



Geo-Technical Mechanics Collected of Scientific Papers

- Publisher, IGTM NAS of Ukraine
- About the journal
- Our editorial board
- Rules for authors
- Our authors
- Show Gallery
- News

Published Scientific Papers

- JOURNAL ARCHIVE

AuthN

Pozdieiev S. V., Nuianzin O. M., Sidnei S. O., Novhorodchenko A. Y., Borsuk O. V. Research heating of the steel i-beam rods with mineral wool coating under the conditions of standard temperature fire regime

Parent Category: [Geo-Technical Mechanics, 2020](#)
Category: [Geo-Technical Mechanics, 2020, № 152](#)

Geotech. meh. 2020, 152, 116-126

<https://doi.org/10.15407/geotm2020.152.116>

RESEARCH HEATING OF THE STEEL I-BEAM RODS WITH MINERAL WOOL COATING UNDER THE CONDITIONS OF STANDARD TEMPERATURE FIRE REGIME¹Pozdieiev S. V., ¹Nuianzin O. M., ¹Sidnei S. O., ¹Novhorodchenko A. Y., ¹Borsuk O. V.

¹*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes NUCP of Ukraine*

UDC 669.046/.049:622.822

Language: Ukrainian

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

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

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/mateconf/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/mateconf/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", *VestnikKokshetauskogotekhnicheskogoinstitutekomitetapochrezvychaynysituatsiamMVDRespublikiKazal* no. 3 (31), pp. 64 -73.
4. *DSTU B V.1.1-4-98 Budivelni konstruktssii. Metody vyprobuvan na vohnestiikist. Zahalni vymohy. Pozhezha 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 konstruktssii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruktssii 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 konstruktssii. Metod vyznachennia vohnezakhysnoi zdatnosti. (ENV 13381-4:2002)* [DSTU B V.1.1-17:2007 Fire-retardant coatings fo 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, Belgium.
8. Hicks Ch. (2013), *Osnovnye printsipy planirovaniya eksperimenta* [Fundamental Concepts In The Design of Experiments], Moscow, RU.

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 OleksandrMikhaylovich, 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, nuianzin@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 Chernobyl 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

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

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

¹Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА СТАЛЬНЫХ ДВУТАВРОВЫХ СТЕРЖНЕЙ С МИНЕРАЛОВАТНЫМ ОГНЕЗАЩИТНЫМ ОБЛИЦОВКОЙ В УСЛОВИЯХ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЖАРА

¹Поздеев С. В., ¹Нуянзин О. М., ¹Сидней С. О., ¹Новгородченко А. Ю.,

¹Борсук Е. В.¹

¹Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля НУГО Украины

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

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

¹Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes NUCP of Ukraine

Анотація. в даній статті проведений 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, в 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 вогнезахисній 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 в 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 сталеву 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.

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 були поставлені такі задачі дослідження:

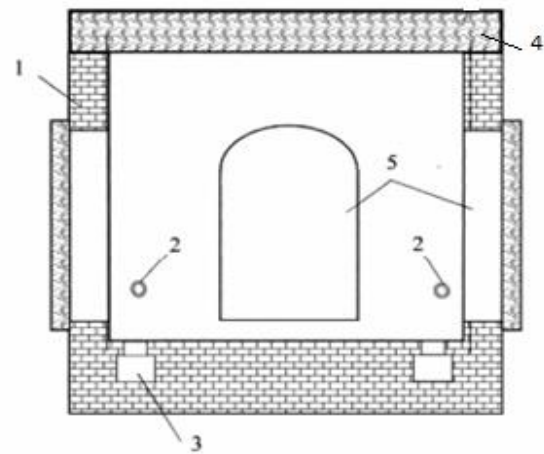
- розробити методику вогневих експериментальних випробувань сталевих колон з вогнезахисним облицюванням з мінераловатним покриттям в умовах впливу дії високих температур;
- провести дослідження поведінки зразків сталевих колон з вогнезахистом під дією високих температур і вогнезахисні властивості облицювального матеріалу такого як мінераловатне покриття, відповідно стандартного температурного режиму;
- провести інтерполяцію отриманих результатів і побудувати математичну модель залежності часу досягнення критичної температури сталеву 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 палиників та через нагрівний канал створює вогневу дію з нагнітанням температури всередині камери печі.



