., Kyrychevskiy V. V. y dr.]; pod. red. A. S. Sakharova, Y. A. Altenbakha. Kyiv: Vyshcha shkola, 1982. 480 s.

10. S.Pozdieiev, O.Nuianzin, O.Borsuk, O. Binetska, A.Shvydenko, B.Alimov Temperature Effect on the Thermal-Physical Properties of Fire-Protective Mineral Wool Cladding of Steel Structures Under the Conditions of Fire Resistance Tests. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. 4/12 (106) P. 39 – 45.
11. Pozdieiev S. V., Nuianzin O. M., Sidnei S. O., Novhorodchenko A. Yu., Borsuk O. V. Doslidzhennia nahrivannia stalevykh dvotavrovykh sterzhniv iz mineralovatnym vohnezakhysnym oblytsiuvanniam v umovakh standartnoho temperaturnoho rezhymu pozhezhi. Heotekhnichna mekhanika. 2020. № 152. S. 116 – 126.
12. Shnal T. M. Vohnestiikist ta vohnezakhyst metalevykh konstruktssii: navch. posibnyk. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky, 2010. 176 s.
13. AD 350142-00-1106 Fire protective board, slab and mat products and kits.
14. Model Code on Fire Engineering. ed. ECCS, 2011.
15. Rozrakhunkova otsinka vohnestiikosti vohnezakhyschenykh stalevykh balok: monohrafiia / O. V. Borsuk, S. V. Pozdieiev, O. M. Nuianzin, O. V. Nekora, V. M. Hvoz, O. M. Tyshchenko, N. P. Zaika – Cherkasy: Cherkaskyi instytut pozhezhnoi bezpeky imeni Heroiv Chornobylia NUTsZ Ukrainy, 2022. – 119 s.

UDC 614.814.415

Serhii POZDIEIEV¹, Doctor of Technical Science, professor (ORCID:0000-0002-9085-0513),

*Olha NEKORA¹, PhD in technical sciences, Senior Research Officer
(ORCID: 0000-0002-5202-3285),*

Olena BORSUK¹, PhD in technical sciences (ORCID: 0000-0001-5759-4506),

Nataliia ZAIKA¹ (ORCID: 0000-0002-8757-5709),

Mykola SURIANINOV², Doctor of Technical Science, professor (0000-0003-2592-5221),

*¹Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Protection of Ukraine,*

²Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

INVESTIGATION OF THE RELIABILITY OF THE RESULTS OF THERMAL CALCULATION OF STEEL BEAMS WITH FIREPROOF MINERAL WALL COATING IN CONDITIONS OF FIRE

The reliability of fire-resistant coatings for steel structures is an important issue based on the study of fire resistance indicators established experimentally. However, conducting such research requires significant costs for the test facilities themselves, the production of samples for experiments, and the payment of qualified specialists. The modern capabilities of computer mathematical modeling of many processes have created opportunities based on the indicators of small experimental experiments to simulate the behavior processes of steel structures with fire-resistant mineral wool coating under the conditions of a standard fire temperature regime. However, in order to establish the reliability of the data obtained during experiments and the data obtained using mathematical modeling, it is necessary to check the reliability and acceptability of the obtained data and their adequacy to the processes characteristic of the actual behavior of such structures in fire conditions. In order to achieve the goal, one of the main parameters - the thermal conductivity coefficient - was determined, and the indicators of this parameter were checked based on the data of the experiment and mathematical modeling. The verification was carried out according to DSTU B.V.1.1.7 – 17:2007 and by establishing the statistical criteria of Student, Cochran and Fisher.

Keywords: *fire-resistant coating, adequacy criteria, thermal conductivity coefficient, statistical criteria*