УДК 669.046/.049:622.822 DOI: https://doi.org/10.15407/geotm2020.152.116

ДОСЛІДЖЕННЯ НАГРІВАННЯ СТАЛЕВИХ ДВОТАВРОВИХ СТЕРЖНІВ ІЗ МІНЕРАЛОВАТНИМ ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ В УМОВАХ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ

[1]Поздєєв С. В., [1]Нуянзін О. М., [1]Сідней С. О., [1]Новгородченко А. Ю., [1]Борсук О. В.

[1]Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА СТАЛЬНЫХ ДВУТАВРОВЫХ СТЕРЖНЕЙ С МИНЕРАЛОВАТНОЙ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБЛИЦОВКОЙ В УСЛОВИЯХ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЖАРА

[1]Поздеев С.В., [1]Нуянзин О.М., [1]Сидней С.О., [1]Новгородченко А.Ю., [1]Борсук Е.В.

[1]Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины

RESEARCH HEATING OF THE STEEL I-BEAM RODS WITH MINERAL WOOL COATING UNDER THE CONDITIONS OF STANDARD TEMPERATURE FIRE REGIME

[1]Pozdieiev S. V., [1]Nuianzin O. M., [1]Sidnei S. O., [1]Novhorodchenko A. Y., [1]Borsuk O. V.

[1]Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine

Анотація. У даній статті проведено аналіз експериментальних вогневих випробувань для встановлення межі вогнестійкості сталевих колон з вогнезахисним облицюванням мінераловатним покриттям. Наукова новизна даного дослідження полягає у розробці методики виготовлення і формування зразків сталевих колон з вогнезахисним облицюванням мінераловатним покриттям, у розробці методики проведення вогневих випробувань для встановлення закономірності залежності часу настання граничного стану втрати несучої здатності сталевими колонами з вогнезахисним облицюванням. Предметом дослідження є вплив конструктивних параметрів вогнезахисного облицювання на результати розрахункової оцінки вогнестійкості сталевих колон в умовах впливу стандартного температурного режиму пожежі. Головним завданням досліджень, що відображені у даній статті, було виявлення часу досягнення критичної температури у вогнезахищеній сталевій конструкції у залежності від товщини облицювання мінераловатним покриттям. В статті також відображені результати випробувань зразків сталевих колон з різною товщиною вогнезахисного облицювання на основі мінераловатного покриття, які були проведені відповідно розробленої методики експериментальних досліджень. Виявлені закономірності показників часу по втраті несучої здатності випробовуваних зразків сталевих колон з вогнезахисним облицюванням у залежності від часу експонування зразків за умов впливу стандартного температурного режиму пожежі. Отримані результати дослідження дозволять створити математичну модель для прогнозування залежності часу досягнення критичної температури сталевою конструкцією залежно від товщини вогнезахисного облицювання. Побудовану математичну модель можна розглядати як наукове підґрунтя для створення нових інженерних методів розрахунку для оцінки вогнестійкості сталевих конструкцій з вогнезахисним облицюванням мінераловатним покриттям. Такі інженерно-розрахункові методики дозволяють удосконалити нормативну базу щодо проектування вогнестійких сталевих конструкцій.

Ключові слова: сталеві колони, вогнезахисне облицювання, мінераловатне покриття, стандартний температурний режим, математична модель.

Вступ. З розвитком сучасних технологій будівництва останнім часом широкого поширення зазнало застосування удосконалених сталевих конструкцій, проте, зважаючи на швидку втрату несучої здатності таких конструкцій, залишається актуальним гарантування їх нормованої вогнестійкості, як складової комплексного забезпечення пожежної безпеки даних об’єктів будівництва.

© С.В. Поздєєв, О.М. Нуянзін, С.О. Сідней, А.Ю. Новгородченко, О.В. Борсук, 2020

Ефективним засобом забезпечення проектної вогнестійкості сталевих конструкцій залишається застосування вогнезахисного облицювання.

Перспективним матеріалом для вогнезахисного облицювання є мінераловатні плити. Оскільки їх використання надає переваги при виконанні монтажних робіт, їх вартості, а також можливості підвищувати вогнестійкість без демонтажу основних конструкцій.