а



б

Рисунок 1 – Загальний вигляд (а) та схема вогневої печі (б): 1 – корпус печі; 2 – палиники; 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 неізованими проводами та покритими захисним кожухом, що відповідають [5]. Високу чутливість термопар забезпечується спаєм, що розміщений на кінці дроту завдяки якому зміни температури передаються на вимірювально-реєструючий прилад. Встановлюємо 6 термопар через кожні 0,5 м довжини зразка ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$), таким чином, щоб вимірювальний спай термопар знаходився на відстані від 90 до 110 мм від поверхні зразка та не менше ніж 200 мм – до 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, що виготовлені 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 полк 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.

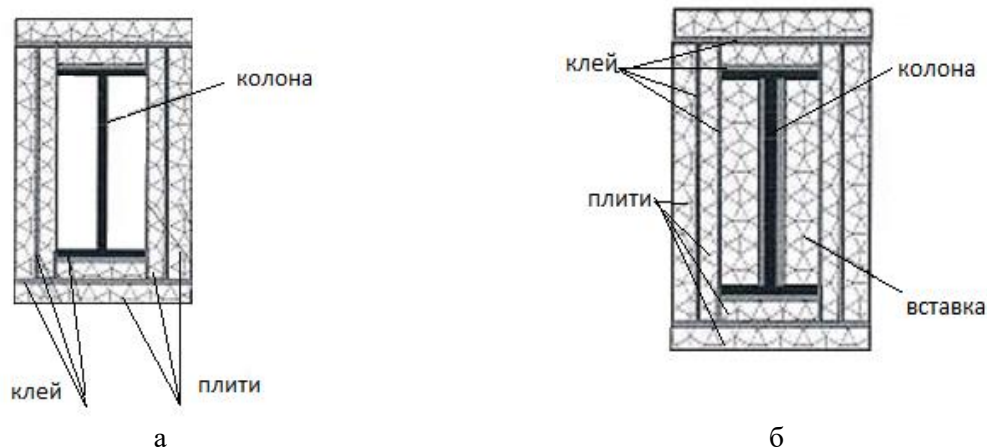


Рисунок 2 – Схема перерізу зразків у відповідності до схеми вогнезахисту. а – переріз зразків № 1, 2, 5, б; б – переріз зразків № 3, 4, 7, 8

Таблиця 1 – Параметри та товщини облицювання на зразках

Профіль	Вид	Зведена товщина δ , мм	Зведена товщина коробчаста δ_k , мм	Коефіцієнт перерізу коробчастий A_{mk}/V , м ⁻¹	Густина мінвати, кг/м ³	Товщина облицювання d , мм	Товщина мінвати (ном.) d_v , мм	№ зразка
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	24	20	6
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	25	20	5
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	35	30	2
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	36	30	1
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	52	30+15	8
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	55	30+15	7
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	73	30+30	4
№20	Колона, 2 м	3,4	4,5	222,2	154	75	30+30	3

Теоретична та експериментальна частина. При виготовленні зразків відразу були розміщені та закріплені термопари на зразках сталевих конструкцій по центру стінок і на внутрішній поверхні полок двотаврів, що зображено рис. 3. та відповідає [4, 6]. Для ненавантажених зразків розміщення термопар передбачено $\frac{1}{2}$ висоти.