За даними досліджень, наведених у роботах [1–3], розглянуті питання нормування вогнестійкості будівельних конструкцій, створення методів математичного моделювання, а також удосконалення розрахункових методик стосовно вогнестійкості даних конструкцій. Проте в даних роботах недостатньо приділено уваги прогнозуванню поведінки сталевих колон з вогнезахисним облицюванням з мінераловатним покриттям в умовах дії високих температур та навантаження, оскільки не враховуються особливості зміни геометричних параметрів зони обвуглювання. З огляду на це, дослідження з питань вогнестійкості сталевих колон з вогнезахисним облицюванням з мінераловатним покриттям залишаються актуальними.

Метою даної роботи було вивчення закономірностей прогрівання зразків сталевих колон з вогнезахисним облицюванням з мінераловатним покриттям в залежності від часу експонування за умов впливу стандартного температурного режиму, як наукового підґрунтя прогнозування їх вогнестійкості та розрахункової оцінки.

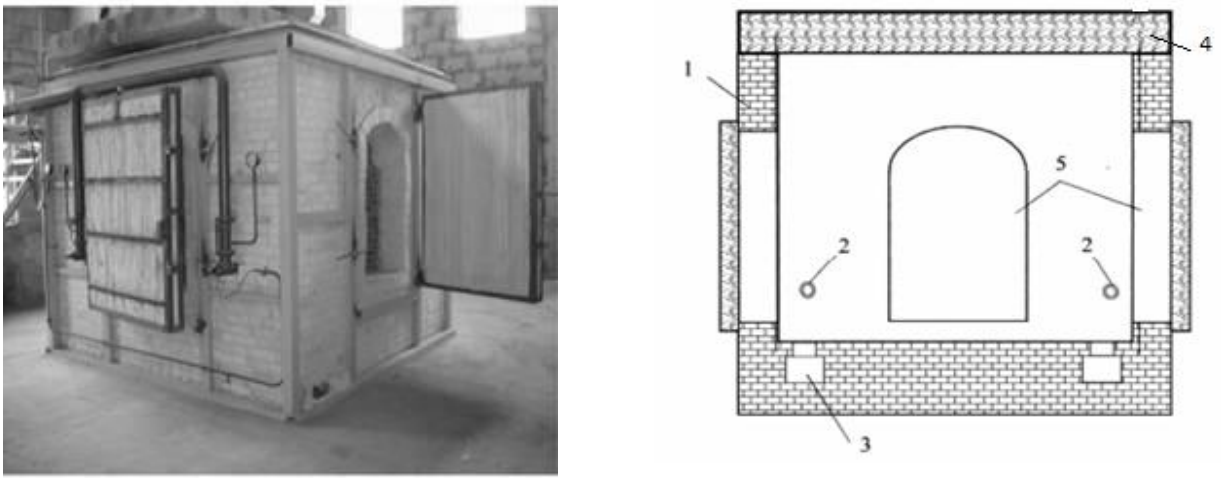
Для досягнення даної мети було поставлено такі задачі дослідження:

пальників та через нагрівний канал створює вогневу дію з нагнітанням температури всередині камери печі а) розробити методику вогневих експериментальних випробувань сталевих колон з вогнезахисним облицюванням з мінераловатним покриттям в умовах впливу дії високих температур;

б) провести дослідження поведінки зразків сталевих колон з вогнезахистом під дією високих температур і вогнезахисні властивості облицювального матеріалу такого як мінераловатне покриття, відповідно стандартного температурного режиму;

в) провести інтерполяцію отриманих результатів і побудувати математичну модель залежності часу досягнення критичної температури сталевою конструкцією залежно від товщини вогнезахисного облицювання.

Методи досліджень. У даній роботі вогневі випробування і дослідження поведінки сталевих колон з вогнезахисним облицюванням проводилося у спеціальній вогневій атестованій печі. За вимогами [4] вогнева піч розміщується у приміщенні, розміри якого забезпечують максимальну зміну температурних показників повітряного простору до 10 °С порівняно з початковими значеннями. Проведення випробування допускається за температури навколишнього середовища від 5 до 40 °С і показників вологості повітря у межах від 45 до 75 %. На рис. 1. зображено систему підведення пальної суміші, що подається до форсунок.



а б

Рисунок 1 – Загальний вигляд (а) та схема вогневої печі (б): 1 – корпус печі; 2 – пальники; 3 – канали видалення продуктів згорання; 4 – кришка печі; 5 – люки із дверима.