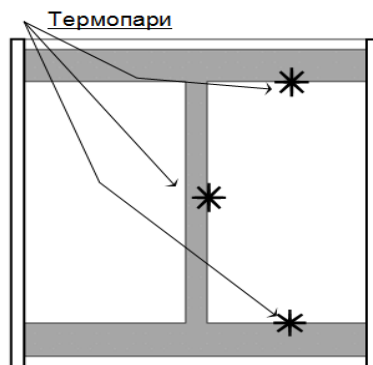


Рисунок 3 – Схема розміщення термопар на зразках сталевій колоні з коробчастим перерізом

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 й фіксації плит між собою та на стиках використано будівельні цвяхи 3 x 75; 5,5 x 150; 6 x 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 через встановлення теплоізоляційного ущільнення виготовленого з мінеральної вати завтовшки 60 мм та густиною 156 кг/м³.

Методика проведення вогневого випробування. Готові до випробування зразки із облаштуванням теплоізоляцією верхньої частини колон встановлено до камери вогневої печі. Закріплення зразків здійснено 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. У перший етап проведено дослідження зразків № 1 (36 мм), № 2 (35 мм), № 3 (75 мм), № 4 (73 мм), у другий етап – № 5 (25 мм), № 6 (24 мм), № 7 (55 мм), № 8 (52 мм), встановлення зразків здійснено за схемою зображеною на рис. 5.

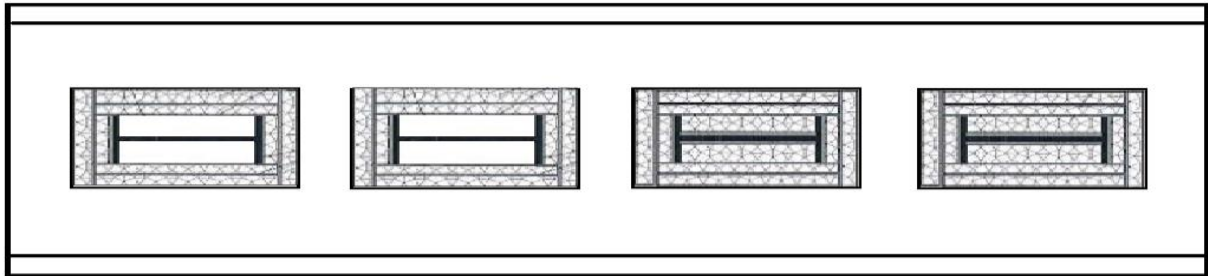


Рисунок 5 – Схема встановлення зразків колон за способом нанесення вогнезахисного облицювання (зразки № 1,2,5,6 – без вставок; зразки № 3,4,7,8 – із вставками)

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°C, 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 наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Показники часу по втраті несучої здатності випробовуваних зразків

І тип зразків		ІІ 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 зеднання плит вогнезахисного облицювання між собою був проведений візуальний огляд поверхні зразків після випробувань. Вигляд зразків по завершення випробування зображено на рис. 6-7.



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

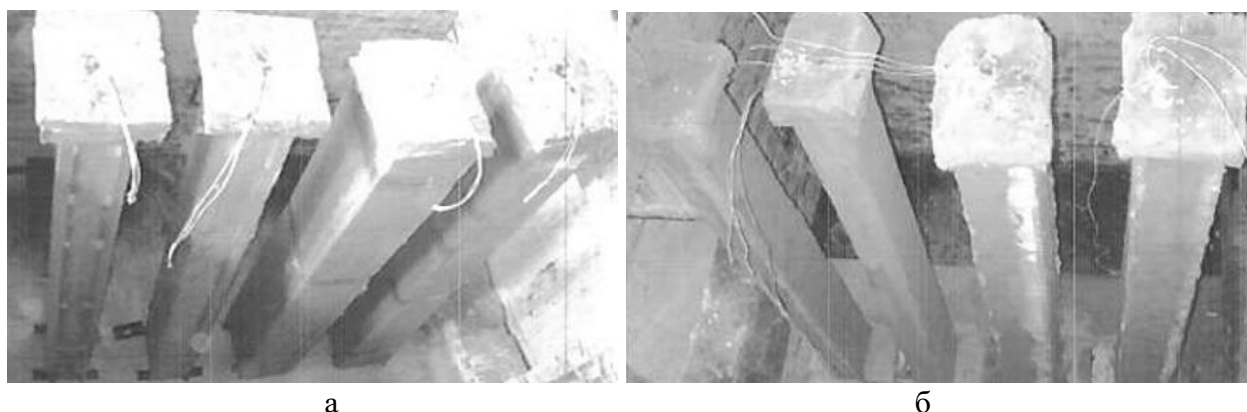


Рисунок 7 – Вигляд зразків № 5 – № 8: а – до початку випробувань; б – після проведення випробувань

Згідно із результати візуального огляду виявлено, що на стиках теплоізоляційних плит, з'єднаних клеєвою сумішшю та цвяхами, у результаті дії високої температури відбулась дегідратація клеєвої суміші та поява тріщин. 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 втрачаючи несучої здатності. Тож контроль ознака зберігання цілісності вогнезахисної системи є важливим для гарантування нормальної роботи вогнезахисної системи при забезпеченні відповідного класу вогнестійкості, на який вона розрахована.

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

Таблиця 3 – Час досягнення критичної температури 500 °С у вогнезахисній 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. наведена побудована крива за даними табл. 3.

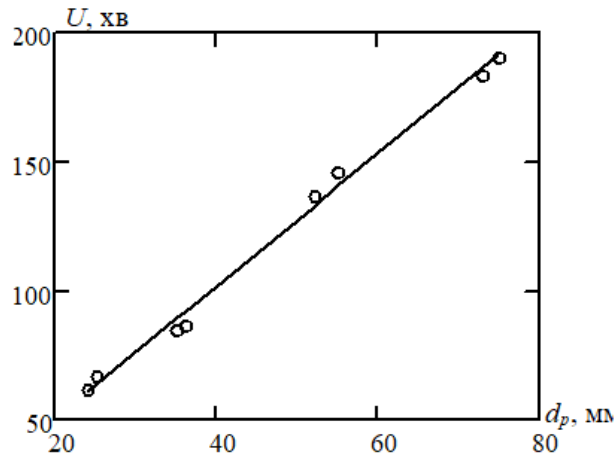


Рисунок 8 – Крива часу досягнення критичної температури 500 °С залежно від товщини вогнезахисного облицювання

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

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

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

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

Коефіцієнти регресійної моделі подані у табл. 4.

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

Модель	a_0 ,	a_1 ,	a_2 ,	a_3 ,
$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_1 x_2$	145.25	67.25	39.75	11.75

З використанням одержаної регресійної залежності часу досягнення критичної температури була побудована відповідна поверхня його залежності від розглянутих найбільш значущих параметрів вогнезахисного елемента сталеві конструкції, що зображена на рис. 9.

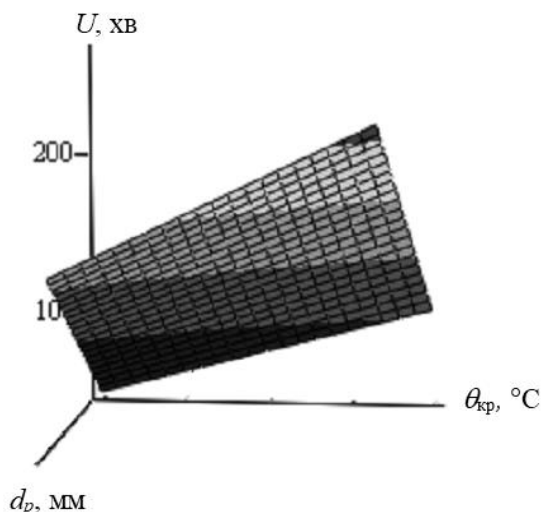


Рисунок 9 – Поверхня залежності часу досягнення критичної температури від обраних параметрів вогнезахисного елемента сталевій конструкції

Для описання залежності часу досягнення критичної температури (U) від розглянутих від зазначених параметрів вогнезахисного елемента сталевій конструкції застосовується вираз:

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

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

Для більшої наочності та можливості застосування отриманих результатів для застосування номографічного методу [7] була побудована номограма, яка наведена на рис. 10.