Температуру у вогневій камері печі фіксують зварними термопарами з діаметром дроту не більше ніж 1,5 мм типу ТХА з неізольованими проводами, покритими захисним кожухом, що відповідають [5]. Високу чутливість термопар забезпечує спай, розміщений на кінці дроту, завдяки якому зміни температури передаються на вимірювально-реєструючий прилад. Встановлюємо 6 термопар через кожні 0,5 м довжини зразка (¼, ½, ¾), таким чином, щоб вимірювальний спай термопар знаходився на відстані від 90 до 110 мм від поверхні зразка та не менше ніж 200 мм – від стінок печі [1].

Методика виготовлення зразків проводилася відповідно до [5–6] для проведення випробувань сталевих колон з вогнезахисним покриттям, передбачено виконання двох однакових зразків сталевих колон з вогнезахисним покриттям однієї товщини висотою не менше 1000 мм. Враховуючи вимоги [4, 6, 7], для проведення випробувань було виготовлено 4 пари зразків сталевих колон з двотаврового перерізу профілю № 20 за ГОСТ 8239-89, зі зведеної товщини металу 3,4 мм, шириною полки 100 мм та відстанню між зовнішніми поверхнями полок 200 мм, висотою 2000 мм. Вогнезахисне облицювання виконане з мінераловатних плит «ТехноНіколь Вогнезахист металу», виготовлених за ТУ У В.2.7-26.8-35492904-004:2010 з кам'яної вати на основі гірських порід базальтової групи. Облицювання виконане у двох виглядах: із вставками у простір між полицями двотавра (№ 3, 4, 7, 8) та без вставок (№ 1, 2, 5, 6) (рис. 2.) та із різними товщинами мінераловатних плит, зазначених у табл. 1.

Теоретична та експериментальна частина. При виготовлені зразків відразу були розміщені та закріплені термопари на зразках сталевих конструкцій по центру стінок і на внутрішній поверхні полок двотаврів, що зображено на рис. 3. та відповідає [4, 6]. Для ненавантажених зразків розміщення термопар передбачено ½ висоти.

а б

Рисунок 2 – Схема перерізу зразків у відповідності до схеми вогнезахисту. а – переріз зразків № 1, 2, 5, 6; б – переріз зразків № 3, 4, 7, 8

Таблиця 1 – Параметри та товщини облицювання на зразках

Профіль	Вид	Зведена товщина δ, мм	Зведена товщина коробчаста δк, мм	Коефіцієнт перерізу коробчастий Amk/V, м-1	Густина мінвати, кг/м3	Товщина облицювання d, мм	Товщина мінвати (ном.) dв, мм	№ зразка
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	24	20	6
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	25	20	5
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	35	30	2
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	36	30	1
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	52	30+15	8
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	55	30+15	7
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	73	30+30	4
№20	Колона, 2 m	3,4	4,5	222,2	154	75	30+30	3

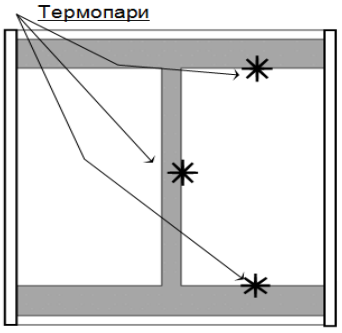


Рисунок 3 – Схема розміщення термопар на зразках сталевої колони з коробчастим перерізом

Наступним етапом після розміщення термопар стало закріплення мінераловатного облицювання до стінок колони та між плитами, що здійснювалося за допомогою клею «Ceresit» CM-17, що наносився за

допомогою шпателя шаром у 3-5 мм. Для надійності кріплення та фіксації плит між собою та на стиках використано будівельні цвяхи 3 х 75; 5,5 х 150; 6 х 200 мм з кроком скріплювання 400-500 мм.

Відповідно до [4, 6] верхній торець зразка повинен захищатися від нагрівання, що при виготовленні зразка було реалізовано шляхом встановлення теплоізоляційного ущільнення, виготовленого з мінеральної вати завтовшки 60 мм та густиною 156 кг/м^3.

Методика проведення вогневого випробування полягала у наступному. Готові до випробування зразки із облаштуванням теплоізоляцією верхньої частини колон було встановлено до камери вогневої печі. Закріплення зразків здійснювалося фіксацією нижнього краю колони за допомогою металевих кутників, що показано на рис. 4.