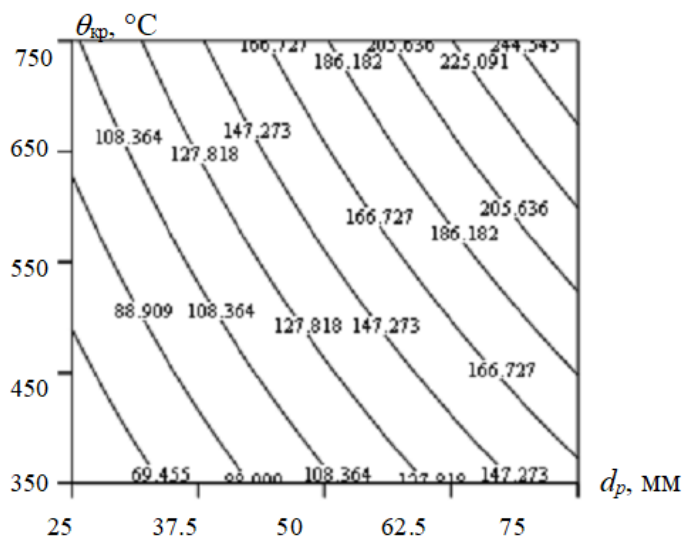


Рисунок 10 – Номограма для визначення межі вогнестійкості, що розрахована за умови досягнення критичної температури із врахуванням товщини вогнезахисного мінераловатного облицювання

На основі створеної математичної моделі були побудовані номограми для оцінки класу вогнестійкості сталевих конструкцій з вогнезахисним мінераловатним облицюванням. Отримані дані дозволяють провести визначення мінімальних розмірів вогнезахисного мінераловатного облицювання сталевих конструкцій для забезпечення необхідної нормованої вогнестійкості.

Висновки. Таким чином за результатами даної роботи було розроблено методика вогневих експериментальних випробувань сталевих колон з вогнезахисним облицюванням з мінераловатним покриттям в умовах впливу дії високих температур, відповідно якої проведено дослідження поведінки зразків сталевих колон із 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 в цілому, 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 °С 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 при відповідній 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, 116, art. no. 02027, DOI:10.1051/mateconf/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, 116, art. no. 02024, DOI: 10.1051/mateconf/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. //Журнал «Вестник Кокшетауского технического института» комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан № 3 (31), 2018 г., Кокшетау. 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 / Хикс Ч. – М.: 2013. – 203 с.

REFERENCES

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). P. 1-5.
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 116, 02024 (2017). - Transbud 2017, 116, P. 2 – 5.
3. Feshchuk Yu. L., Pozdeev S. V., Nizhnik V. V., Novgorodchenko A. Yu. Metod interpolatsii temperaturnykh poley v sechenii fragmentov derevyanykh kolon s ognезashchitnoy oblitsovkoj. / Zhurnal “Vestnik kokshetauskogo tekhnicheskogo institute” komiteta po chrezvychnym situatsiam. MVD Respubliki Kazakhstan. № 3 (31) 2018. Kokshetau. S. 64 -73/
4. DSTU B V.1.1-4-98 Budivelni konstruksii. Metody vyprobuvan na vohnestiikist. Zahalni vymohy. Pozhezhna bezpeka. (ISO 834: 1975) [Chynnyi vid 1998-10-28.] – K.: Ukrarkhbudinform, 2005. – 20 s – (Natsionalnyi standart Ukrainy).
5. DSTU-N B EN 1993-1-2:2012 Proektuvannia stalevykh konstruksii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruksii na vohnestiikist.– K.: Ukrarkhbudinform, 2012. – 77 s.
6. DSTU B V.1.1-17:2007 Vohnезakhysni pokryttia dlia budivelnykh nesuchykh konstruksii. Metod vyznachennia vohnезakhysnoi zdatnosti. (ENV 13381-4:2002). [Chynnyi vid 2007-01-01.] – K.: Ukrarkhbudinform, 2007. – 62 s – (Natsionalnyi standart Ukrainy).
7. EN 13501-1:2002 “Fire classification of construction products and building elements” – Part 1.2. European Committee for Standardization, Brussels, 2002.
8. Hicks Ch. Fundamental Concepts In The Design of Experiments, – M.: 2013. – 203 с.