а б

Рисунок 4 – Вигляд зразків до початку випробувань: а) зразки колон № 1 – № 4; б) зразки колон № 5 – № 8

Відповідно до [6] випробування металевих колон з вогнезахисним облицювання дозволяється проводити без навантаження на двох однакових зразках заввишки не менше 1 м. За [6] мінімальна відстань від зразка до стінок печі та між зразками повинна складати не менше 200 мм. Розміри печі створюють умови для випробування 8 зразків колон у два етапи з одночасним установленням по 4 зразки у камеру печі. За першим етапом проведено дослідження зразків № 1 (36 мм), № 2 (35 мм), № 3 (75 мм), № 4 (73 мм), за другим – № 5 (25 мм), № 6 (24 мм), № 7 (55 мм), № 8 (52 мм), встановлення зразків здійснено за схемою, зображеною на рис. 5.

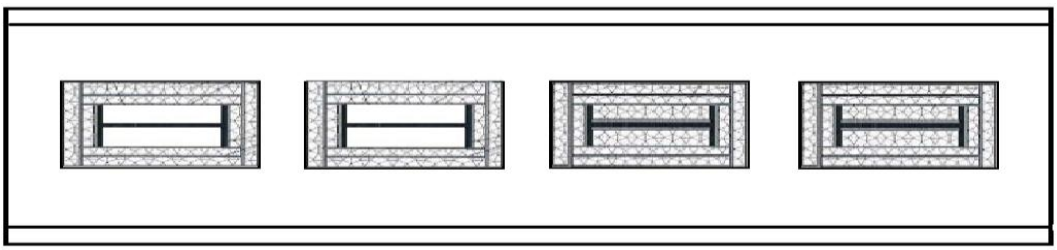


Рисунок 5 – Схема встановлення зразків колон за способом нанесення вогнезахисного облицювання (зразки № 1,2,5,6 – без вставок; зразки № 3,4,7,8 – із вставками)

Результати та їх обговорення. Відповідно розробленій методиці експериментальних досліджень було проведено вогневі випробування зразків фрагментів сталевих стержнів із стандартного двотаврового профілю, що

завершені за умови перевищення початкової температури металевої конструкції на 480°С, тобто досягнення значенням, усередненим за показниками відповідних термопар у зразках, величини 500 °С, оскільки вважається, що дане значення є середнім при якому дуже часто відбувається втрата несучої здатності у несучих сталевих конструкціях. Конструктивні характеристики зразків та час досягнення критичної температури наведено у табл. 2.

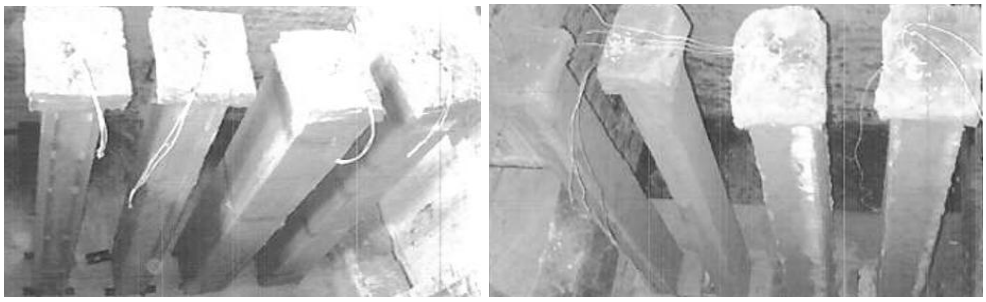
Таблиця 2 – Показники часу по втраті несучої здатності випробовуваних зразків

I тип зразків		II тип зразків	
№ зразка, (товщина облицювання, мм)	Час втрати несучої здатності, хв	№ зразка, (товщина облицювання, мм)	Час втрати несучої здатності, хв
№ 1 (36 мм)	89	№ 5 (25 мм)	68
№ 2 (35 мм)	86	№ 6 (24 мм)	63
№ 3 (75 мм)	192	№ 7 (55 мм)	147
№ 4 (73 мм)	185	№ 8 (52 мм)	138

З метою визначення впливу температури на щільність зєднання плит вогнезахисного облицювання між собою було проведено візуальний огляд поверхні зразків після випробувань. Вигляд зразків по завершення випробування зображено на рис. 6-7.

а б

Рисунок 6 – Вигляд зразків № 1 – № 4: а – до початку випробувань; б – після проведення випробувань



а б

Рисунок 7 – Вигляд зразків № 5 – № 8: а – до початку випробувань; б – після проведення випробувань

Згідно з результатами візуального огляду виявлено, що на стиках теплоізоляційних плит, з’єднаних клеєвою сумішшю та цвяхами, внаслідок дії високої температури відбулася дегідрація клеєвої суміші та з'явилися тріщини.

Це означає, що під час перебігу пожежі висока температура негативно впливає на цілісність вогнезахисного облицювання, що у свою чергу може привести до передчасного настання граничного стану втрати несучої здатності. Тож контроль зберігання цілісності вогнезахисної системи є важливим для гарантування нормальної роботи вогнезахисної системи за умови забезпечення відповідного класу вогнестійкості, на який вона розрахована.

Для попереднього аналізу закономірності залежності часу настання граничного стану втрати несучої здатності сталевими конструкціями було побудовано криву часу досягнення критичної температури 500 °С залежно від товщини вогнезахисного облицювання (див. табл. 3.).

Таблиця 3 – Час досягнення критичної температури 500 °С у вогнезахищеній сталевій конструкції у залежності від товщини облицювання

Товщина облицювання, d_p, мм	24	25	35	36	52	55	73	75
Час досягнення критичної температури, U, хв	62	67	85	87	137	146	184	191

На рис. 8. наведено побудовану криву за даними табл. 3.

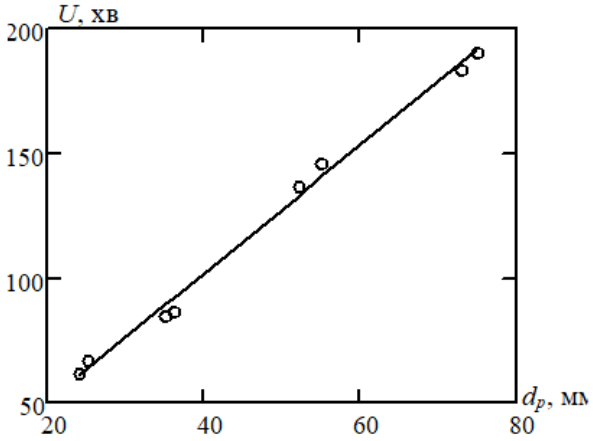


Рисунок 8 – Крива часу досягнення критичної температури 500 °С залежно від товщини вогнезахисного облицювання

Крива, наведена на рис 8, відповідає лінійній залежності, тож для опису залежності часу досягнення критичної температури може бути використана лінійна регресійна модель.

Аналіз даних табл. 3 та рис. 8 показав, що математичне описання залежності часу досягнення критичної температури у залежності від таких параметрів, як товщина вогнезахисного облицювання та значення критичної температури, може бути здійснене за допомогою лінійної регресійної моделі відповідно до виразу [6, 8]:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_1 x_2 ; \qquad (1)$$

де a_0, a_1, a_2, a_3, – коефіцієнти регресійної моделі.

Коефіцієнти регресійної моделі подано у табл. 4.

Таблиця 4 – Коефіцієнти регресії для прийнятої моделі часу досягнення критичної температури

Модель	a_0,	a_1,	a_2,	a_3,
$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2$	145.25	67.25	39.75	11.75

З використанням одержаної регресійної залежності часу досягнення критичної температури було побудовано відповідну поверхню його залежності від розглянутих, найбільш значущих, параметрів вогнезахищеного елемента сталевої конструкції, що зображена на рис. 9.

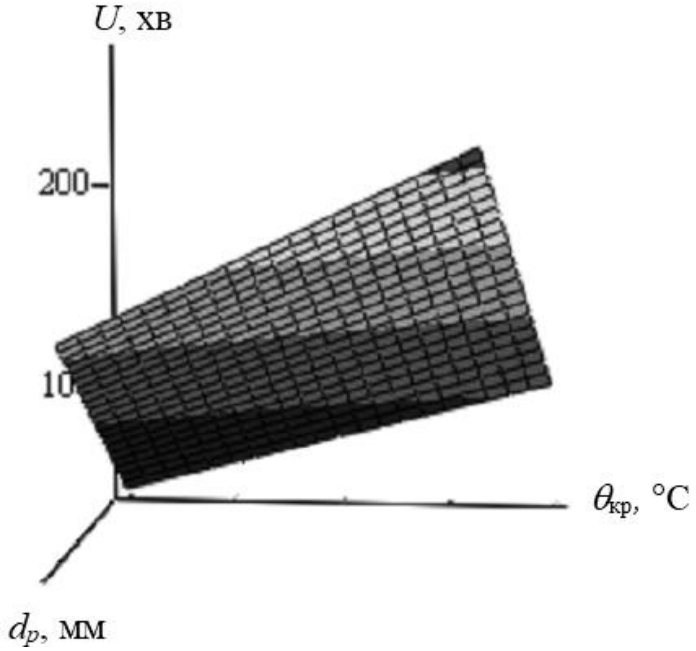


Рисунок 9 – Поверхня залежності часу досягнення критичної температури від обраних параметрів вогнезахищеного елемента сталевої конструкції