Про авторів

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

Нуязнін Олександр Михайлович кандидат технічних наук, доцент, начальник відділу організації наукової діяльності Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (ЧИПБ 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 (ЧИПБ НУЦЗ), Черкаси, Україна, sidney-1980@ukr.net.

Новгородченко Аліна Юріївна аспірант Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (ЧИПБ НУЦЗ), Черкаси, Україна, zalev2105@ukr.net.

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

Об авторах

Поздеев Сергей Валерьевич доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины (ЧИПБ НУГЗ), Черкасы, Украина, svp_chipbbk@ukr.net.

Нуязнин Александр Михайлович кандидат технических наук, доцент, начальник отдела организации научной деятельности Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины (ЧИПБ НУГЗ), Черкасы, Украина, nuyanzin@i.ua.

Сидней Станислав Александрович кандидат технических наук, доцент кафедры объектов строительства и охраны труда Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины (ЧИПБ НУГЗ), Черкасы, Украина, sidney-1980@ukr.net.

Новгородченко Алина Юрьевна аспирант Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины (ЧИПБ НУГЗ), Черкасы, Украина, zalev2105@ukr.net.

Борсук Елена Валентиновна старший преподаватель-методист факультета пожарной безопасности Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины (ЧИПБ НУГЗ), Черкасы, Украина, lenaborsuk1@gmail.com.

About the authors

Pozdieiev Serhii Valerievich Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine.

Nuianzin Oleksandr Mikhaylovich PhD in Technical Sciences, Docent, head of the department of organization of scientific activity Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine.

Sidnei Stanislav Alexandrovich PhD in Technical Sciences, Docent in Department of Construction and Occupational Safety Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukrain

Novhorodchenko Alina Yurievna postgraduate, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine.

Borsuk Olena Valentinovna Senior lecturer-methodologist of the Faculty of Fire Safety, Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine.

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. Выявленные 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.

Abstract: in the article the analysis of experimental fire tests for establishment of a limit of fire resistance of steel columns with fire-retardant mineral wool covering is carried out. The scientific novelty of this study is to develop a method of manufacturing and forming samples of steel columns with fire-retardant mineral wool coating, to develop a method of conducting fire tests to establish patterns the dependence of the time of onset of the limit state of loss of bearing capacity of steel columns with fire-retardant cladding. The subject of the study is the influence of design parameters of fire-retardant cladding on the results of the estimated assessment of fire resistance of steel columns under the influence of the standard fire temperature mode. The main task of the research reflected in this article was to identify the peak time of a critical temperature of a fire-retardant steel structure depending on the thickness of the mineral wool coating. The article also reflects the test results of samples of steel columns with different thickness of fire-retardant cladding based on mineral wool coating, which were carried out in accordance with the developed methodology of experimental studies. The regularities of time indicators on the loss of bearing capacity of the tested samples of steel columns with fire-retardant cladding depending on the exposure time of the samples under the influence of the standard temperature of the fire. The obtained research results will allow to create a mathematical model for predicting the dependence of the time of reaching the critical temperature of the steel structure 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 the assessment of fire resistance of steel structures with fire-retardant mineral wool coating. Such engineering and calculation techniques allow to improve the regulatory framework for the design of fire-resistant steel structures.

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