Для описання залежності часу досягнення критичної температури (U) від зазначених параметрів вогнезахищеного елемента сталевої конструкції застосовується вираз:

$$U = 33.938 + 1.397 \cdot d_p - 0.081 \cdot \theta_{кр} + 2.35 \cdot 10^{-3}\, d_p \cdot \theta_{кр}; \qquad (2)$$

де d_p – товщина облицювання, $\theta_{кр}$ – значення критичної температури.

Для більшої наочності та можливості застосування отриманих результатів для застосування номографічного методу [7] було побудовано номограму, наведену на рис. 10.

На основі створеної математичної моделі було побудовано номограми для оцінки класу вогнестійкості сталевих конструкцій з вогнезахисним мінераловатним облицюванням. Отримані дані дозволяють визначити мінімальні розміри вогнезахисного мінераловатного облицювання сталевих конструкцій для забезпечення необхідної нормованої вогнестійкості.

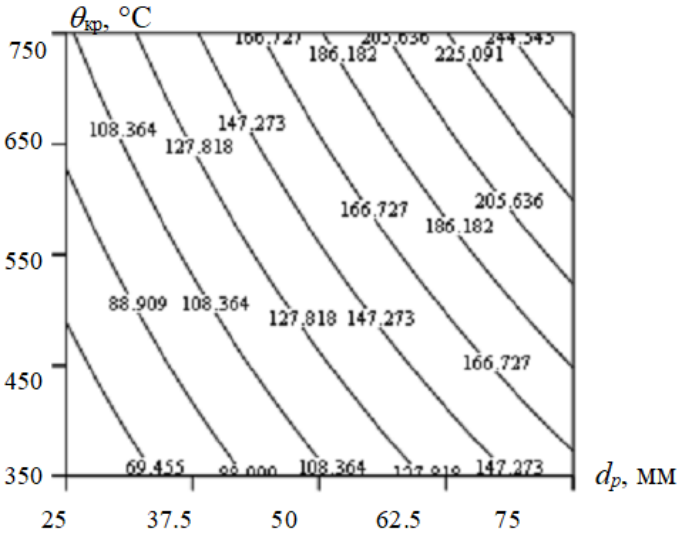


Рисунок 10 – Номограма для визначення межі вогнестійкості, що розрахована за умови досягнення критичної температури із врахуванням товщини вогнезахисного мінераловатного облицювання

Висновки. Таким чином, за результатами виконаної роботи було розроблено методику вогневих експериментальних випробувань сталевих колон, облицьованих вогнезахисним мінераловатним покриттям в умовах впливу дії високих температур, відповідно якої проведено дослідження поведінки зразків сталевих колон зі стандартним температурним режимом пожежі. Виявлено, що під час перебігу пожежі висока температура негативно впливає на цілісність вогнезахисного облицювання, що, у свою чергу, може привести до передчасного настання граничного стану втрати несучої здатності. Проте вцілому, при проведенні обстеження зовнішнього огляду випробовуваних зразків, значних руйнувань вогнезахисного облицювання не було встановлено, і цим пояснюється висока вогнезахисна здатність облицювання. Відповідно до даних розробленої математичної моделі, щодо часу досягнення критичної температури у випробовуваних зразках критична температура 500 °C найшвидше була досягнута на 63 хвилині у зразку із найтоншим вогнезахисним облицюванням 36 мм і найпізніше у зразку із найтовшим вогнезахисним облицюванням 73 мм на 192 хв. Такий стан свідчить про високу вогнезахисну здатність вогнезахисного облицювання, оскільки за відповідної товщини облицювання можна досягти забезпечення найвищого класу вогнестійкості R 180.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. . Pozdeev S., Nuianzin O., Sidnei S., Shchipets S Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations // MATEC Web of Conferences, 6th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” (Transbud-2017), 116, art. no. 02027 https://doi.org/10.1051/matecconf/201711602027

2. Pozdeev S., Nekora O., Slovynsky V. The research of bearing capacity of reinforced concrete beam with use combined experimental-computational method // MATEC Web of Conferences, 6th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” (Transbud-2017), 116, art. no. 02024 https://doi.org/10.1051/matecconf/201711602024

3. Фещук Ю.Л., Поздеев С.В., Нижник В.В., Новгородченко А. Ю. Метод интерполяции температурных полей в сечении фрагментов деревянных колонн с огнезащитной облицовкой // Вестник Кокшетауского технического института комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. 2018. № 3 (31). С.64 – 73.

4. ДСТУ Б В.1.1-4-98 Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. (ISO 834: 1975) [Чинний від 1998-10-28.] К.: Укрархбудінформ, 2005. 20 с. (Національний стандарт України).

5. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. К.: Укрархбудінформ, 2012. 77 с.

6. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 Вогнезахисні покриття для будівельних несучих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності. (ENV 13381-4:2002). [Чинний від 2007-01-01.] К.: Укрархбудінформ, 2007. 62 с. (Національний стандарт України).

7. EN 13501-1:2002 “Fire classification of construction products and building elements”. Part 1.2. European Committee for Standardization, Brussels, 2002.

8. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента. М.: 2013. 203 с.

REFERENCES

1. Pozdeev S., Nuianzin O., Sidnei S. and Shchipets S. (2017), “Computational study of bearing walls fire resistance tests efficiency using different combustion furnaces configurations”, *MATEC Web of Conferences, 6th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” (Transbud-2017)*, 116, art. no. 02027. https://doi.org/10.1051/matecconf/201711602027

2. Pozdeev S., Nekora O. and Slovynsky V. (2017), “The research of bearing capacity of reinforced concrete beam with use combined experimental-computational method”, *MATEC Web of Conferences, 6th International Scientific Conference “Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings” (Transbud-2017)*, 116, art. no. 02024. https://doi.org/10.1051/matecconf/201711602024

3. Feshchuk Yu. L., Pozdeev S. V., Nizhnik V. V. and Novgorodchenko A. Yu. (2018), “ Method of interpolation of temperature fields in the section of fragments of wooden columns with fire retardant cladding”, *Vestnik Kokshetauskogo tekhnicheskogo institute komiteta po chrezvychaynym situatsiam MVD Respubliki Kazakhstan*, no. 3 (31), pp.. 64 -73.

4. *DSTU B V.1.1-4-98 Budivelni konstruktsii. Metody vyprobuvan na vohnestiikist. Zahalni vymohy. Pozhezhna bezpeka. (ISO 834: 1975)* [DSTU B V.1.1-4-98 Building constructions. Fire resistance test methods. General requirements. Fire safety (ISO 834: 1975), Ukrarkhbudinform, Kyiv, UA.

5. *DSTU-N B EN 1993-1-2:2012 Proektuvannia stalevykh konstruktsii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruktsii na vohnestiikist* [DSTU-N B EN 1993-1-2:2012 Design of steel structures. Part 1-2. Terms. Calculation of structures for fire resistance], Ukrarkhbudinform, Kyiv, UA.

6. *DSTU B V.1.1-17:2007 Vohnezakhysni pokryttia dlia budivelnykh nesuchykh konstruktsii. Metod vyznachennia vohnezakhysnoi zdatnosti. (ENV 13381-4:2002)* [DSTU B V.1.1-17:2007 Fire-retardant coatings for building load-bearing structures. Method for determining the fire retardant ability. (ENV 13381-4:2002)], Ukrarkhbudinform, Kyiv, UA.

7. *EN 13501-1:2002 Fire classification of construction products and building elements. Part 1.2,* European Committee for Standardization, Brussels, Belgia.

8. Hicks Ch. (2013), *Osnovnye printsipy planirovaniya eksperimenta* [Fundamental Concepts In The Design of Experiments], Moscow, RU.

Про авторів

Поздєєв Сергій Валерійович, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (ЧІПБ НУЦЗ), Черкаси, Україна, svp_chipbbk@ukr.net.

Нуянзін Олександр Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, начальник відділу організації наукової діяльності Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (ЧІПБ НУЦЗ), Черкаси, Україна, nuyanzin@i.ua.

Сідней Станіслав Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри об’єктів будівництва та охорони праці Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (ЧІПБ НУЦЗ), Черкаси, Україна, sidney-1980@ukr.net.

Новгородченко Аліна Юріївна, ад’юнкт Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (ЧІПБ НУЦЗ), Черкаси, Україна, zalev2105@ukr.net.

Борсук Олена Валентинівна, старший викладач-методист факультету пожежної безпеки Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (ЧІПБ НУЦЗ), Черкаси, Україна, lenaborsuk1@gmail.com.

About the authors

Pozdieiev Serhii Valerievich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Chief Researcher of Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine. Cherkasy, Ukraine, svp_chipbbk@ukr.net.

Nuianzin Oleksandr Mikhaylovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Head of the Department of Organization of Scientific Activity of Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine, nuyanzin@i.ua.

Sidnei Stanislav Alexandrovich Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor in the Department of Construction and Occupational Safety of Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine, sidney-1980@ukr.net.

Novhorodchenko Alina Yurievna, Adjunct, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine, zalev2105@ukr.net.

Borsuk Olena Valentinovna, Master of Science, Senior lecturer-methodologist of the Faculty of Fire Safety, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkassy, Ukraine, lenaborsuk1@gmail.com

Аннотация: в данной статье проведен анализ экспериментальных огневых испытаний для установления предела огнестойкости стальных колонн с огнезащитной облицовкой минераловатным покрытием. Научная новизна данного исследования заключается в разработке методики изготовления и формирования образцов стальных колонн с огнезащитной облицовкой минераловатным покрытием, в разработке методики проведения огневых испытаний для установления закономерности зависимости времени наступления предельного состояния потери несущей способности стальными колоннами с огнезащитной облицовкой. Предметом исследования является влияние конструктивных параметров огнезащитного облицовки на результаты расчетной оценки огнестойкости стальных колонн в условиях воздействия стандартного температурного режима пожара. Главной задачей исследований, отражены в данной статье, было выявление времени достижения критической температуры в огнезащитная стальной конструкции в зависимости от толщины облицовки минераловатным покрытием. В статье также отражены результаты испытаний образцов стальных колонн с разной толщиной огнезащитного облицовки на основе минераловатного покрытия, которые были проведены в соответствии разработанной методики экспериментальных исследований. Выявлены закономерности показателей времени по потере несущей способности испытуемых образцов стальных колонн с огнезащитной облицовкой в зависимости от времени экспонирования образцов в условиях воздействия стандартного температурного режима пожара. Полученные результаты исследования позволят создать математическую модель для прогнозирования зависимости времени достижения критической температуры стальной конструкции в зависимости от толщины огнезащитного облицовки. Построенную математическую модель можно рассматривать как научную основу для создания новых инженерных методов расчета для оценки огнестойкости стальных конструкций с огнезащитным облицовкой минераловатным покрытием. Такие инженерно-расчетные методики позволяют усовершенствовать нормативную базу по проектированию огнестойких стальных конструкций.

Ключевые слова: стальные колонны, огнезащитная облицовка, минераловатные покрытие, стандартный температурный режим, математическая модель.

Annotation. In the article, experimental fire tests on establishing maximum fire resistance of the steel columns with fire-retardant mineral wool covering are analyzed. The scientific novelty of this study are the new method developed for manufacturing and shaping samples of the steel columns with fire-retardant mineral wool covering, and the method developed for conducting fire tests on establishing patterns of dependence of the moment when steel columns with the fire-retardant cladding lose their bearing capacity down to the limit. The subject of the study was an influence of design parameters of the fire-retardant cladding on the results of the estimated fire resistance of the steel columns under the influence of the standard fire temperature mode. The main task of the research described in this article was to determine a moment of the peak critical temperature of fire-retardant steel structure depending on the thickness of the mineral wool covering. The test results of samples of steel columns with different thickness of fire-retardant cladding based on mineral wool covering are also described in the article; the tests were carried out in accordance with the developed methodology of experimental studies. The repeatability of the time indicators of the bearing capacity loss by the tested samples of steel columns with fire-retardant cladding depending on the duration of the sample exposure to the action of the fire standard temperature is shown. The obtained research results will allow to create a mathematical model for predicting a dependence of the moment when a steel structure reaches its critical temperature depending on the thickness of the fire-retardant cladding. The constructed mathematical model can be considered as a scientific basis for the creation of new engineering methods of calculation for assessing fire resistance of the steel structures with fire-retardant mineral wool covering. These engineering and calculation methods allow improving the regulatory acts for designing of the fire-resistant steel structures.

Keywords: steel columns, fire-retardant cladding, mineral wool covering, standard temperature regime, mathematical model

Стаття надійшла до редакції 29.06. 2020
Рекомендовано до друку д-ром техн. наук С.П. Мінєєвим